Торжественное открытие центра компетенций Национальной технологической инициативы «Геоданные ми геоинформационные технологии», МИИГАиК, г. Москва, 16 мая 2023 года

Важнейший инновационный проект государственного значения «Разработка национальной системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации»: состояние и перспективы

Консорциум «Углерод в экосистемах: мониторинг»

Сайт проекта: https://ritm-c.ru/

Ершов Дмитрий Владимирович
Лаборатория мониторинга лесных экосистем
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов
Российской академии наук

ЦЭПЛ РАН | ИКИ РАН | ИПЭЭ РАН | ПНЦБИ РАН | ФИЦ ПИ им. В.В. Докучаева | ИГ РАН | ИППЭС КНЦ РАН | ТувИКОПР СО РАН | ИОА СО РАН | ИПА СО РАН | ИБПК СО РАН | ЮГУ

ИЛАН РАН | ИФА РАН | ИЛ СО РАН | ИМКЭС СО РАН | ФИЦ КарНЦ РАН | ИБ ФИЦ Коми НЦ РАН | СПбГЛТУ | Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова | ФНЦ Агроэкологии РАН | РОС ЛЕС ИНФ ОРГ

Указ Правительства Российской Федерации от 2 сентября 2022 г. № 2515-р

2 сентября 2022 г. Председателем Правительства Российской Федерации, **М. В. Мишустиным,** подписано **распоряжение № 2515-р** о выделении Минобрнауки России, Росгидромету, ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова” субсидий на выполнение научно-исследовательских работ в рамках реализации **важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ)**, направленного на создание единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2022 г. № 3240-р

29 октября 2022 г. Председателем Правительства Российской Федерации, **М. В. Мишустиным,** подписано **распоряжение № 3240-р** об утверждении **важнейшего инновационного проекта государственного значения “Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ”**, а также плана мероприятий (“дорожной карты”) по реализации первого этапа Проекта на 2022 – 2024 годы

http://static.government.ru/media/files/1mzFsrTbEhiIX7QJkLOED80wn1rEDAMp.pdf

ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ:

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

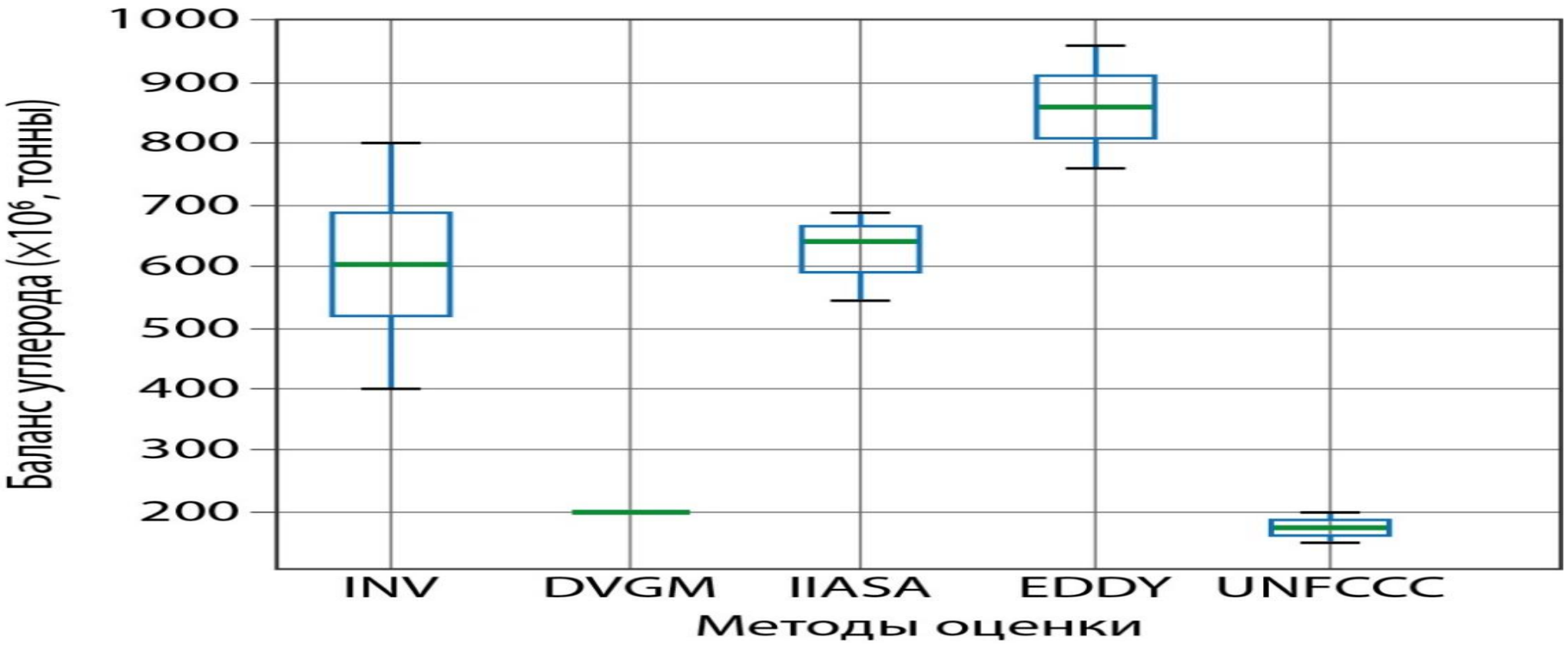
(а) данных наземного мониторинга,

(б) данных дистанционного зондирования различного разрешения,

(в) математического моделирования.

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

Различия международных оценок пулов углерода в лесных и других наземных экосистемах



INV – Оценки на основе ГИЛ (Filipchuk et al. 2017);
DVGM – Динамические модели растительности(Cramer et all. 1999; Dolman et al. 2012; Sitch et al. 2015)
IIASA – Оценки Международного Института прикладного системного анализа (Shvidenko, Schepaschenko 2014; Shvidenko et al. 2019)
EDDY – Оценки на основе сочетания данных ГИЛ, измерений на климатических вышках и инверсионных моделей (Dolman et al. 2012)
UNFCCC – Согласно отчетам Рамочной конвенции ООН по изменениям климата

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

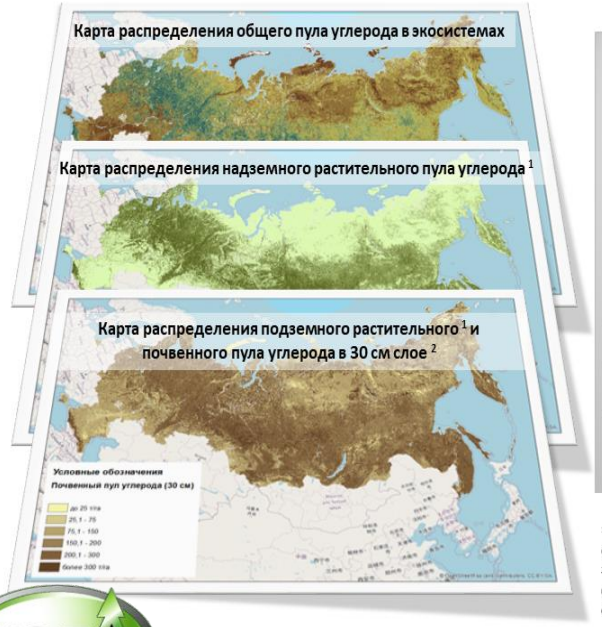
1. СОЗДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СЕТИ МОНИТОРИНГА БЮДЖЕТА УГЛЕРОДА В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

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

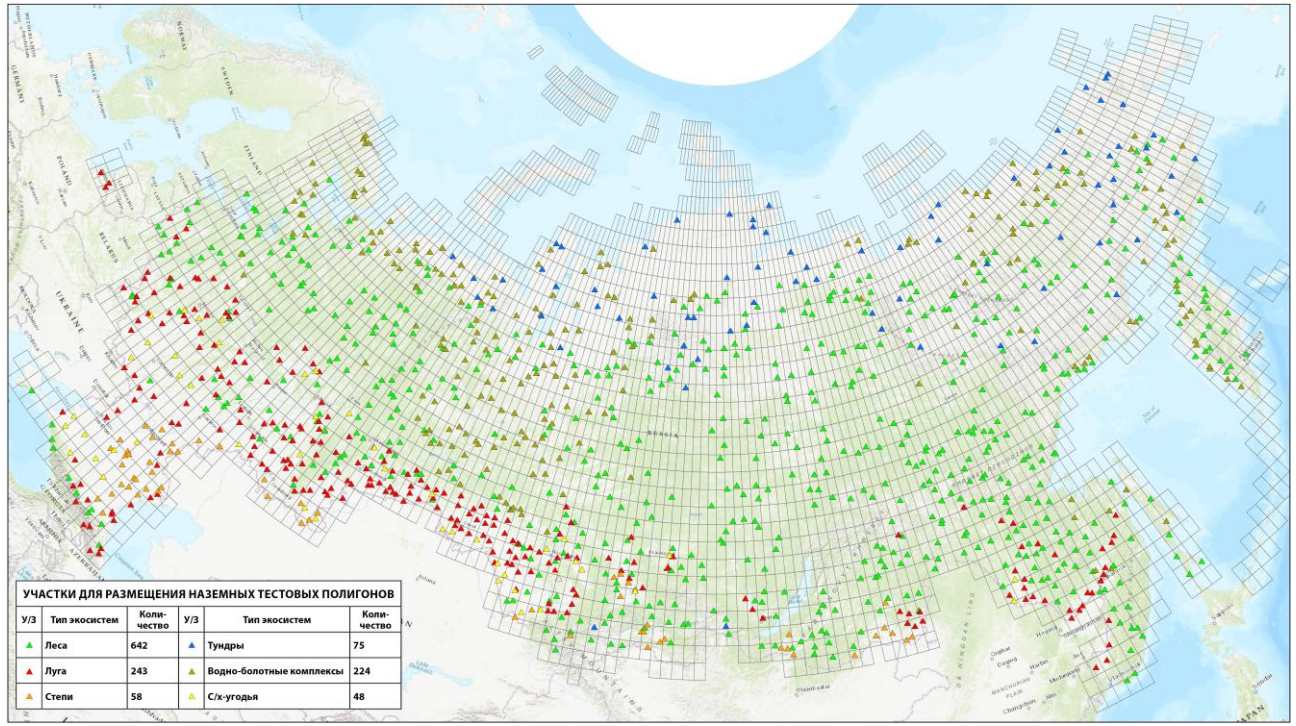
Количество тестовых полигонов на национальном уровне

(на основе вариабельности запасов надземного, подземного растительного и почвенного углерода в 30 см слое)



[1] Spawn, S.A., Sullivan, C.C., Lark, T.J. et al. Harmonized global maps of above and belowground biomass carbon density in the year 2010. Sci Data 7, 112 (2020). Ссылка https://doi.org/10.1038/s41597-020-0444-4

[2] Почвенно-географическая база данных России (Ссылка: https://soil-db.ru) Чернова О.В., Голозубов О.М., Алябина И.О., Щепащенко Д.Г. Комплексный подход к картографической оценке запасов органического углерода в почвах России // Почвоведение, 2021, №3, с.273-286



УЧАСТКИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ

У/З	Тип экосистем	Коли-чество	У/З	Тип экосистем	Коли-чество
▲	Леса	642	▲	Тундры	75
▲	Луга	243	▲	Водно-болотные комплексы	224
▲	Степи	58	▲	С/х-угодья	48

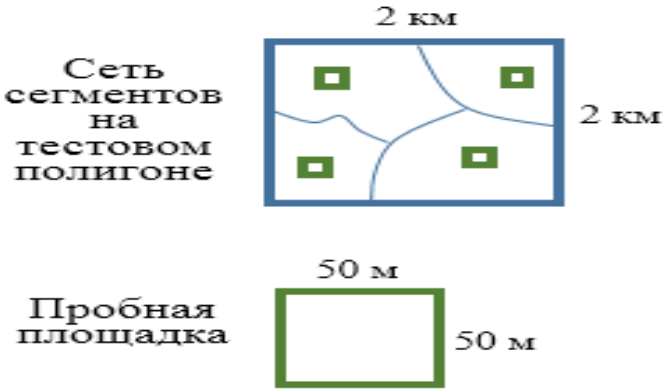
Организация сбора наземных данных в информационно-аналитической системе мониторинга пулов и потоков углерода наземных экосистем России

1. Национальная стратификация территории России с учетом климатических, почвенных и растительных условий накопления углерода в наземных экосистемах (минимальная пространственная единица - страта)

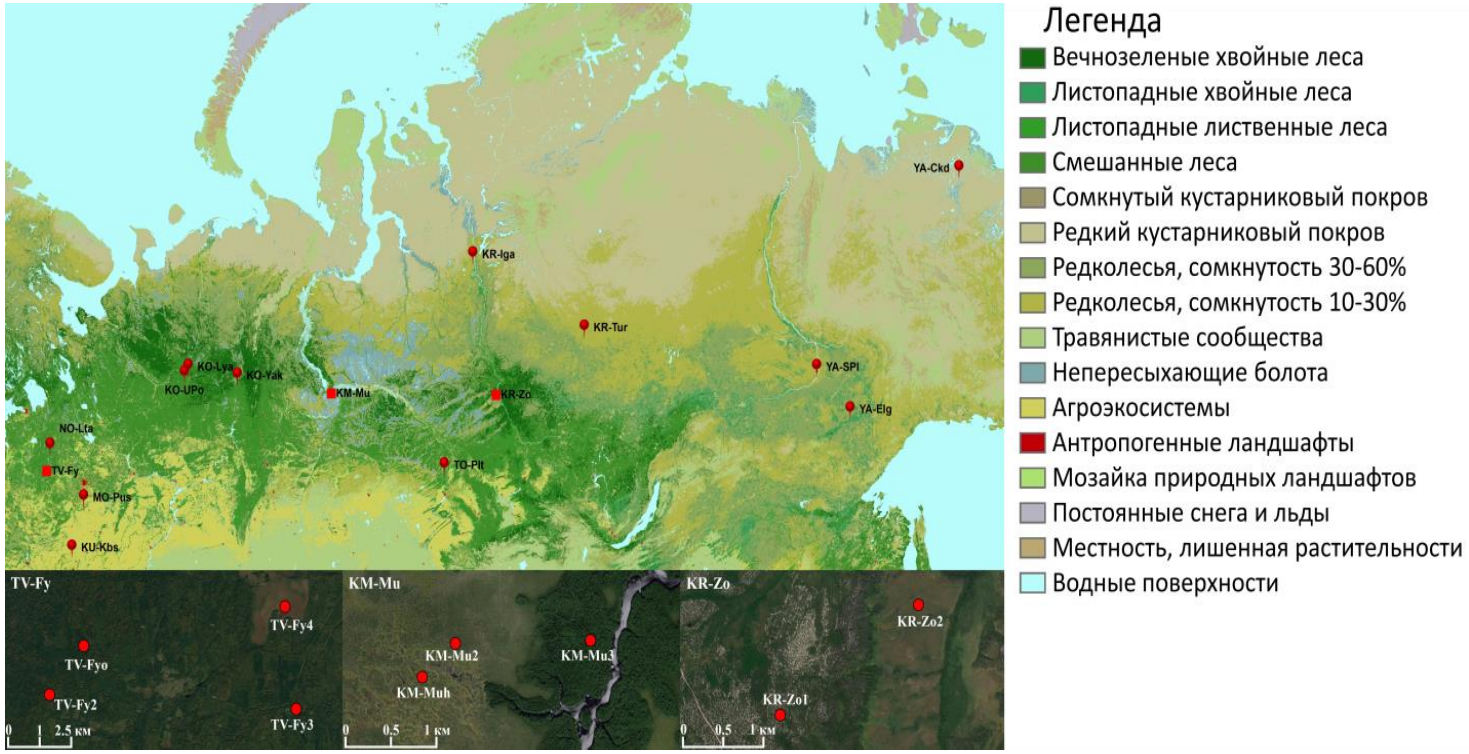
2. Сеть тестовых полигонов в границах страты (минимальная площадь полигона 2х2 км)

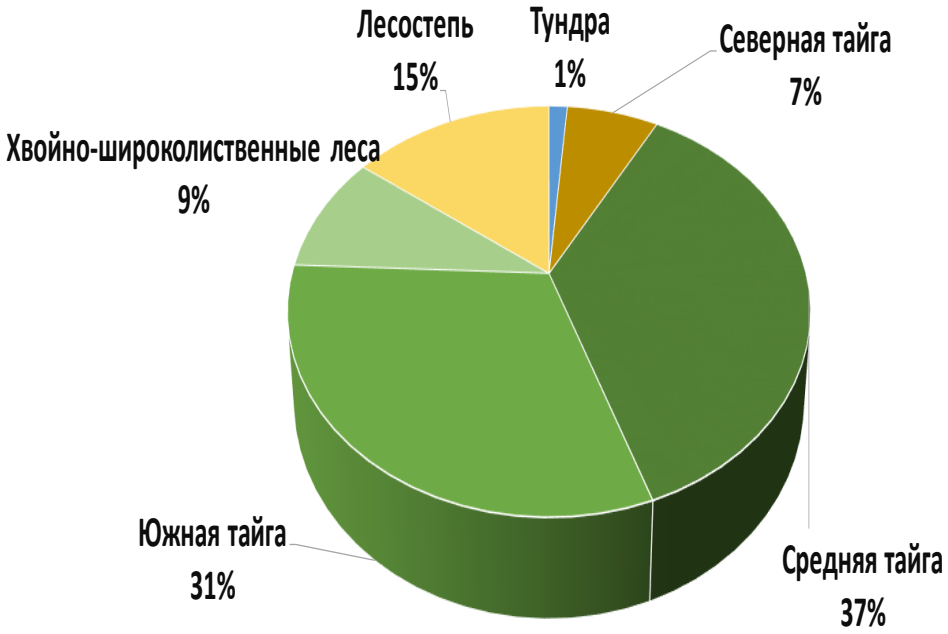
3. Спектрально однородная сеть сегментов (спектральных выделов) в границах тестового полигона для проектирования сети временных и постоянных пробных площадок

4. Сеть постоянных пробных площадок размером 50х50 метров в границах сегментов тестового полигона для сбора тематических баз данных (таксация, геоботаника, почвы)



Сеть вышек измерения потоков углекислого и других парниковых газов





Географическое расположение измерительных комплексов на территории России. Типизация растительности построена по данным MODIS (Broxton et al., 2014). Во врезках карты показаны локальные сети измерений: в Тверской области (TV-Fyo, TV-Fy2, TV-Fy3, TV-Fy4), в Ханты-Мансийском автономном округе (KM-Muh, KM-Mu2, KM-Mu3), в Красноярском крае (KR-Zo1, KR-Zo2). Индексы станций приведены в Приложении 2. Основа карты: Imagery ©2022 TerraMetrics, Map Data ©2022 Google.

2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ И НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Наземные измерения

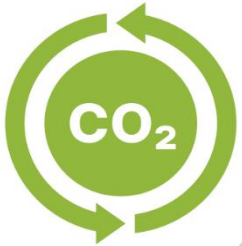
Эколого-климатические станции:

- измерение потоков парниковых газов (CO_2, CH_4, N_2O, H_2O);
- метеорологические наблюдения.

Сеть пробных площадей:

- видовой состав растительности;
- продуктивность;
- параметры горизонтальной и вертикальной структуры;
- характеристики почв;
- характеристики напочвенного покрова.

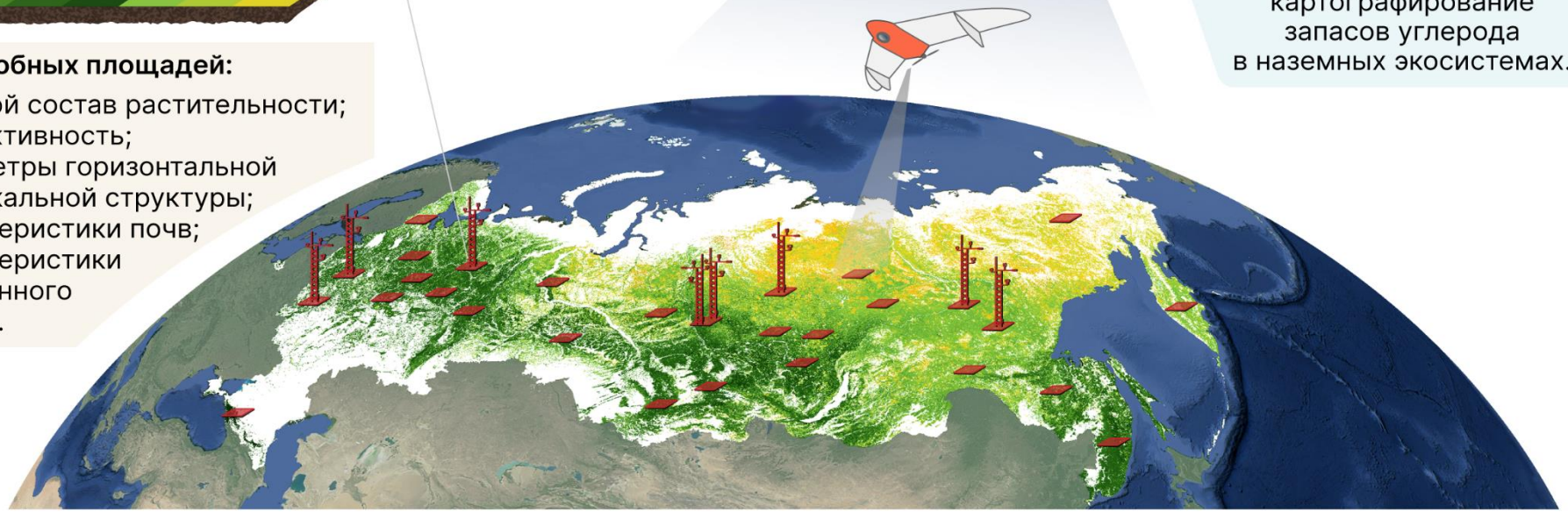
Моделирование



Дистанционное зондирование

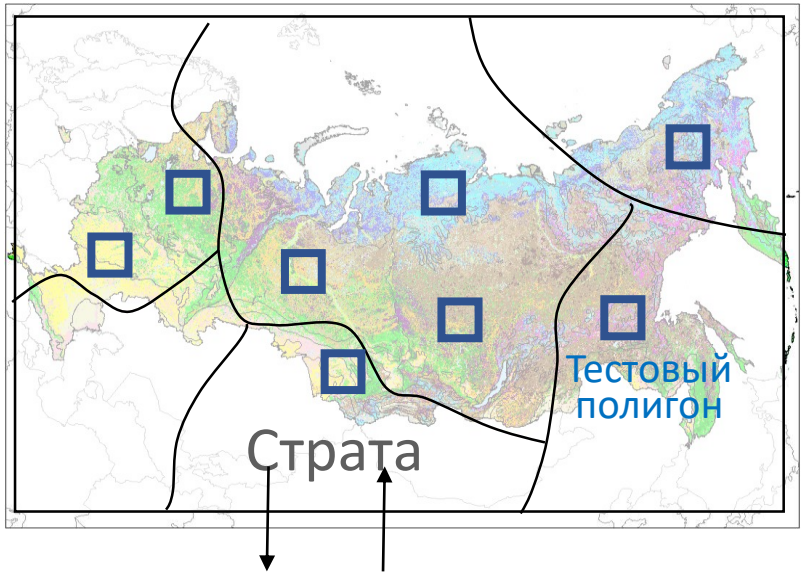
Дистанционный мониторинг наземных экосистем с космических спутников и БПЛА:

- динамическое картографирование типов наземных экосистем;
- мониторинг динамики характеристик растительного покрова;
- оценка воздействия негативных факторов;
- динамическое картографирование запасов углерода в наземных экосистемах.



СИСТЕМА ИНТЕГРАЦИИ НАЗЕМНЫХ И ДИСТАНЦИОННЫХ ДАННЫХ

1. Национальный уровень

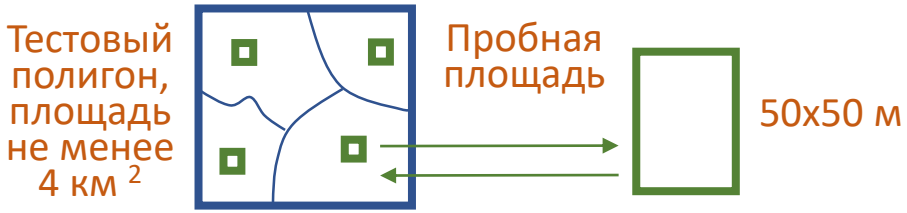


1. Временные ежегодные серии спутниковых изображений среднего пространственного разрешения (230 м)
2. Стратификация (разделение на однородные элементы) наземных экосистем по климатическим и почвенным условиям (биомы-почвообразующие породы), нарушениям (пожары, рубки, др.)
3. Проектирования сети тестовых полигонов, характеризующих страты
4. Оценка и ежегодный мониторинг пулов углерода наземных экосистем по спутниковых данным (230 м)
5. Периодическая калибровка и валидация данных спутникового мониторинга (230 м) по данным спутникового мониторинга (10-30м)

2. Региональный уровень

1. Временные серии спутниковых изображений высокого пространственного разрешения (10-30 м)
2. Периодическая оценка пулов углерода наземных экосистем по спутниковых данным (10-30м)
3. Калибровка и валидация данных спутникового мониторинга (10-30 м) по данным наземных тестовых полигонов

3. Локальный уровень



1. Спутниковые изображения детального разрешения (1-3 м) и данные аэрофотосъемки (оптика и лидар)
2. Периодическая детальная оценка пулов углерода (почва, растительность) на пробных площадях
3. Пространственное моделирование пулов углерода по спутниковым данным детального пространственного разрешения (1-3м), аэрофотосъемки и наземных измерений (пробных площадок)

3. СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УГЛЕРОДА В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЗЕЛ НАЗЕМНОГО МОНИТОРИНГА ПУЛОВ УГЛЕРОДА

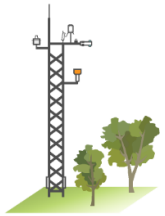
Мониторинг характеристик растительного покрова: видовой состав, параметры горизонтальной и вертикальной структуры, характеристики почв, напочвенного покрова.

Источники данных:

- Результаты наблюдений на опорной сети пробных площадей

Подсистема приема данных → Подсистема обработки → Архив данных

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЗЕЛ НАЗЕМНОГО МОНИТОРИНГА ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ



- Измерение потоков парниковых газов;
- Метеорологические наблюдения.

Источники данных:

- Результаты наблюдений на эколого-климатических станциях

Подсистема приема данных → Подсистема обработки → Архив данных

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УЗЕЛ ИАС

Интеграция данных дистанционных и наземных наблюдений

- Анализ данных
- Моделирование процессов
- Визуализация данных
- Прогнозирование

ПОДСИСТЕМА ДОСТУПА

- Картографический интерфейс
- Инфографика
- Шлюз к данным из внешних систем
- Программные интерфейсы API

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЗЕЛ АВИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

- Мониторинг характеристик растительного покрова: видовой состав, параметры горизонтальной и вертикальной структуры;
- Мониторинг воздействия негативных факторов.

Источники данных:

- Многоспектральная съемка;
- Воздушное лазерное сканирование;
- Тепловизионная съемка.

Подсистема приема данных → Подсистема обработки → Архив данных

ЦКП «ИКИ-МОНИТОРИНГ»

- Сбор спутниковых данных;
- Потоковая обработка данных для формирования информационных продуктов;
- Обработка и анализ данных;
- Обеспечение распределенного доступа к спутниковой информации.

Источники данных:

- SPOT-VEGETATION;
- TERRA/AQUA-MODIS;
- NPP-VIIRS;
- Proba-V;
- Landsat-TM/ETM+/OLI;
- Sentinel -1, -2, -3;
- Ресурс-П;
- Метеор-3М;
- Канопус-В.

Подсистема приема данных → Подсистема обработки → Архив данных

4. КОМПЛЕКС ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ

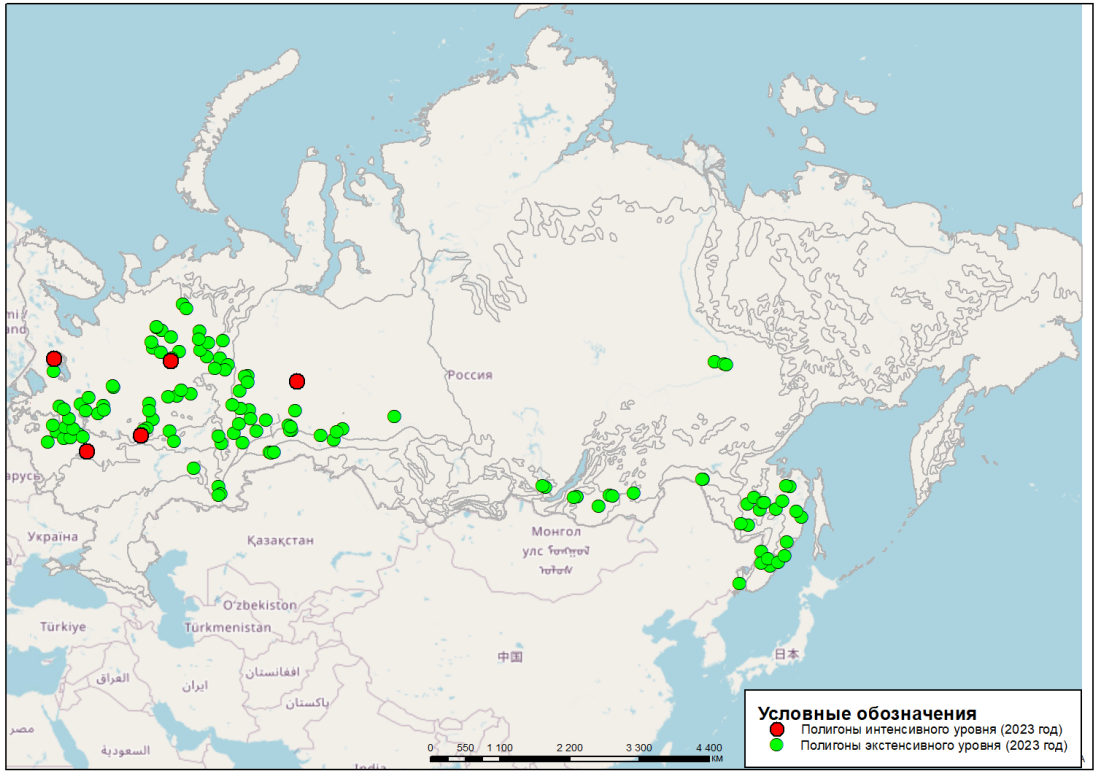
- **Лесные экосистемы**: динамическая модель древостоя *(ЦЭПЛ РАН)*, модель динамики органического вещества почвы *(ФИЦ ПНЦБИ РАН)*, регрессионные модели оценки фитомассы древостоя и дыхания почвы *(ИЛ СО РАН)*
- **Агроэкосистемы**: модели круговорота углерода в агроландшафтах, углеродные калькуляторы *(ИГ РАН, факультет почвоведения МГУ)*
- **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)*

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ (РЕЗУЛЬТАТЫ) И ПЕРСПЕКТИВЫ

ЗАДАЧА 1. Создание национальной сети мониторинга пулов и потоков 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:

- В сеть на территории России включено 16 станций, в 2023 году планируется включить 5 станций;
- Общее количество площадок наблюдений за эмиссией CO_2 на территории России к 2022 г. - 76. В 2023 г. планируется организовать еще 40 площадок наблюдений за эмиссией CO_2 из почв;
- 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: 50 тестовых полигонов
- В 2023 году запланировано **120 тестовых полигонов экстенсивного уровня** (ФБУ Рослесинфорг), **5 модельных полигонов интенсивного уровня** (ЦЭПЛ РАН / консорциум) для уточнения моделей связей характеристик растительности и почв с запасами углерода, и установления связей с данными дистанционного зондирования



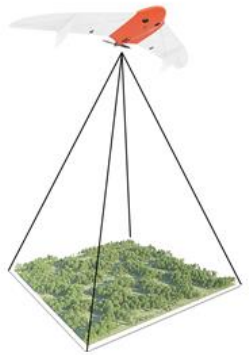
ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ (РЕЗУЛЬТАТЫ) И ПЕРСПЕКТИВЫ

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

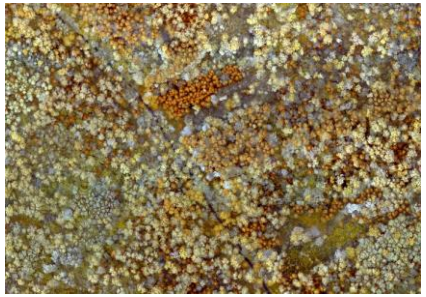
Проведены пилотные оценки бюджета углерода в лесных экосистемах России на основе наземных данных, дистанционного зондирования и математического моделирования, в том числе:

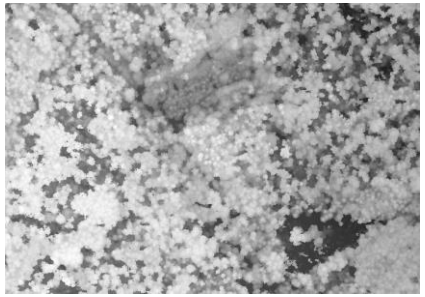
- получены предварительные оценки запасов углерода в растительности лесов России, составившие в 2021 году 55,8 $x10^9$ тонн углерода, что на 10 % превышает полученные ранее наиболее широко известные оценки
- получены новые оценки скорости годичного депонирования углерода в растительности всех лесов России: за период 2001-2021 годов средняя скорость депонирования углерода составляет около 210 $x10^6$ 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

Запланированы сбор и обработка спутниковых, БПЛА и наземных данных о растительности и почвах на тестовом полигоне интенсивного уровня



1. Проведение БПЛА съемки АФС, МАФС, ВЛС тестовых полигонов в Карелии, Коми и Нижегородской области и Ханты-Мансийском АО (болото)





Рекогносцировка или наземная экспресс оценка характеристик древостоев методами производственной таксации

Сегменты и центры круговых площадок

Реласкопические площадки переменного радиуса

Схема учета растительности на площадке

Один из результатов: карта запасов древостоя в сегментах для проектирования постоянных пробных площадок

Учетные ведомости по элементам леса

Полевые измерения древостоя на постоянной пробной площади

Сегменты и места закладки ППП

Постоянные пробные площадки

БПЛА снимок

Измеряемые параметры на ППП

Перечёт живых деревьев (диаметр от 6 см)
- Древесная порода
- Диаметр на высоте 1,3 м, см
- Высота деревьев, м (выборка)
- Средний возраст, лет (выборка)

- Подрост
  - Состав пород
  - Количество штук на га
  - Средняя высота, м
- Подлесок
  - Состав пород
  - Густота
  - Средняя высота, м

- Перечёт сухостоя (диаметр от 6 см)
  - Диаметр сухостоя на высоте 1,3 м
  - Категория разложения (1-4)
  - Высота сухостоя, м (всех с обломанной верхушкой)
- Перечёт валежа (диаметр от 1 см)
  - Порода
  - Диаметр каждого из двух концов, см
  - Длина, м
  - Категория разложения (1-4)
- Перечёт пней (диаметр более 6 см)
  - Порода
  - Диаметр в верхнем отрезе, см
  - Высота, см
  - Категория разложения (аналогично валежу)

Методы и алгоритмы обработки данных БПЛА на тестовом полигоне: сегментация крон деревьев и классификация древесных пород

Методы и алгоритмы:
Для сегментации крон деревьев используется метод маркерного водораздела
Классификация крон деревьев по древесным пород по кронам деревьев проводится ансамблевым алгоритмом машинного обучения «Случайный лес» (Breiman L. Random forests // Machine Learning. 2001. V. 45. № 1. P. 5–32)

Последовательность обработки данных:
(1) сегментация RGB ортофотоплана летнего сезона с использованием цифровой модели рельефа; (2) извлечение спектральных и текстурных признаков из разносезонных мультиспектральных ортофотопланов в видимом и мультиспектральном диапазонах; (3) обучение модели классификации «Случайный лес» по опорным деревьям, дешифрированных на постоянных пробных площадках; (4) классификация крон /групп крон деревьев по древесным породам с оценкой вероятности правильного распознавания пород

Входные и выходные данные:
(1) разносезонные ортофотопланы тестового полигона в видимом и мультиспектральном диапазонах; (2) цифровая модель рельефа; (3) полевые опорные данные пробных площадок для обучения модели классификации
Выходные данные: векторный слой с границами крон/группы крон деревьев, в атрибутивной таблице указана древесная порода и вероятность ее правильного распознавания

Программное обеспечение: создан собственный программный модуль на базе открытого программного обеспечения *QGIS 3.14π*

Вид инструментов плагина QGIS 3.14 π

Пример сегментации крон деревьев и выбор эталонных деревьев

Пример классификации крон деревьев по породам

Методы и алгоритмы геопространственного моделирования углерода: содержание запасов углерода (C) и азота (N) в лесной подстилке

Методы и алгоритмы:
Настройка и применение регрессионной модели выполняется ансамблевым алгоритмом машинного обучения «Случайный лес» (Breiman L. Random forests // Machine Learning. 2001. V. 45. № 1. P. 5–32), , основанный на использовании большого числа (ансамбля) деревьев решений, каждое из которых строится по неполной выборке, получаемой из исходной с помощью бутстрепа (случайной выборки с возвращением), а для расщепления вершин используется фиксированное число переменных, случайно отбираемых из полного набора.

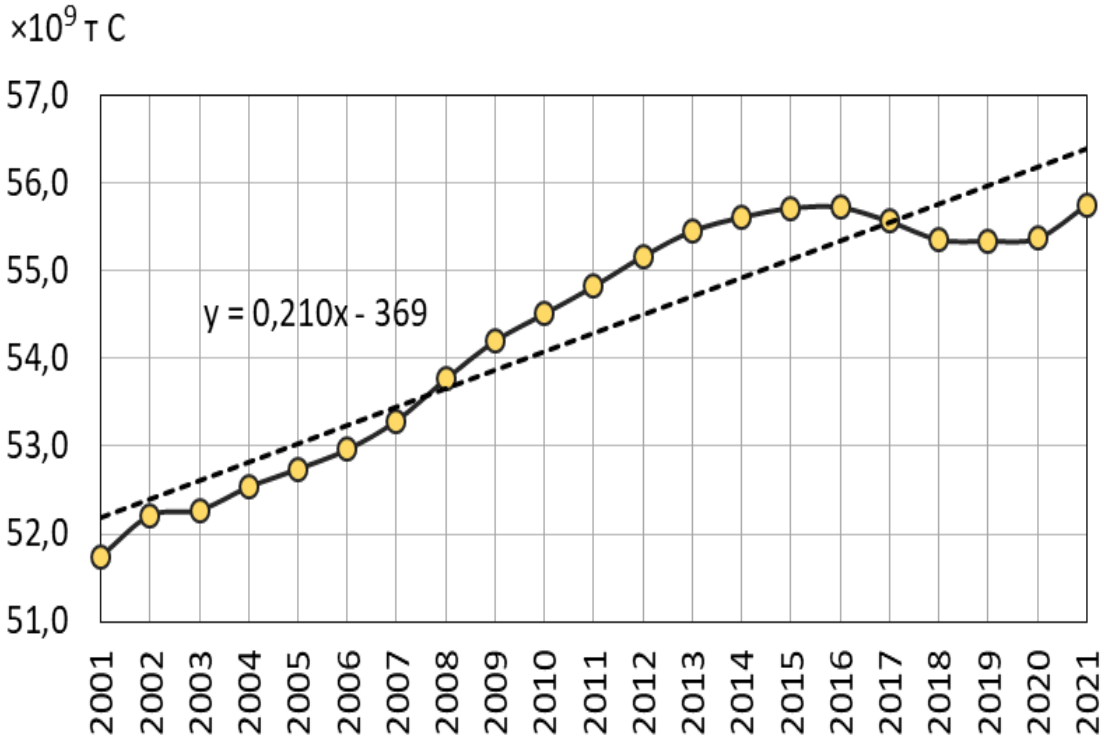
Последовательность обработки данных: (1)Формирование набора мультиспектральных спутниковых изображений на территорию интереса; (2) преобразование исходных значений пикселей в каналах спутниковых изображений в производные спектральные переменные-предикторы (индексы и т.п.); (3) формирование набора дополнительных геопространственных переменных для моделирования (характеристики рельефа и т.п.); (4) извлечение значений признаков в местах расположения эталонных участков, входящих в обучающую выборку, с известными характеристиками лесных экосистем; (5) Обучение классификационной или регрессионной модели по извлеченным значениям переменных; (6) Применение обученной модели ко всем пикселям на тестовом полигоне для создания тематического изображения, характеризующего пространственное распределение моделируемого показателя (например, углерода в лесной подстилке)

Входные данные: (1) разносезонные мультиспектральные спутниковые изображения тестового полигона; (2) цифровая модель рельефа; (3) полевые опорные данные пробных площадок для обучения модели классификации
Выходные данные: тематические карты тестового полигона в растровом формате с пиксельной оценкой запасов углерода в лесной подстилке; средние показатели с характеристиками запасов на уровне сегментов (однородных участков растительного покрова) тестового полигона

Программное обеспечение: алгоритмы запрограммированы в программной среде R в пакетах Caret (Kuhn M. Classification and Regression Training. R package version 6.0–84. https://CRAN.R-project.org/package=caret) и Ranger (Wright M.N., Ziegler A. A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R //J. Statistical Software. 2017. V. 77. № 1. P. 1–17.https://doi.org/10.18637/jss.v077.i01)

Показатель	C:N		Запас C		
Подгоризонт / слой	L	FH	L	FH	0-10 см
R^2	0.71	0.83	0.61	0.37	0.34
RMSE	2.7	2.1	0.7 т/га	1.9 т/га	11 т/га
$RMSE_{\%}$	13%	11%	40%	49%	39%

Пространственное изменение запасов углерода в растительности лесов

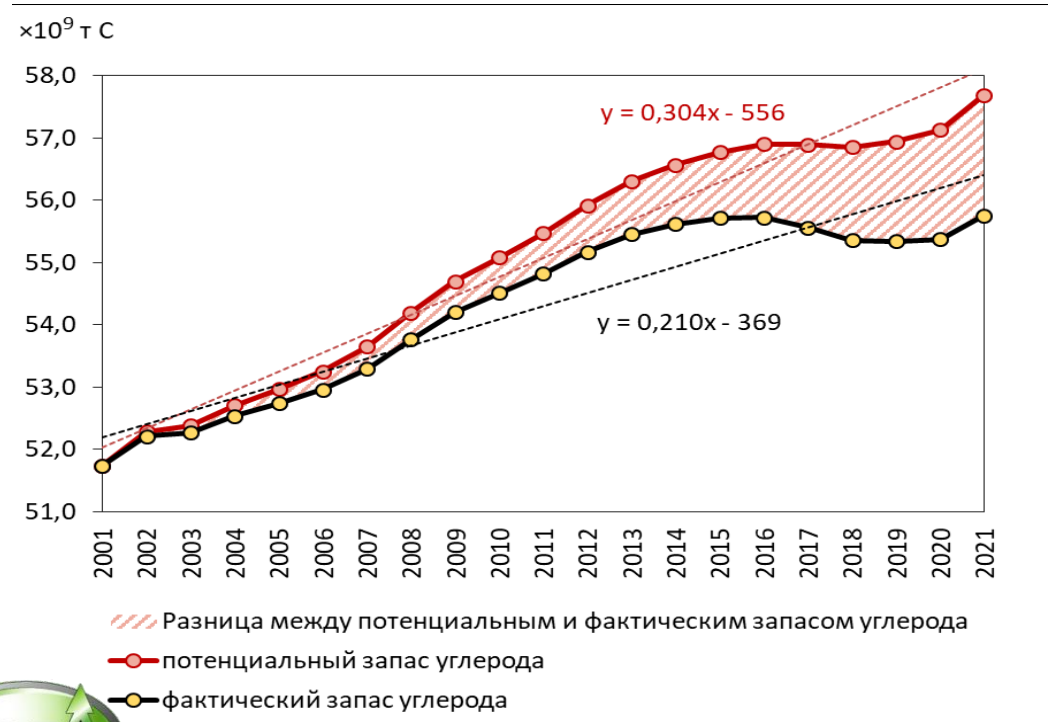


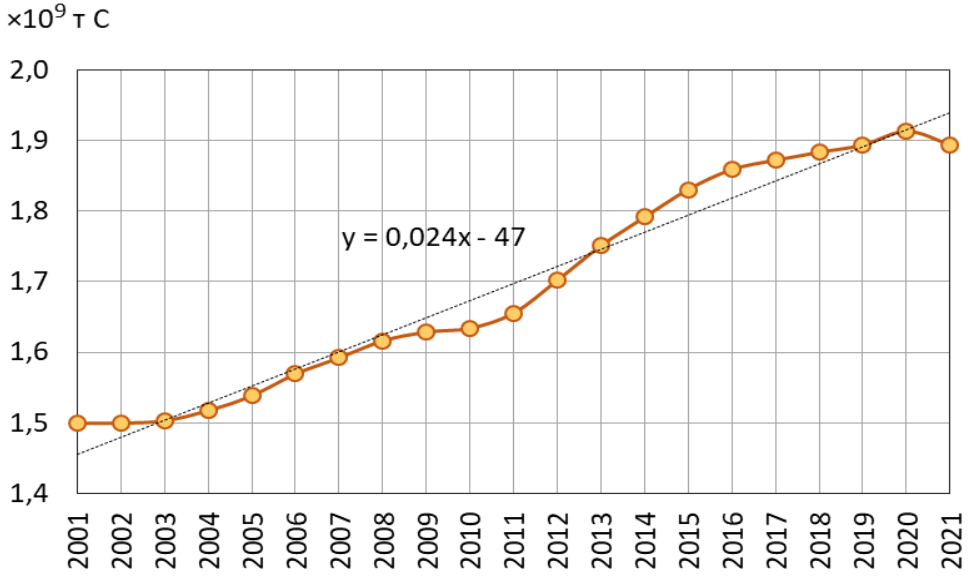
Получены новые оценки скорости годичного депонирования углерода в растительности всех лесов России: за период 2001-2021 годов средняя скорость депонирования углерода составляет около 210 x10^6 тС/год

Оценка потенциала лесов по накоплению углерода и динамика накопления запаса углерода древесной растительностью на с/х землях

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 его поглощения позволяло бы в среднем аккумулировать ежегодно **дополнительно 94 миллионов тонн углерода**

Динамика накопления углерода древесной растительностью на заброшенных сельскохозяйственных землях в период 2001-2021 годов на уровне около 24 миллионов тонн С в год оценка удельной скорости накопления углерода древесной растительностью таких лесов (391 кг С год$^{-1}$) практически в два раза превышает величину этого показателя для всех лесов страны в целом

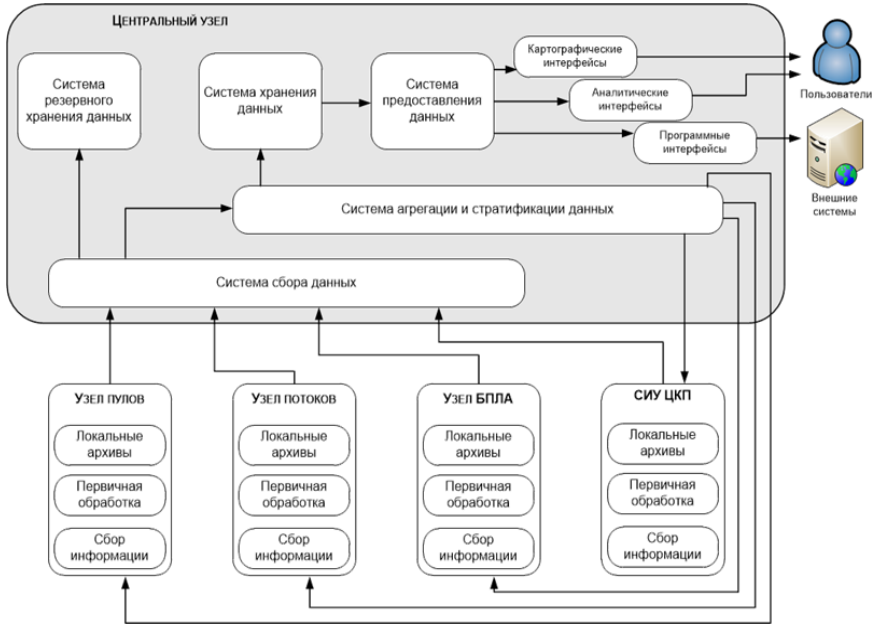




ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ (РЕЗУЛЬТАТЫ) И ПЕРСПЕКТИВЫ

Задача 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:



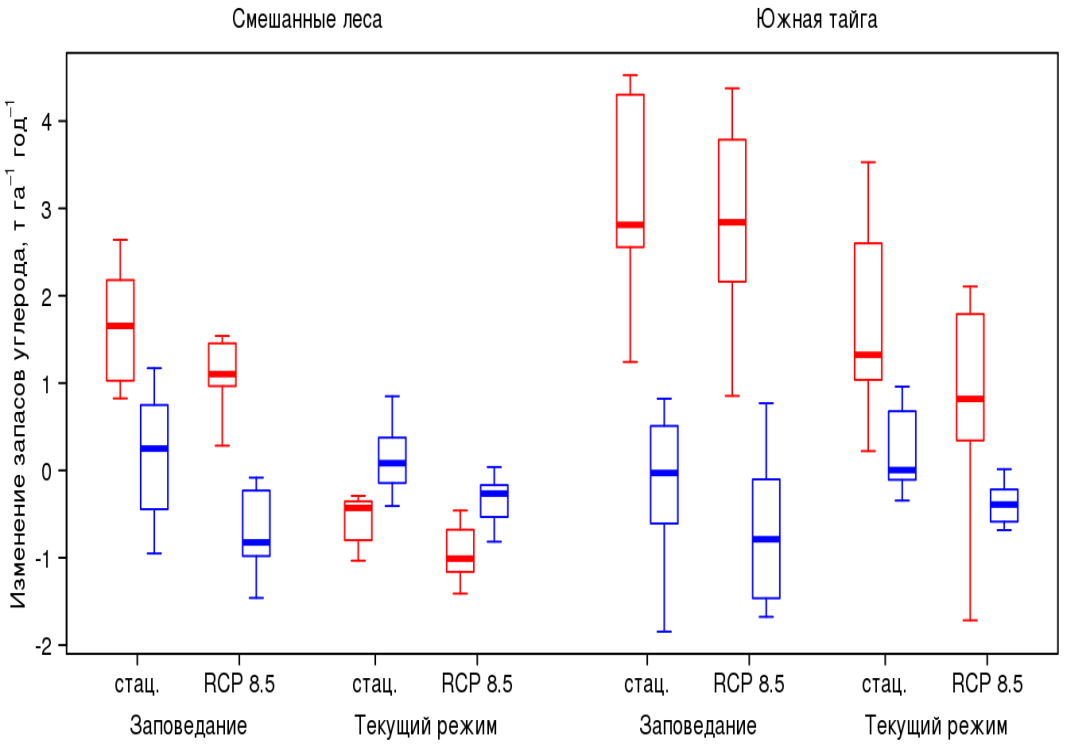
- сформирована структура информационно-аналитической системы (ИАС), сформированы базы имеющихся у участников проекта данных по пулам углерода и потокам парниковых газов, разработаны предложения по архитектуре и составу «ИАС-Углерод Экосистем» ;
- проведен анализ состава данных (количество таблиц, полей 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

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ (РЕЗУЛЬТАТЫ) И ПЕРСПЕКТИВЫ

ЗАДАЧА 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.



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

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ВИП ГЗ:

1. Возможности использования получаемых Консорциумом результатов функциональным заказчиком (Росгидрометеоцентр РФ)

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)

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

2.3 Консорциумом 5 - экономика

ритм углерода

Торжественное открытие центра компетенций Национальной технологической инициативы «Геоданные ми геоинформационные технологии», МИИГАиК, г. Москва, 16 мая 2023 года

российская инновационная технология мониторинга углерода

Сайт проекта: https://ritm-c.ru/

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Дмитрий Владимирович Ершов
Контакты:
Телефон +7(903)795-8246
E-mail: ershov@ifi.rssi.ru

ЦЭПЛ РАН
ИКИ РАН
ИПЭЭ РАН
ПНЦБИ РАН
ФИЦ ПИ им. В.В. Докучаева
ИГ РАН
ИППЭС КНЦ РАН
ТувИКОПР СО РАН
ИОА СО РАН
ИПА СО РАН
ИБПК СО РАН
ЮГУ
ИЛАН РАН
ИФА РАН
ИЛ СО РАН
ИМКЭС СО РАН
ФИЦ КарНЦ РАН
ИБ ФИЦ Коми НЦ РАН
СПбГЛТУ
Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова
ФНЦ Агроэкологии РАН
РОС ЛЕС ИНФ ОРГ