

Разработка национальной системы мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России

Лукина Наталья Васильевна¹,

Барталев С.А., Ершов Д.В., Курбатова Ю.А., Курганова И.Н., Шанин В.Н.,
Козлов Д.Н, Горнов А.В., Данилова М.А., Тебенькова Д.Н.

ОБЩАЯ ЦЕЛЬ:

1. Разработать национальную систему мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации на основе интеграции:

(а) данных наземного мониторинга,

(б) данных дистанционного зондирования различного разрешения,

(в) математического моделирования.

2. Создать систему учета данных по потокам парниковых газов и бюджету углерода в наземных экосистемах.

ПРЕДПОСЫЛКИ И ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ КОНСОРЦИУМА

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ВЫЗОВЫ

- 1** **Недостаток данных наземного мониторинга (исходных данных) пулов углерода и потоков парниковых газов**, позволяющих оценивать роль основных компонентов наземных биомов России.
- 2** **Отсутствие общепризнанных методов интеграции данных** наземных измерений, дистанционного зондирования (ДЗЗ) и математического моделирования, необходимых для оценок бюджета углерода на территории суши России (около 1/9 суши Земли)
- 3** **Неопределенность оценок бюджета углерода** в лесных и других наземных экосистемах России (различия в среднем в лесах достигают 5 раз)
- 4** **Отсутствие единой информационно-аналитической системы (ИАС) учета и прогноза** пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ ПРОЕКТА (2022-2024 гг.)

-  **Проект национальной сети мониторинга бюджета углерода** в наземных экосистемах.
Сеть модельных тестовых полигонов мониторинга для оценки динамики пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах.
-  **Разработанные методы интеграции наземных данных, ДЗЗ и моделирования**
-  **Единая информационно-аналитическая система** бюджета углерода в наземных экосистемах
-  **Оценки и прогнозы динамики пулов углерода и потоков парниковых газов** в наземных экосистемах

МАГИСТРАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

- 1. Создание национальной сети мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах.**
- 2. Разработка методов интеграции данных наземного мониторинга, ДЗЗ и математического моделирования.**
- 3. Создание единой информационно-аналитической системы бюджета углерода.**
- 4. Прогнозы динамики пулов углерода и потоков парниковых газов.**

ИТОГИ 2022 ГОДА

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В 2022

- 1** Дать оценку существующей инфраструктуре пробных площадей/станций мониторинга. **Обосновать подход к созданию инфраструктуры единой сети** тестовых полигонов национальной системы мониторинга
- 2** Разработать программные инструменты для верификации данных дистанционного зондирования. **Провести пилотные оценки бюджета углерода** в лесных экосистемах на основе наземных данных, дистанционного зондирования и математического моделирования
- 3** Разработать прототип единой информационно-аналитической системы (ИАС) пулов углерода и потоков парниковых газов в лесных и других наземных экосистемах
- 4** Дать пилотные прогнозные оценки динамики углерода на ключевых лесных объектах при разных сценариях лесопользования и стационарного климата

 Задача выполнена в полном объеме

 Задача выполнена частично

 Задача не выполнена

ФАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В 2022

Дана оценка существующей инфраструктуры. Обоснован подход к созданию проекта единой сети тестовых полигонов национальной системы мониторинга

Разработаны программные инструменты для верификации данных дистанционного зондирования. Проведены пилотные оценки бюджета углерода в лесных экосистемах на основе наземных данных, ДЗЗ и математического моделирования

Разработан прототип единой информационно-аналитической системы (ИАС) пулов углерода и потоков парниковых газов в лесных и других наземных экосистемах

Даны пилотные прогнозные оценки динамики углерода на ключевых лесных объектах при разных сценариях лесопользования и стационарного климата.

Статус задачи



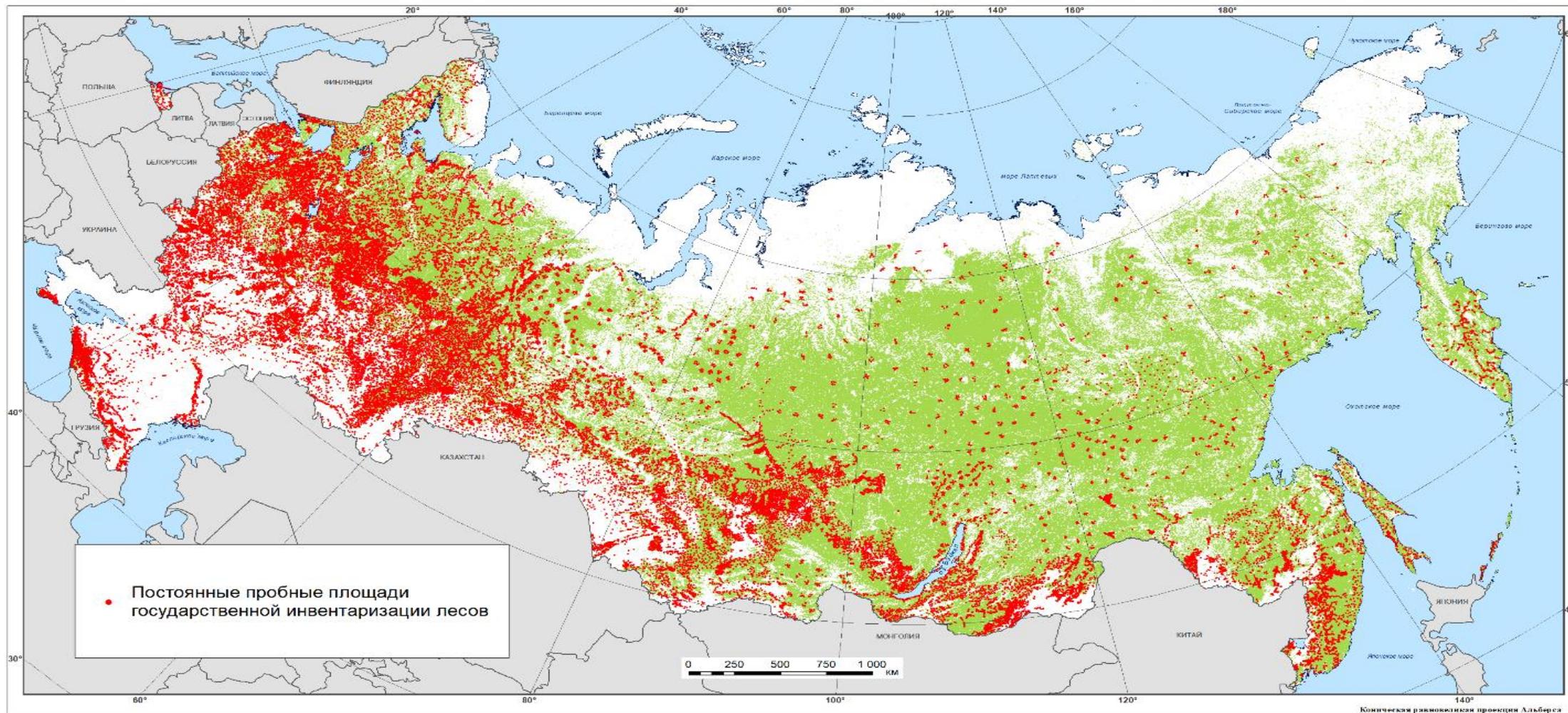
РЕЗУЛЬТАТЫ 2022 ГОДА ПО 4 МАГИСТРАЛЬНЫМ ЗАДАЧАМ (1/4)

1. Создание национальной сети мониторинга бюджета углерода

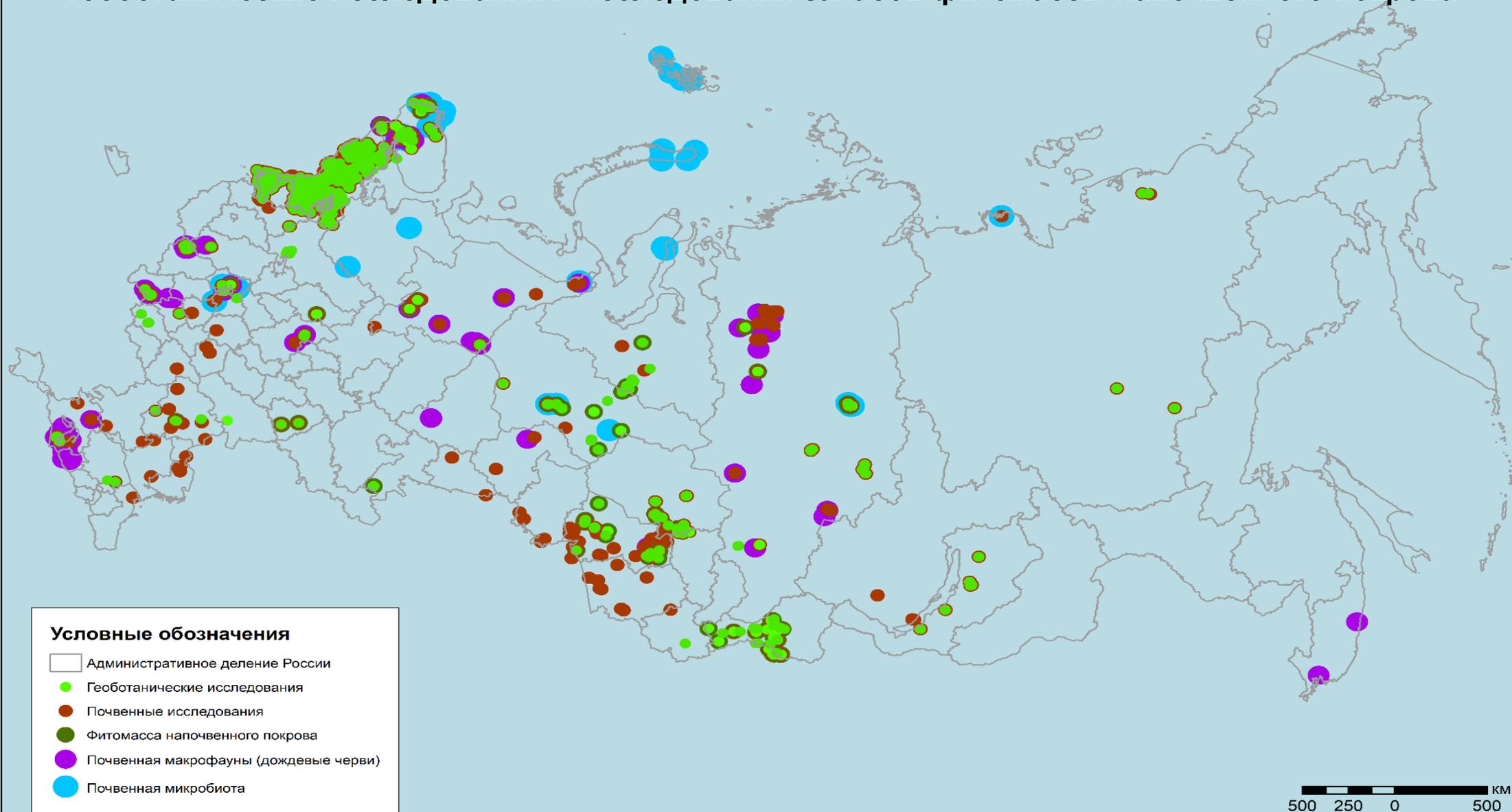
Дан анализ существующей в России инфраструктуры пробных площадей для оценки пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах, включая инвентаризацию имеющегося оборудования, измеряемых параметров, длительности и качества рядов наблюдений, в том числе:

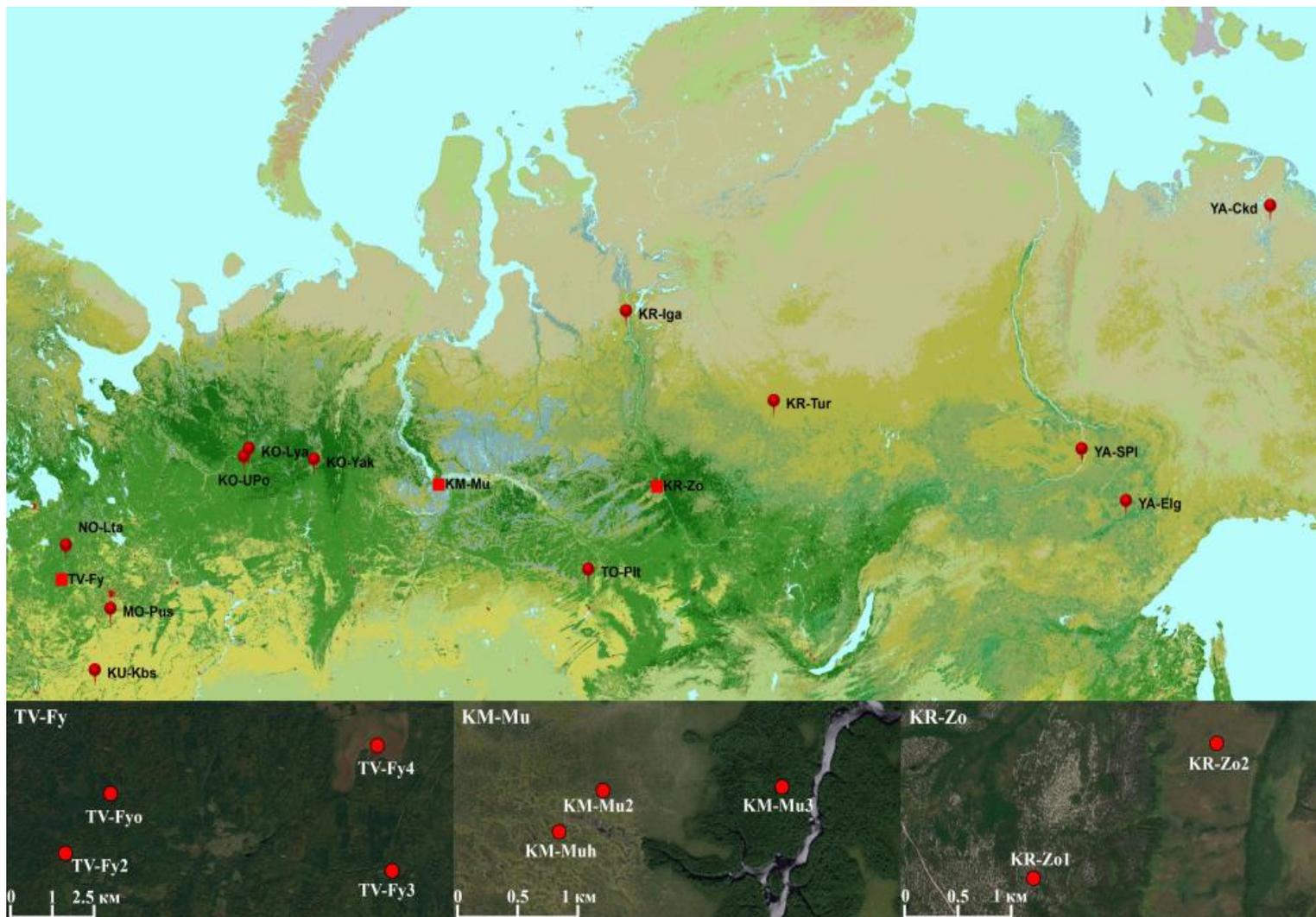
- представлена информация о действующих и планируемых к открытию автоматических станций эколого-климатических наблюдений за экосистемными потоками парниковых газов на основе признанной международной методики турбулентных пульсации. В сеть на территории России включено 16 станций, в 2023 году планируется включить 5 станций;
- представлена информация о действующих площадках наблюдений за эмиссией CO₂ из почв на территории РФ. Общее количество площадок наблюдений за эмиссией CO₂ на территории России к 2022 г. - 76. В 2023 г. планируется организовать еще 40 площадок наблюдений за эмиссией CO₂ из почв;
- представлена информация о действующих пробных площадях для оценки пулов углерода в почвах: в естественных наземных экосистемах существует 1235 пробных площадей; число пробных площадей будет возрастать в 2023 и 2024 годах по мере закладки тестовых полигонов экстенсивного уровня.
- создан проект схемы наблюдательной сети федерального уровня в сельскохозяйственных экосистемах: разнообразие региональных выделов генерализовано до 50, начато формирование федеральной сети тестовых полигонов.

Самая масштабная сеть. По состоянию на 2021 год в рамках первого этапа ГИЛ с использованием унифицированной технологии собраны данные о количественных и качественных характеристиках лесов России для более, чем 70 тысяч пробных площадей



Распределение пробных площадей: почвенные, почвенно-зоологические, микробиологические, геоботанические исследования и исследования запасов фитомассы напочвенного покрова



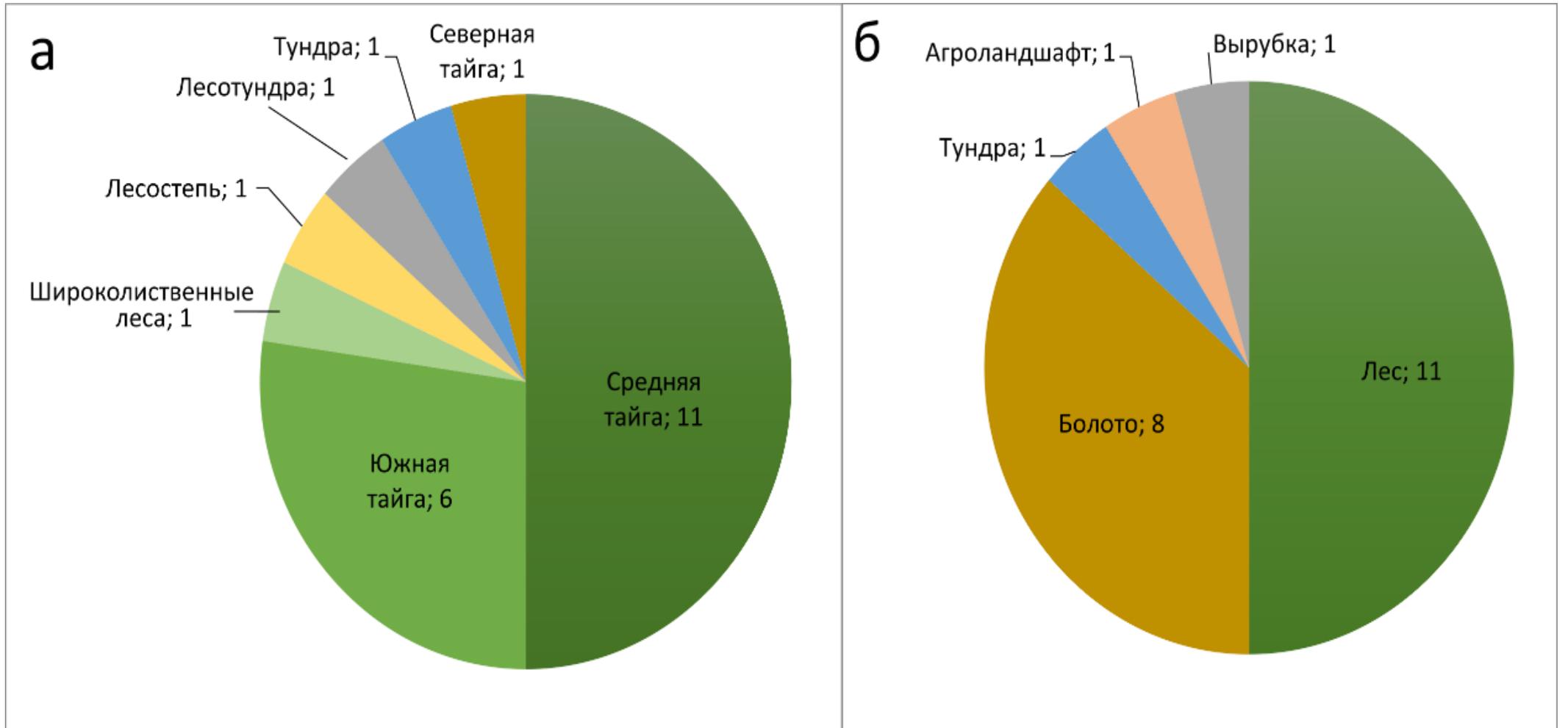


Легенда

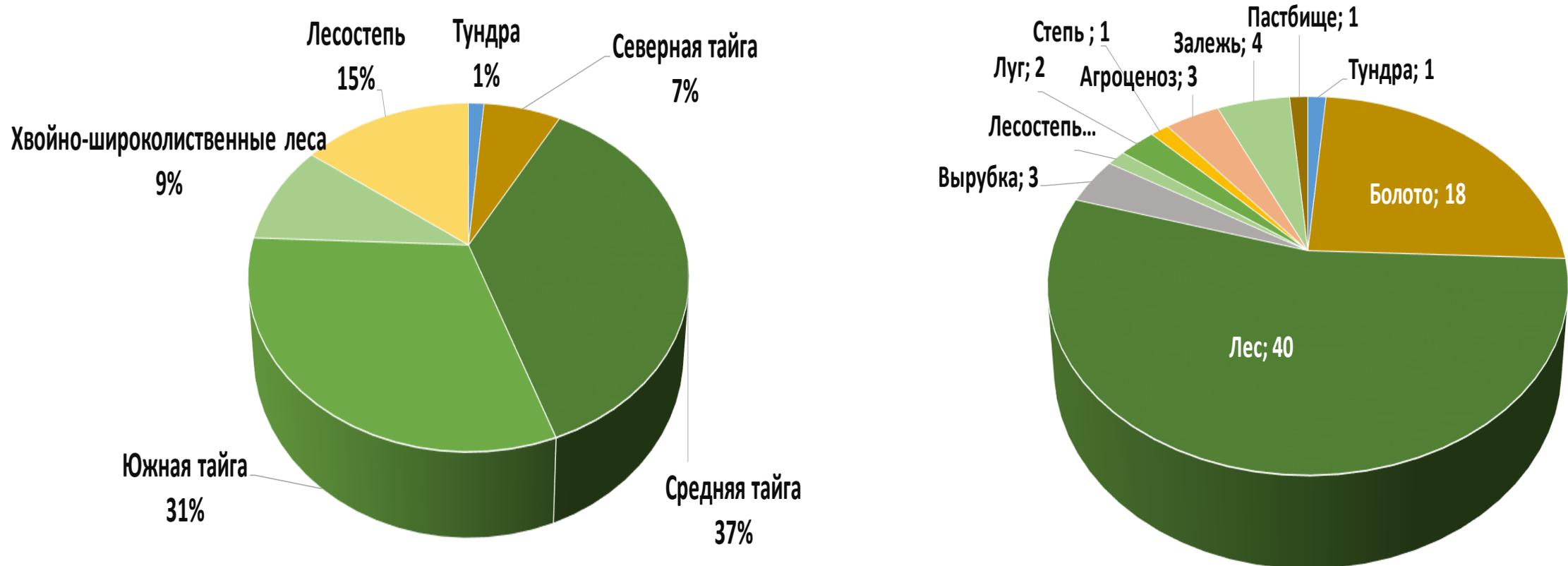
- Вечнозеленые хвойные леса
- Листопадные хвойные леса
- Листопадные лиственные леса
- Смешанные леса
- Сомкнутый кустарниковый покров
- Редкий кустарниковый покров
- Редколесья, сомкнутость 30-60%
- Редколесья, сомкнутость 10-30%
- Травянистые сообщества
- Непересыхающие болота
- Агроэкосистемы
- Антропогенные ландшафты
- Мозайка природных ландшафтов
- Постоянные снега и льды
- Местность, лишённая растительности
- Водные поверхности

Географическое расположение эколого-климатических измерительных комплексов (климатические вышки) на территории России. Типизация растительности построена по данным MODIS (Broxton et al., 2014). Во врезках карты показаны локальные сети измерений: в Тверской области (TV-Fy₀, TV-Fy₂, TV-Fy₃, TV-Fy₄), в Ханты-Мансийском автономном округе (KM-Muh, KM-Mu₂, KM-Mu₃), в Красноярском крае (KR-Zo₁, KR-Zo₂). Основа карты: Imagery ©2022 TerraMetrics, Map Data ©2022 Google.

Распределение станций наблюдений за потоками ПГ: а) по основным биоклиматическим зонам; и б) с учетом разных типов растительности



Распределение площадок наблюдений за эмиссией углекислого газа из почв по основным биоклиматическим зонам (слева) и число площадок наблюдений за эмиссией углекислого газа из почв в разных типах экосистем (справа)

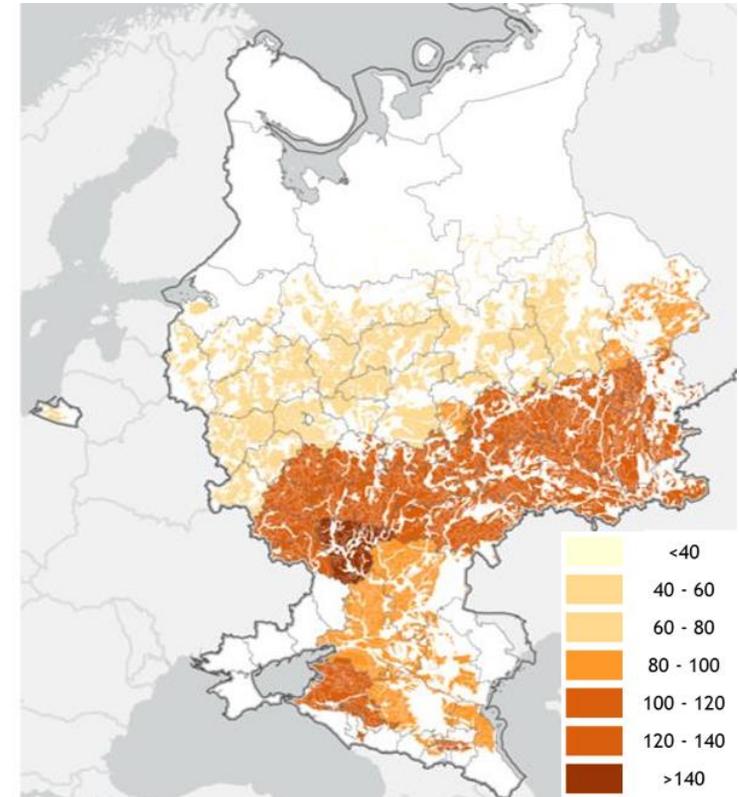
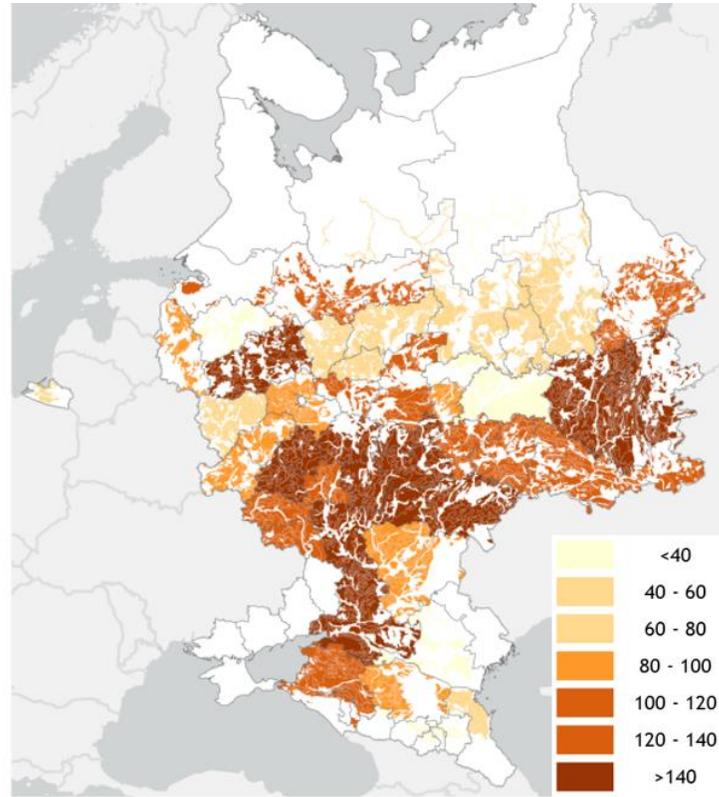
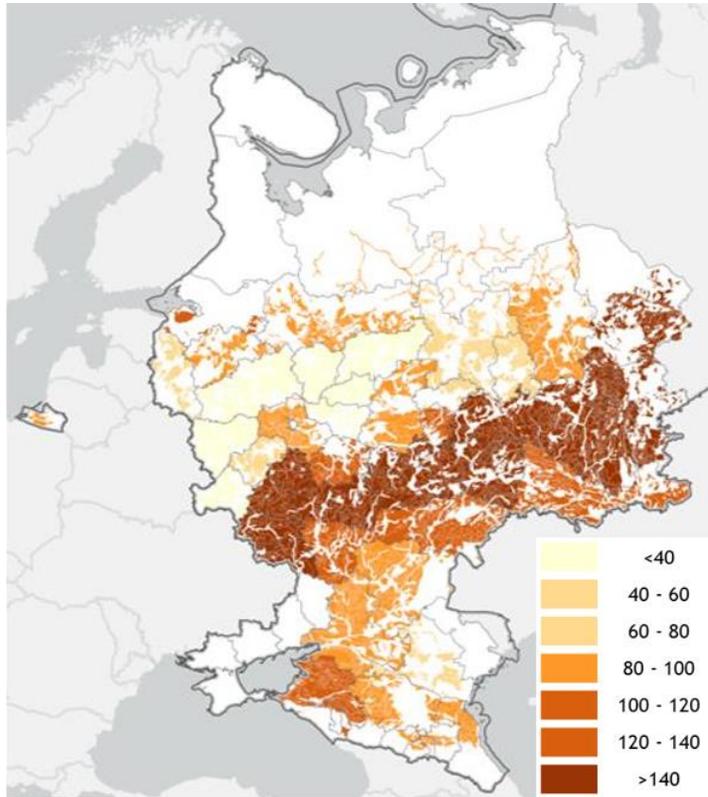


Общее количество площадок наблюдений за эмиссией CO_2 из почв в 2022 г. в настоящее время составляет **76**, из которых более 85-90 % - это действующие площадки, а оставшаяся часть площадок наблюдений относятся к тем, где определение эмиссии CO_2 из почв было прервано по той или иной причине. На всех площадках наблюдений определения проводят с использованием камерного метода, но регулярность проводимых наблюдений очень различалось.

1. Создание национальной сети мониторинга бюджета углерода

- Дана оценка запасов углерода агроэкосистем при разных режимах землепользования в Европейской части Российской Федерации . Сформирована первая версия базы данных средних запасов углерода в слое почв 0-30 см сельскохозяйственных угодий ЕТР для различных почвенно-климатических условий. Полнота и детальность цифровой карты соответствует географическому масштабу 1:300 000 – 1:500 000 с достаточной детальностью для оценок на уровне субъектов РФ
- Получены оценки запасов углерода отдельно для основных групп типов болот России (Рис 5). Общий запас углерода в торфах болот и заболоченных мелкоотторфованных земель страны составил 108,7 миллиардов тонн: 85,7 миллиардов тонн углерода приходится собственно на болота и 23 миллиардов тонн углерода – на заболоченные земли. Основной вклад в запас углерода болот страны вносят верховые болота – 39% всего запаса углерода торфов, 20,5% - переходные болота и 7% - низинные. Более 12% запаса углерода торфа болот содержится в мерзлых болотах. Среди заболоченных земель лидируют заболоченные таежные леса и редколесье (12%), тундра и лесотундра (8,6%) и 0,5% – заболоченные поймы.

Запасы органического углерода (тС/га) в почвах категорий землепользования (пашни - слева), пастбищ - в центре и сенокосов - справа) в Европейской части Российской Федерации

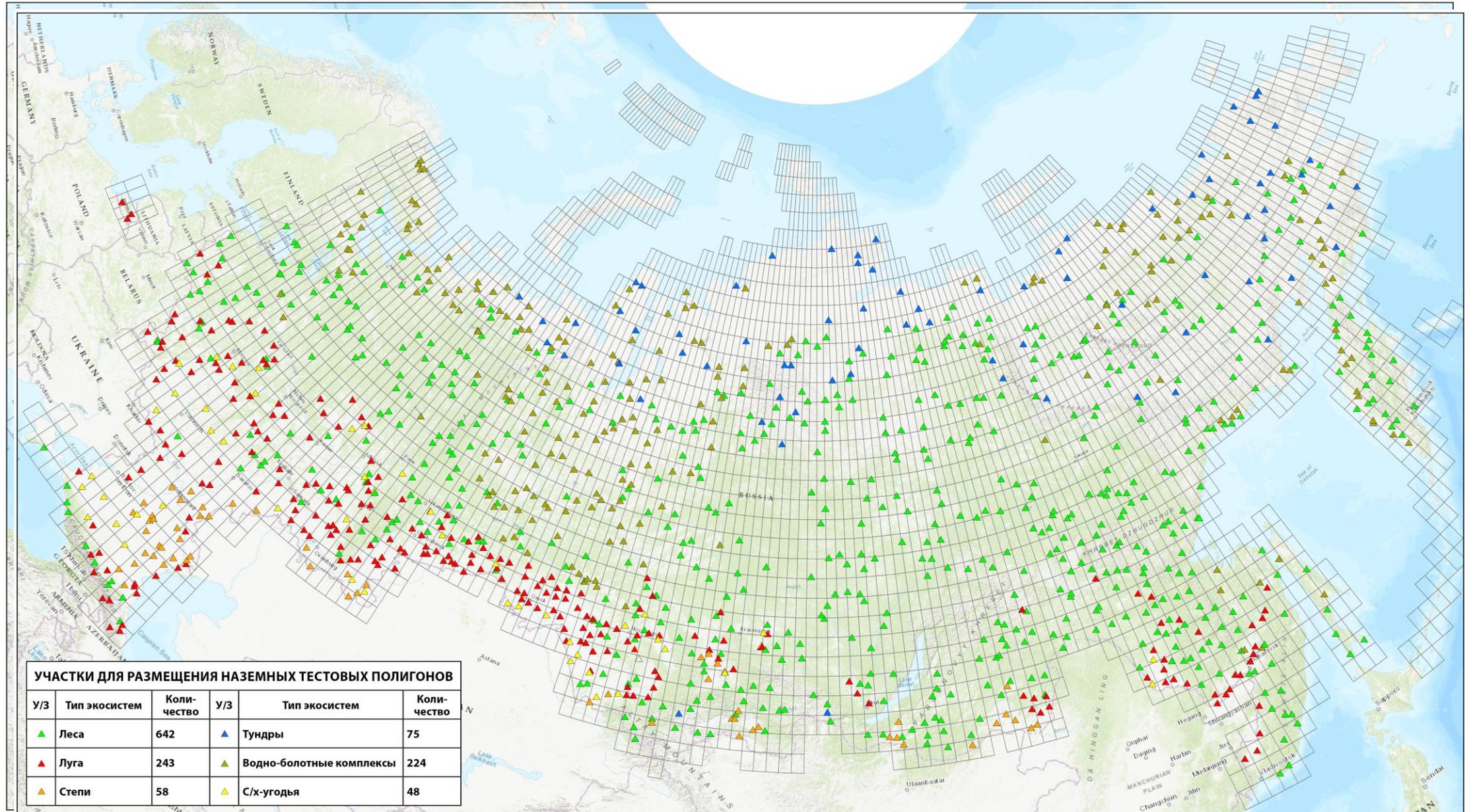


1. Создание национальной сети мониторинга бюджета углерода

Обоснован подход к созданию инфраструктуры единой сети тестовых полигонов национальной системы мониторинга и разработан проект сети тестовых полигонов.

Для национальной системы мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов, основанной на интеграции наземных измерений, данных дистанционного зондирования и математического моделирования, обоснован и разработан проект сети тестовых полигонов наземных экосистем России на основе статистического и пространственного анализа.

Проект сети тестовых полигонов



1. Создание национальной сети мониторинга бюджета углерода

В рамках проекта предусмотрено формирование двухуровневой сети тестовых полигонов:

- сеть полигонов экстенсивного уровня
- сеть полигонов интенсивного уровня

Полигоны экстенсивного уровня призваны обеспечить максимально полный охват разнообразия наземных экосистем на проектируемой сети полигонов. Необходимая для оценки бюджета углерода наземных экосистем информация для данных полигонов формируется на основе комплексирования спутниковых данных ДЗЗ пространственного разрешения 10-30 м, данных пробных площадей ГИЛ, доступных материалов по выдельной таксации, доступных материалов ДЗЗ сверхвысокого разрешения (при наличии). В рамках первого этапа проекта (2023-2024 гг) **планируется закладка не менее 150 тестовых полигонов экстенсивного уровня**. В зависимости от ландшафтного разнообразия размеры полигонов экстенсивного уровня могут варьировать в диапазоне от 2х2 до 5х5 км.

Полигоны интенсивного уровня являются подмножеством полигонов экстенсивного уровня делятся на 2 типа и отличаются более высокой детальностью и полнотой наземных обследований, а также проведением высокоточных измерений, в том числе :

- Тип 1: проведение лидарной и многоспектральной съемки с БПЛА с последующей оценкой характеристик наземных экосистем и закладку сети пробных площадей с проведением лесотаксационных (подеревная оценка), геоботанических и почвенных обследований (10-12);
- Тип 2: проведение наблюдений за потоками парниковых газов (не менее 6 новых , 16 существующих);

1. Создание национальной сети мониторинга бюджета углерода

Назначение полигонов и пробных площадей:

- На полигонах экстенсивного уровня и интенсивного уровня типа I проводятся оценки пулов углерода, баланс углерода оценивается на основе разницы запасов углерода в пулах по годам.
- На полигонах интенсивного уровня типа II проводятся оценки баланса парниковых газов на основе метода турбулентных пульсаций.
- На существующих у участников проекта пробных площадях в разных природно- климатических условиях проводятся измерения различных параметров цикла углерода по единым методикам для обновления конверсионных коэффициентов в существующих «Методических указаниях по оценке поглощения парниковых газов....., 2022»

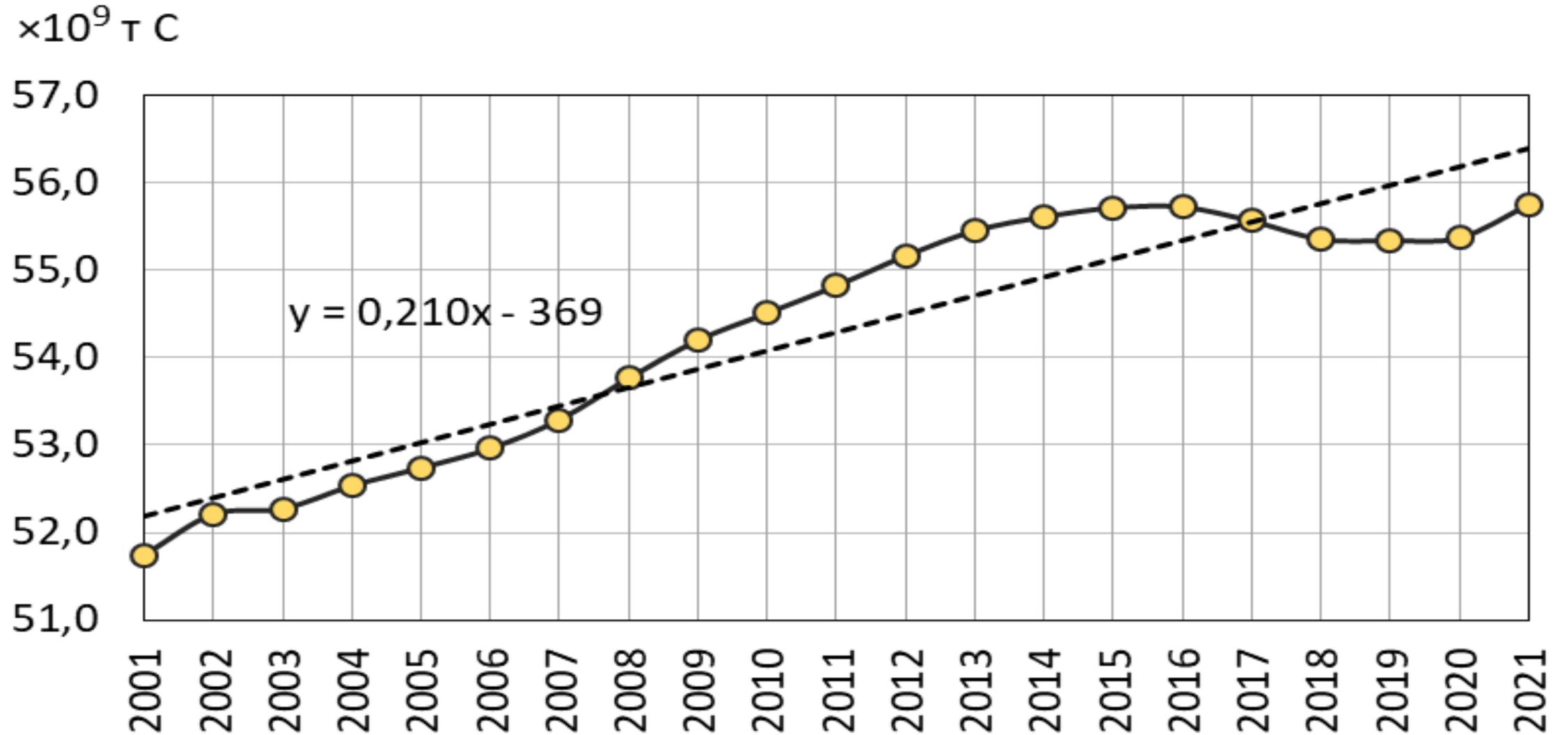
РЕЗУЛЬТАТЫ 2022 ГОДА ПО 4 МАГИСТРАЛЬНЫМ ЗАДАЧАМ (2/4)

2. Разработка методов интеграции наземных данных, ДЗЗ и моделирования

Разработаны программные инструменты для верификации данных дистанционного зондирования на основе наземных данных. Проведены пилотные оценки бюджета углерода в лесных экосистемах России на основе наземных данных, дистанционного зондирования и математического моделирования, в том числе:

- проведена комплексная обработка спутниковых данных дистанционного зондирования пространственного разрешения 230 м совместно с выборочными данными наземного обследования и проведены предварительные расчеты запасов и динамики пулов углерода в лесах страны; **получены предварительные оценки запасов углерода в фитомассе лесов России, составившие в 2021 году $55,8 \times 10^9$ тонн углерода**, что на 10 % превышает полученные ранее наиболее широко известные оценки;
- **получены новые оценки скорости годичного депонирования углерода в растительности всех лесов России: за период 2001-2021 годов: средняя скорость депонирования углерода составляет около 210×10^6 тС/год; даны оценки потенциала лесов России по депонированию углерода; оценки депонирования углерода в лесах на заброшенных сельскохозяйственных землях;**
- **разработаны методические подходы к формированию и подготовке данных для регионального и локального картографирования преобладающих древесных пород и запасов стволовой древесины на основе комбинации наземных данных о лесах, спутниковых мультиспектральных изображений высокого (10-30 м) и детального (до 3,5 м) пространственного разрешения, а также материалов аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для развития сети тестовых полигонов наземного мониторинга пулов и потоков углерода и верификации тематических продуктов среднего (250 м) пространственного разрешения;**
- **разработаны облачные технологии построения разносезонных мультиспектральных безоблачных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения для картографирования на региональном и локальном уровнях.**

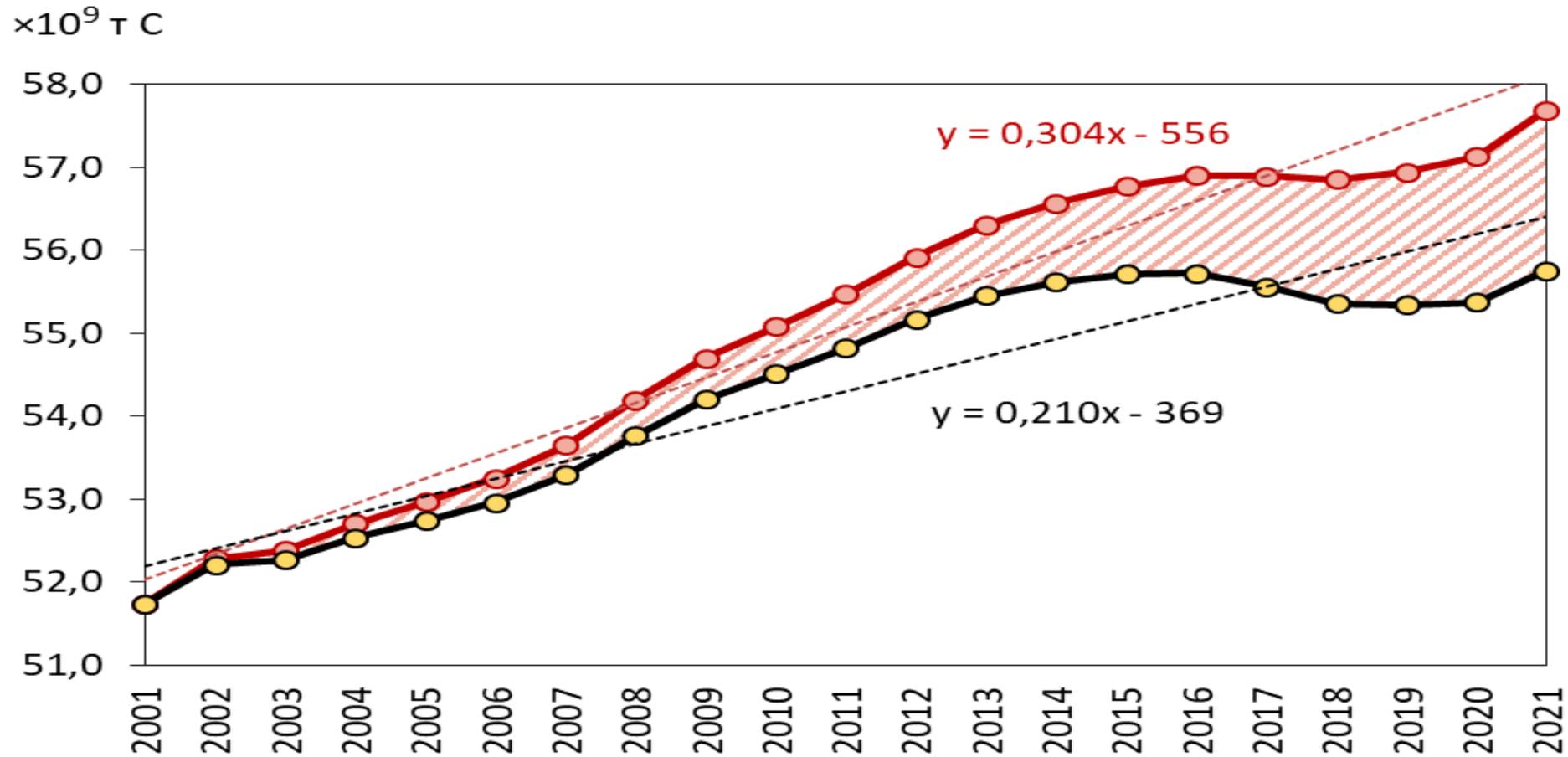
Получены новые оценки скорости годичного депонирования углерода в растительности всех лесов России: за период 2001-2021 годов средняя скорость депонирования углерода составляет около 210×10^6 тС/год



Пространственное среднегодовое изменение запасов углерода в растительности лесов (период 2001-2021, варьирование 51.7-55.8 гигатонн)

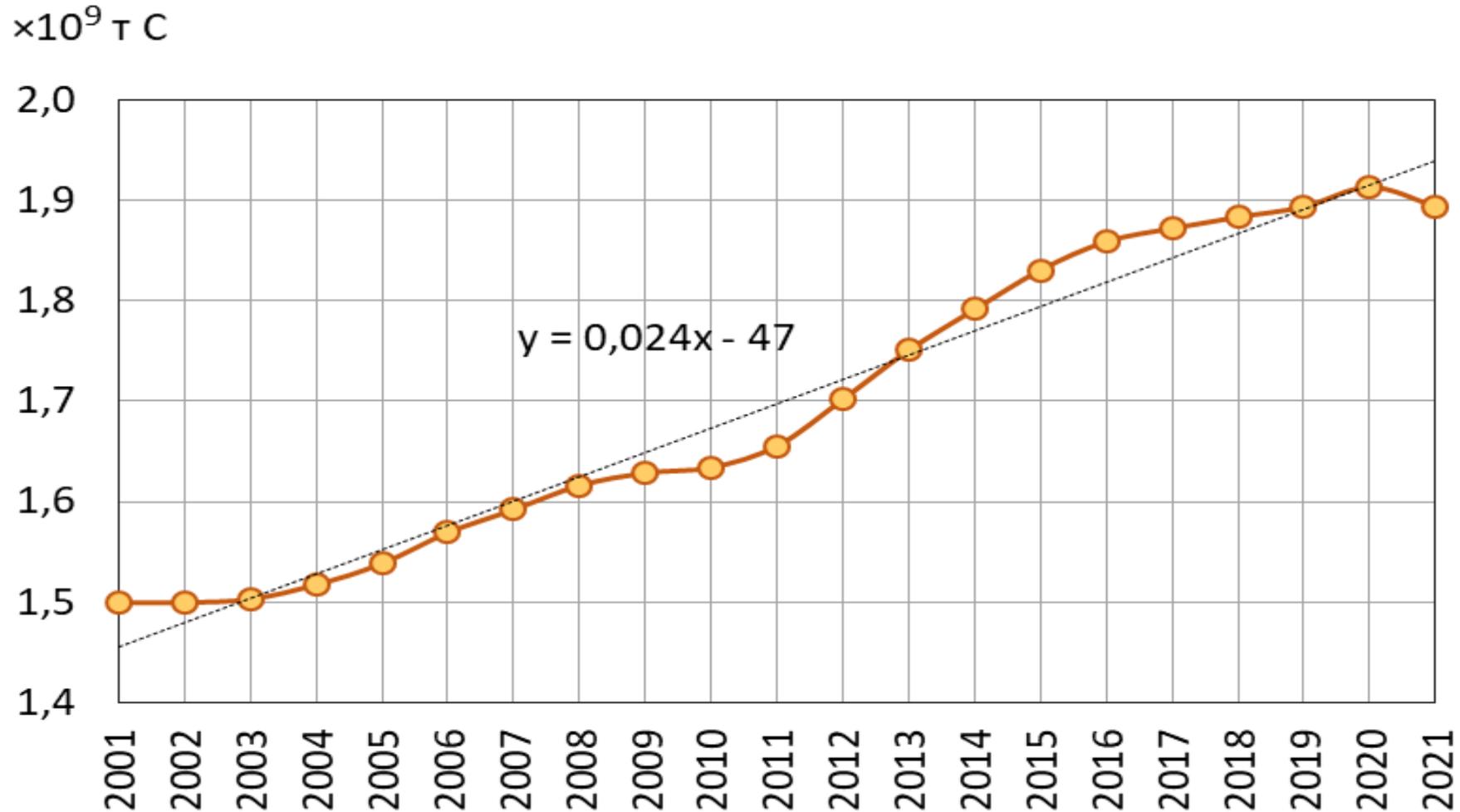


Даны оценки потенциала лесов России по депонированию углерода, показавшие, что скорость прироста удельного запаса углерода лесов, не подвергавшихся воздействию деструктивных нарушений, в 1,7 раза выше по сравнению с лесами страны в целом. В сравнении с фактическим уровнем, при такой скорости прироста леса в среднем аккумулировали бы в растительности ежегодно дополнительно 94 миллиона тонн углерода



- Разница между потенциальным и фактическим запасом углерода
- потенциальный запас углерода
- фактический запас углерода

Динамика накопления углерода древесной растительностью на заброшенных сельскохозяйственных землях на площади 30 млн га в период 2001-2021 годов на уровне около 24 миллионов тонн С в год, оценка удельной скорости накопления углерода древесной растительностью таких лесов ($391 \text{ кг С год}^{-1}$) практически в два раза превышает величину этого показателя для всех лесов страны в целом. Требуется оценка поглощения почвой. При лесоразведении на 40 млн га залежей объем поглощения мог бы составить как минимум в два раза больше.



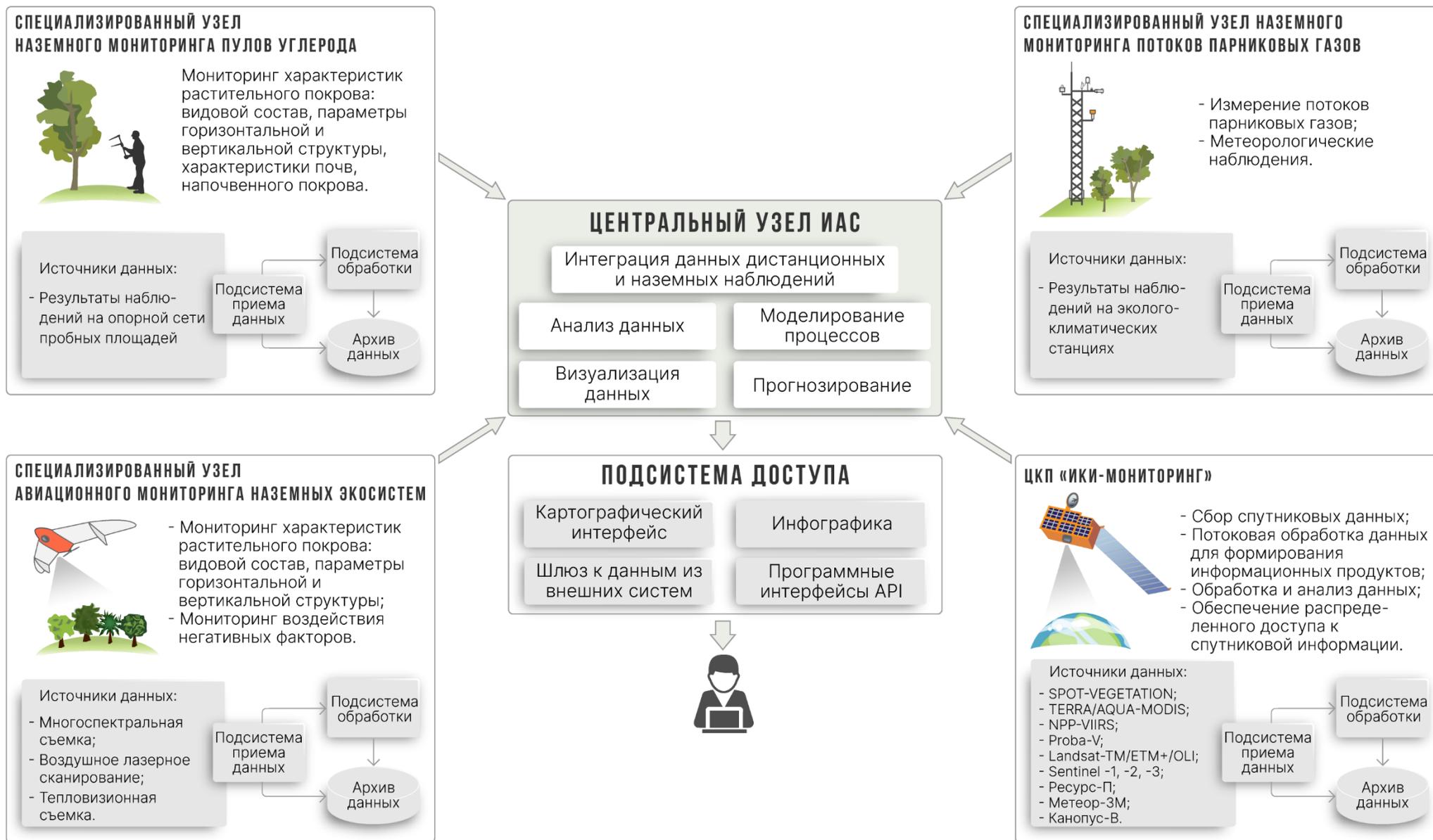
РЕЗУЛЬТАТЫ 2022 ГОДА ПО 4 МАГИСТРАЛЬНЫМ ЗАДАЧАМ (3/4)

3. Создание единой информационно-аналитической системы бюджета углерода

Разработан прототип единой информационно-аналитической системы (ИАС) пулов углерода и потоков парниковых газов в лесных и других наземных экосистемах, в том числе:

- сформирована структура информационно-аналитической системы (ИАС), сформированы базы имеющихся у участников проекта данных по пулам углерода и потокам парниковых газов, разработаны предложения по архитектуре и составу «ИАС-Углерод Экосистем» ;
- проведен анализ состава данных (количество таблиц, полей и записей) реляционных баз данных почвенных, геоботанических и лесотаксационных наземных обследований на существующей сети пробных площадей участников проекта в лесах. Определены требования к системе управления базами данных мониторинга углерода на региональном и локальном уровнях (типы и объемы данных, периодичность поступления, количество и частота обращений пользователей системы для чтения и записи информации). На основе предварительно сформированных требований предложена схема масштабирования данных на локальном (тестовый полигон) и региональном уровнях (субъект / экосистема);
- Разработана структурная организация базы данных тестовых полигонов, состоящей из реляционных таблиц с описанием ДЗЗ (разносезонные мультиспектральные спутниковые изображения высокого и детального пространственного разрешения, данные с беспилотных летательных аппаратов) и ключевых полей для связи с базами данных почвенных, геоботанических и лесотаксационных измерений на пробных площадях специализированного узла наземного мониторинга пулов углерода в лесах;

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УГЛЕРОДА В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ



РЕЗУЛЬТАТЫ 2022 ГОДА ПО 4 МАГИСТРАЛЬНЫМ ЗАДАЧАМ (4/4)

4. Прогнозы динамики пулов углерода и потоков парниковых газов

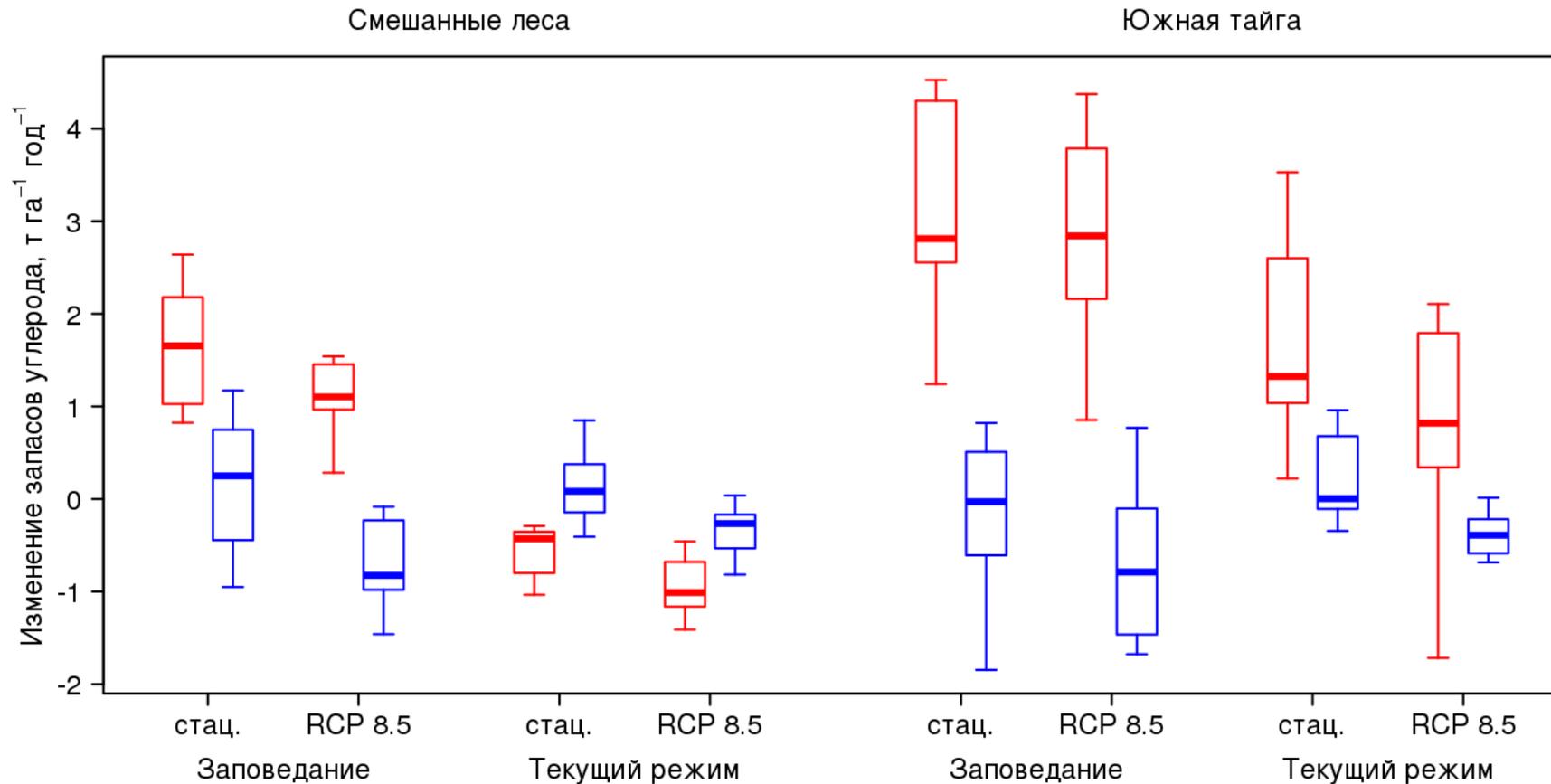
Проведены пилотные прогнозные оценки динамики углерода на ключевых объектах при разных сценариях землепользования и стационарного климата, в том числе:

- даны сравнительные прогнозные оценки динамики пулов углерода в хвойно-широколиственных и таежных лесах;
- усовершенствованы регрессионные модели для оценки запасов углерода в фитомассе древостоев и оценки эмиссии углекислого газа из почв для лесных экосистем;
- проведена параметризация комплекса имитационных моделей (DNDC, RothC) для пространственно-временного прогноза основных показателей баланса углерода для агроэкосистем лесостепной зоны;
- проведена верификации комплекса моделей углерода почв агроэкосистем: NAMSOM, DayCent, RothC, проведен анализ границ применимости и валидация данных моделей;
- разработана динамическая масс-балансовая модель биотического круговорота в тундровых и лесотундровых экосистемах.

Комплекс прогнозных моделей

- **Лесные экосистемы:** динамическая модель древостоя (*ЦЭПЛ РАН*), модель динамики органического вещества почвы (*ФИЦ ПНЦБИ РАН*), регрессионные модели оценки фитомассы древостоя и дыхания почвы (*ИЛ СО РАН*)
- **Агроэкосистемы:** модели круговорота углерода в агроландшафтах, углеродные калькуляторы (*факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова; ИГ РАН*)
- **Тундровые и лесотундровые экосистемы:** нелинейная динамическая модель углеродного цикла (*ИФА РАН*)
- **Болотные экосистемы:** численная модель тепло- и влагопереноса и эмпирическая модель для расчёта потоков парниковых газов (*ИМКЭС СО РАН*)

Пилотный прогноз: лесные экосистемы



Прогнозируемые с помощью системы моделей FORRUS-S – ROMUL изменения запасов углерода лесных экосистем (суммарно по всем пулам) для периода 2001–2050 гг. (красным) и 2051–2100 гг. (голубым) в зависимости от климатического сценария и режима лесопользования

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ВИП ГЗ:

1. Возможности использования получаемых Консорциумом результатов функциональным заказчиком

1.1 Использование разрабатываемой системы учета углерода:

- в управляемых лесах;
- в сельскохозяйственных экосистемах;
- в неуправляемых природных экосистемах.

1.2 Использование новых конверсионных коэффициентов для национального кадастра.

2. Возможности использования получаемых Консорциумом результатов другими Консорциумами ВИП ГЗ

2.1 Консорциумом 6 проекта могут быть использованы для модернизации национального кадастра парниковых газов следующие данные, получаемые на основе методов дистанционного зондирования:

- карты земного покрова России (ежегодно)
- данные о площади пожаров и гибели лесов (ежегодно)
- данные о запасах углерода в лесах России и его ежегодной динамике (ежегодно)
- данные и инструменты информационно-аналитической системы национального мониторинга углерода наземных экосистем России (непрерывно в режиме он-лайн)
- Обновленные конверсионные коэффициенты.

2.2 Консорциумом проекта 1 для региональной параметризации и верификации глобальной модели Земной системы на территории России могут использоваться данные, полученные на сети, карты земного покрова и параметров бюджета углерода в лесах.

2.3 Консорциумом 5 – Оценка экономического эффекта поглощения парниковых газов наземными экосистемами

ВКЛАД ИСПОЛНИТЕЛЕЙ В РЕЗУЛЬТАТ КОНСОРЦИУМА – 2022

ЗАДАЧА	ИСПОЛНИТЕЛЬ	РЕЗУЛЬТАТ ИСПОЛНИТЕЛЯ
	<p><i>ЦЭПЛ РАН ИКИ РАН ИПЭЭ РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Дан анализ существующей в России инфраструктуры пробных площадей для оценки пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах, включая инвентаризацию имеющегося оборудования, измеряемых параметров, длительности и качества рядов наблюдений. • Собрана детальная информация о действующих в настоящее время и планируемых к открытию в 2023 г. автоматических станций эколого-климатических наблюдений за экосистемными потоками парниковых газов на основе методики турбулентных пульсаций (в англоязычной терминологии eddy covariance). • Собрана детальная информация о действующих площадках наблюдений за эмиссией CO₂ из почв на территории РФ, включающая географические координаты, климатические характеристики, сведения о биоклиматической зоне, типе биогеоценоза и типе почвы, методах и периоде измерения эмиссии CO₂, имеющейся приборной базе и т.д. • Обоснована репрезентативность единой сети тестовых полигонов национальной системы мониторинга бюджета углерода в наземных экосистемах.
<p>Задача 1. Создание национальной сети мониторинга бюджета углерода</p>	<p><i>ИГ РАН, ИЛАН РАН, ИФА РАН; ИЛ СО РАН, ИМКЭС СО РАН, ФИЦ КНЦ РАН, ИБ ФИЦ Коми НЦ РАН, ИППЭС КНЦ РАН, ТувиКОПР СО РАН, ИОА СО РАН, ИПА СО РАН, ИБПК СО РАН, ЮГУ, СПбГЛТУ, Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, ФНЦ Агроэкологии РАН</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Обобщена существующая информация по пулам углерода и потокам парниковых газов в наземных экосистемах в различных природно-климатических условиях/регионах России. • Получены оценки пулов углерода и потоков парниковых газов на пробных площадях и эколого-климатических станциях в различных регионах. • Проведен первый этап модернизации оборудования для мониторинга

ВКЛАД ИСПОЛНИТЕЛЕЙ В РЕЗУЛЬТАТ КОНСОРЦИУМА – 2022

ЗАДАЧА

ИСПОЛНИТЕЛЬ

РЕЗУЛЬТАТ ИСПОЛНИТЕЛЯ

Задача 2. Разработка методов интеграции наземных данных, ДЗЗ и моделирования

*ИКИ РАН
ЦЭПЛ РАН
ФИЦ
Почвенный
институт им.
В.В. Докучаева,
ФИЦ ПНЦБИ*

Разработка концепции и структуры комплекса технологий автоматизированной обработки данных ДЗЗ в сочетании с выборочными наземными измерениями и моделированием для обеспечения непрерывного национального спутникового мониторинга углерода лесов России. Проведена комплексная обработка спутниковых данных дистанционного зондирования пространственного разрешения 230 м совместно с выборочными данными наземного обследования и получены предварительные версии тематических информационных продуктов (цифровых карт), отражающих запасы стволовой древесины и их динамику, преобладающие древесные породы, относительную полноту, класс бонитета (продуктивность) и возраст лесов. На основе полученных версий тематических информационных продуктов проведены предварительные расчеты запасов и динамики различных пулов углерода в лесах страны.

Разработка методических подходов к формированию и подготовке данных для регионального и локального картографирования преобладающих древесных пород и запасов стволовой древесины в лесах на основе комбинации наземных данных о лесах, спутниковых мультиспектральных изображений высокого (10-30 м) и детального (до 3,5 м) пространственного разрешения, а также материалов аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для обеспечения оценок на сети тестовых полигонов наземного мониторинга пулов и потоков углерода в лесах и верификации тематических продуктов среднего (230 м) пространственного разрешения.

Разработка облачных технологий построения разносезонных безоблачных мультиспектральных спутниковых изображений высокого (10-30 м) пространственного разрешения для регионального картографирования лесов. Построение пятилетних безоблачных мультиспектральных изображений по нескольким сезонам года, необходимых для распознавания различных видов растительности лесных и других наземных экосистем, выполняется с помощью облачной технологии предварительной обработки серии одиночных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения (10-30 м).

ВКЛАД ИСПОЛНИТЕЛЕЙ В РЕЗУЛЬТАТ КОНСОРЦИУМА – 2022

ЗАДАЧА	ИСПОЛНИТЕЛЬ	РЕЗУЛЬТАТ ИСПОЛНИТЕЛЯ
Задача 3. Создание единой информационно-аналитической системы бюджета углерода	<p><i>ИКИ РАН ЦЭПЛ РАН</i></p>	<p>Сформирована структура информационно-аналитической системы (ИАС), Предложено реализовать архитектуру системы на основе модульного принципа в составе следующих основных специальных информационных узлов, ориентированных на решение задач: 1) мониторинга пулов углерода; 2) мониторинга потоков углерода; 3) организации работы с данными наблюдений БПЛА в районах расположения тестовых полигонов; 4) организации работы со спутниковыми данными и результатами их обработки (создается на основе ЦКП «ИКИ-Мониторинг»); 5) центральный информационный узел «ИАС-Углерод Экосистем».</p> <p>Разрабатывается архитектура системы управления базами данных. Проведен анализ состава данных реляционных баз данных почвенных, геоботанических и лесотаксационных наземных обследований на существующей сети пробных площадях участников проекта. Определены требования к системе управления базами данных предложена схема масштабирования данных на локальном (тестовый полигон) и региональном уровнях (субъект / экосистема).</p> <p>Разработана структурная организация базы данных тестовых полигонов, состоящей из реляционных таблиц с описанием ДЗЗ и ключевых полей для связи с базами данных наземных измерений специализированного узла наземного мониторинга. Организована работа по детализации состава полей таблиц всех баз данных, включая справочную информацию, оценку объемов и периодичности поступления информации в специализированные узлы и передачи в центральный узел ИАС производных тематических продуктов.</p>
	<p><i>ИПЭЭ РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН; ИГ РАН, ИЛАН РАН, ИФА РАН; ИЛ СО РАН, ИМКЭС СО РАН, ФИЦ КНЦ РАН, ИБ ФИЦ Коми НЦ РАН, ИППЭС КНЦ РАН, ТувиКОПР СО РАН, ИОА СО РАН, ИПА СО РАН, ИБПК СО РАН, ЮГУ, СПбГЛТУ, Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, ФНЦ Агроэкологии РАН</i></p>	<p>Сформированы базы имеющихся у участников проекта данных по пулам углерода и потокам парниковых газов в наземных экосистемах разных типов в разных природно-климатических условиях/регионах.</p>

ВКЛАД ИСПОЛНИТЕЛЕЙ В РЕЗУЛЬТАТ КОНСОРЦИУМА – 2022

ЗАДАЧА	ИСПОЛНИТЕЛЬ	РЕЗУЛЬТАТ ИСПОЛНИТЕЛЯ
<p>Задача 4. Прогнозы динамики пулов углерода и потоков парниковых газов</p>	<p><i>ФИЦ ПНЦБИ РАН, ЦЭПЛ РАН, ИФА РАН факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, ИГ РАН</i></p>	<p>Развитие комплекса моделей, включающих в себя динамическую модель древостоя FORRUS-S, модель динамики органического вещества почвы Romul_Hum и модель гидротермических условий почвы SCLISS, позволяющих получать прогнозные оценки изменений в основных пулах углерода лесных экосистем и эмиссии углекислого газа при разных сценариях хозяйственной деятельности и климатических сценариях.</p> <p>Регрессионные модели для оценки запасов углерода в фитомассе древостоев и оценки эмиссии углекислого газа из почв для лесных экосистем.</p> <p>Параметризация комплекса имитационных моделей (DNDC, RothC) для пространственно-временного прогноза основных показателей баланса углерода для агроэкосистем лесостепной зоны.</p> <p>Развитие комплекса моделей углерода почвы агроэкосистем: NAMSOM, DayCent, RothC.</p> <p>Разработана динамическая масс-балансовая модель биотического круговорота в тундровых и лесотундровых экосистемах.</p>

A photograph of a forest floor. On the right side, there is a large, textured tree trunk. The foreground is filled with various green plants, including a prominent, thin, upright stem with small leaves and several larger, lobed leaves. The background shows more trees and dense foliage. The text "Благодарю за внимание" is overlaid in yellow in the lower-middle part of the image.

Благодарю за внимание