



**Проведение комплекса исследований по
разработке технологий обработки данных ДЗЗ и
прототипа информационно-аналитической системы
для мониторинга углерода лесов и других
наземных экосистем Российской Федерации**

Барталев С.А., Лупян Е.А.

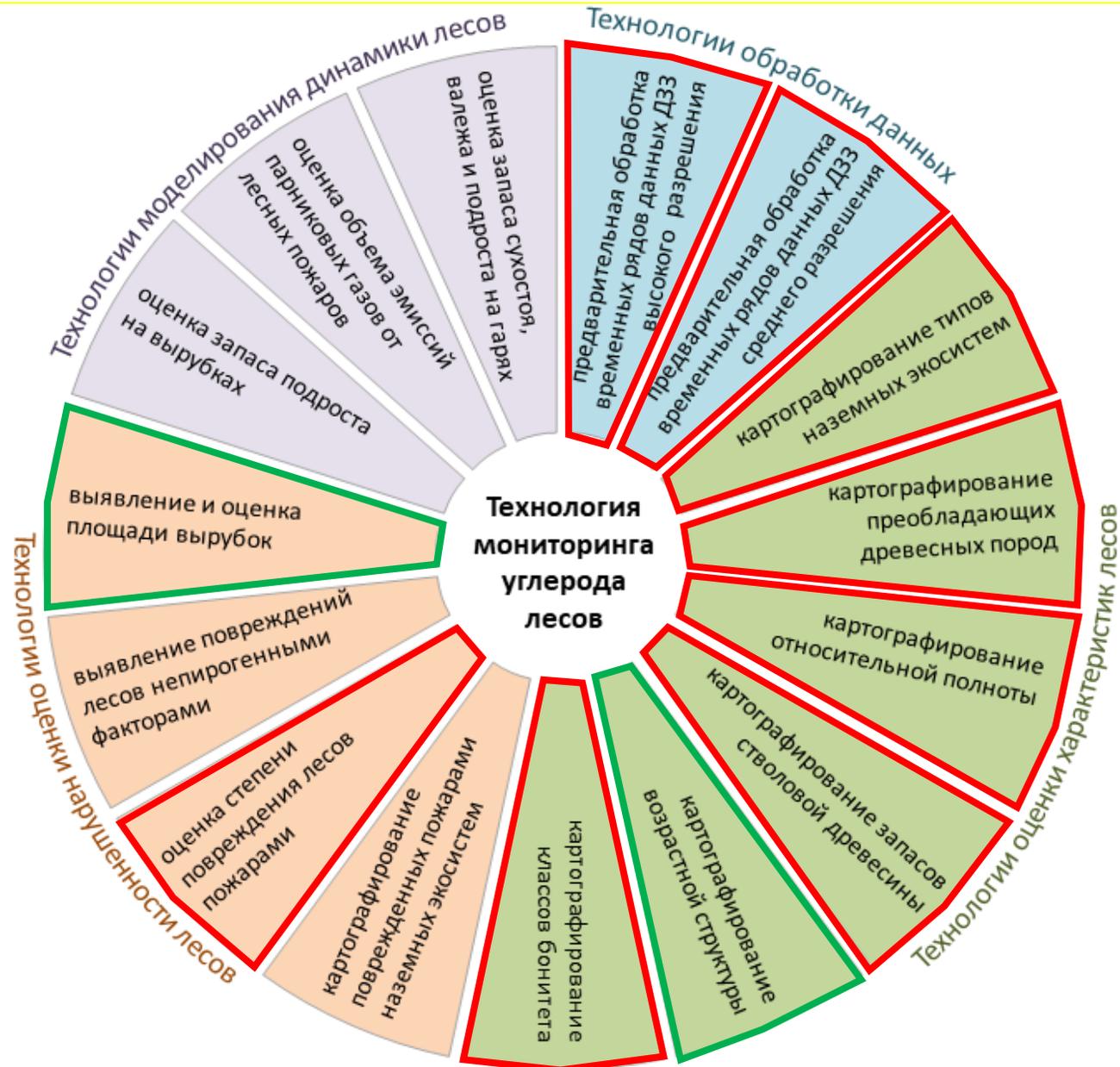
Ключевые направления исследований и разработок ИКИ РАН в рамках ВИП ГЗ в 2003 году

1. Создание признанных на международном уровне методов интеграции данных наземных измерений, дистанционного зондирования и математического моделирования для оценки пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России
2. Создание единой информационно-аналитической системы для сбора, хранения, обработки и анализа данных мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России

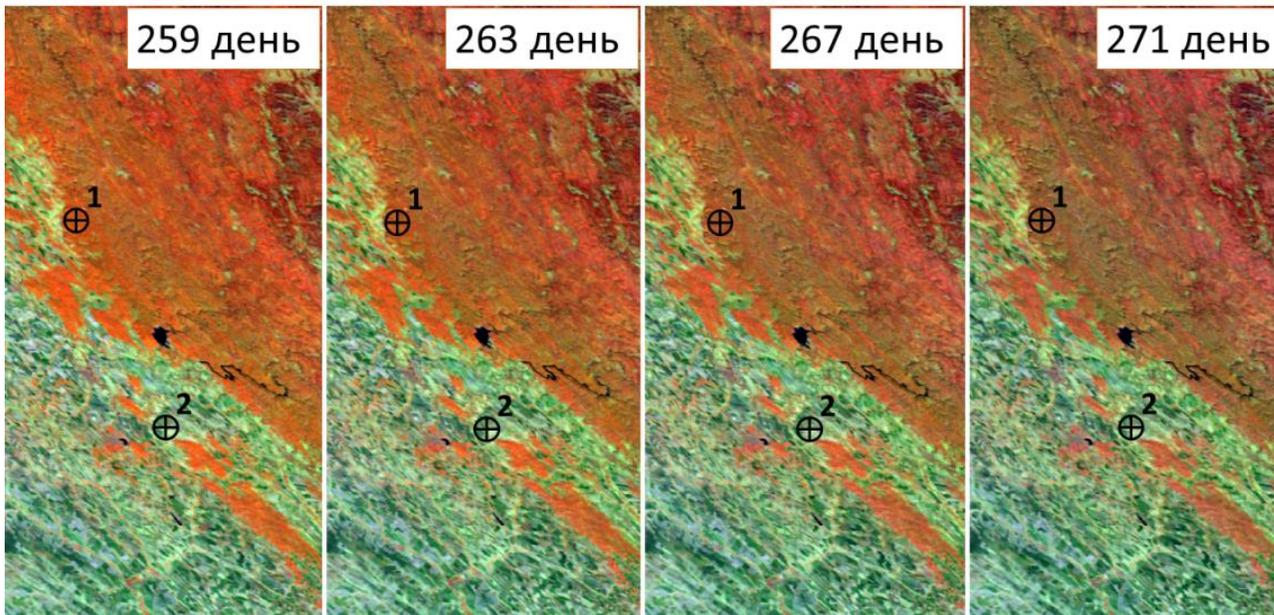
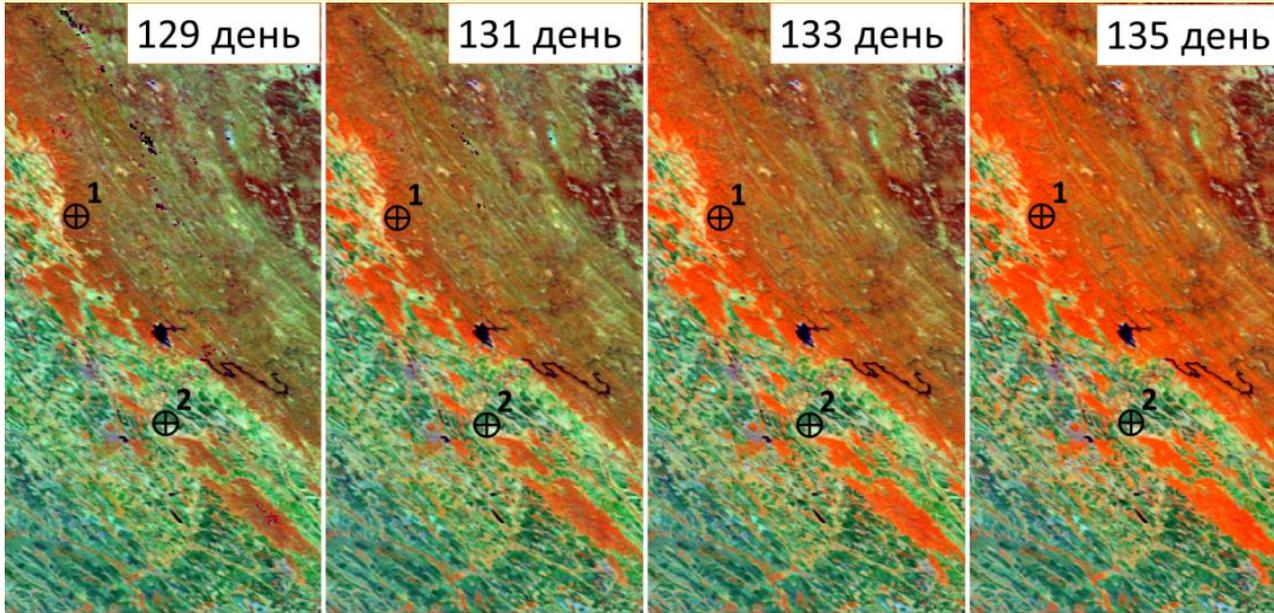
Задачи по направлению «Создание признанных на международном уровне методов интеграции данных наземных измерений, ДЗЗ и математического моделирования для оценки пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах России»

- Развитие технологий обработки данных ДЗЗ для оценки углерода в лесах
- Разработка методики оценки по данным ДЗЗ площади погибших от пожаров лесов
- Разработка методики формирования карт лесов тестовых полигонов по данным ДЗЗ пространственного разрешения 10 м
- Исследование подходов к спутниковому картографированию луговых и степных экосистем
- Ввод в опытную эксплуатацию прототипа программного модуля оценки бюджета углерода лесов на основе комплексной обработки данных ДЗЗ, выборочных наземных наблюдений и моделирования
- Оценка уровня неопределенности оценки запасов и баланса углерода лесов

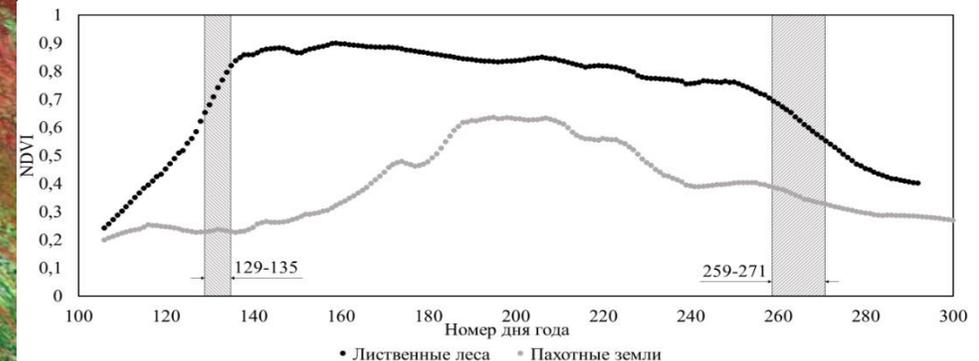
Структура комплекса технологий спутникового мониторинга углерода лесов России



Требования к спутниковым данным ДЗЗ для мониторинга наземных экосистем



- однородные многолетние **ряды данных ДЗЗ высокого временного разрешения** (не реже чем 1 раз в 3-5 дней, предпочтительно ежедневно)
- данные измерений отражения земной поверхности **в видимом, ближнем и среднем ИК диапазонах спектра**
- «штатная» предварительная обработка данных ДЗЗ, включая **радиометрическую калибровку и атмосферную коррекцию**
- глубокая очистка данных от влияния облаков и других мешающих факторов, **реконструкция непрерывных временных рядов**



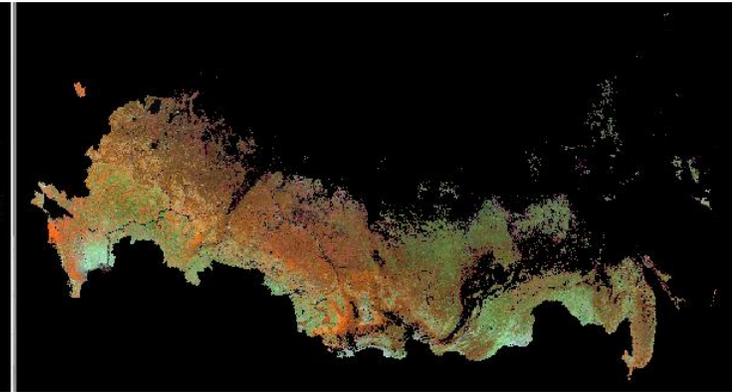
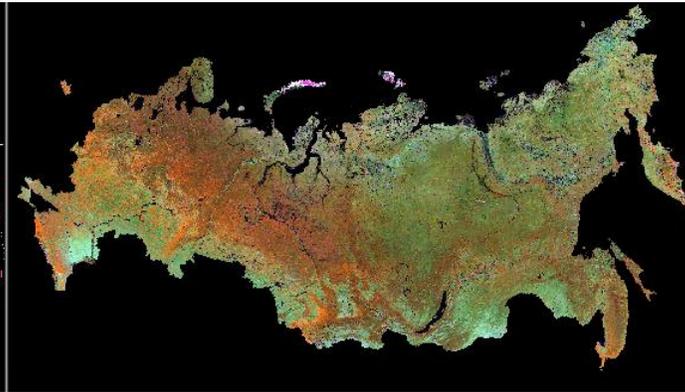
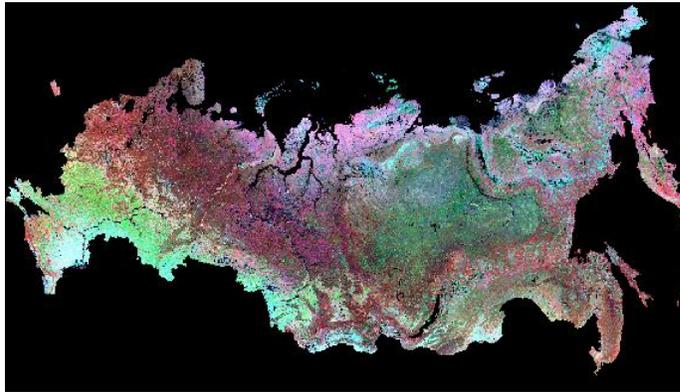
Построение разносезонных фенологически нормализованных КОМПОЗИТНЫХ изображений

Фенологический композит

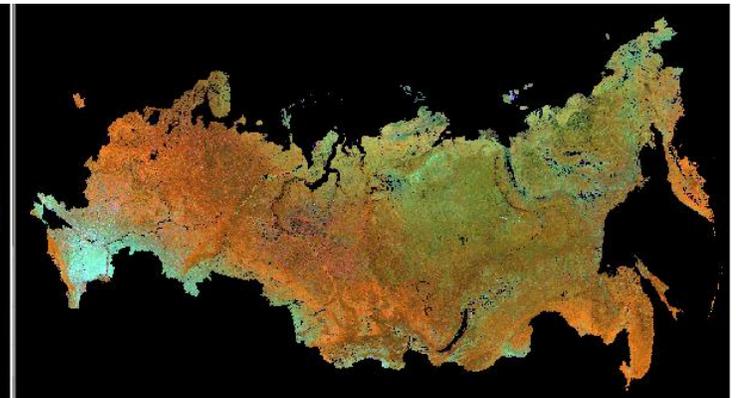
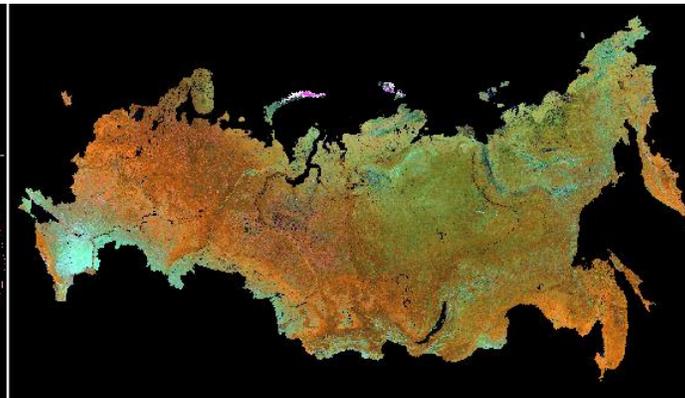
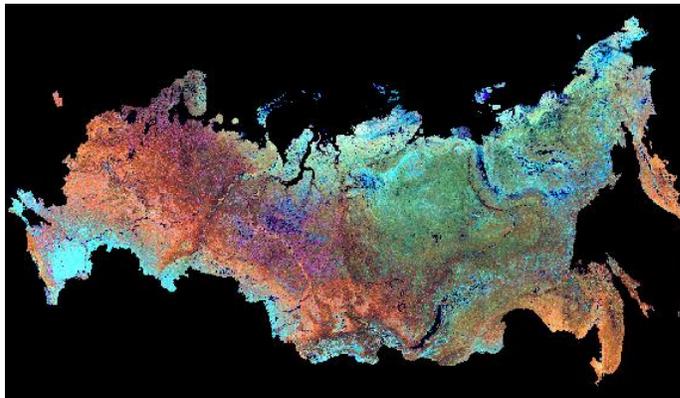
Сезонный композит

Ежедневные данные

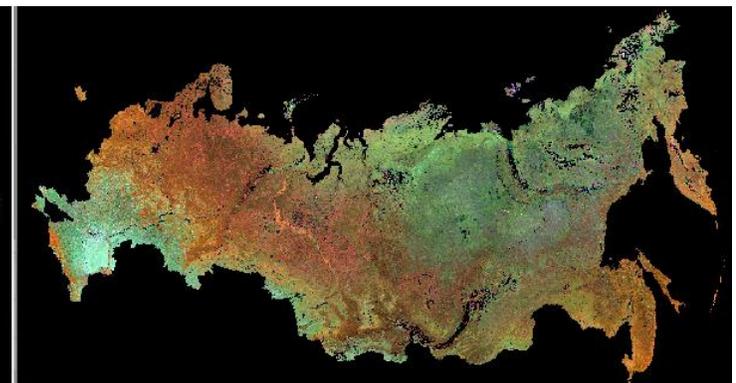
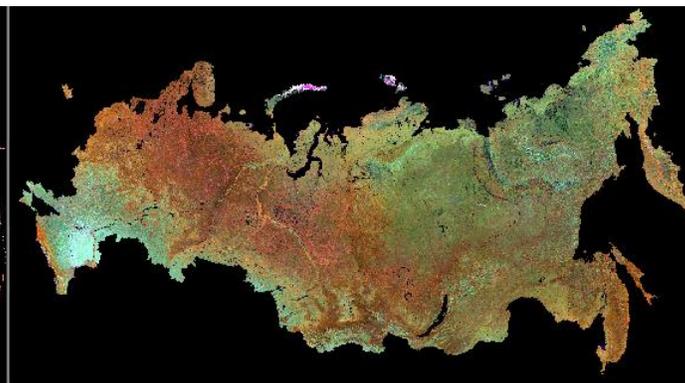
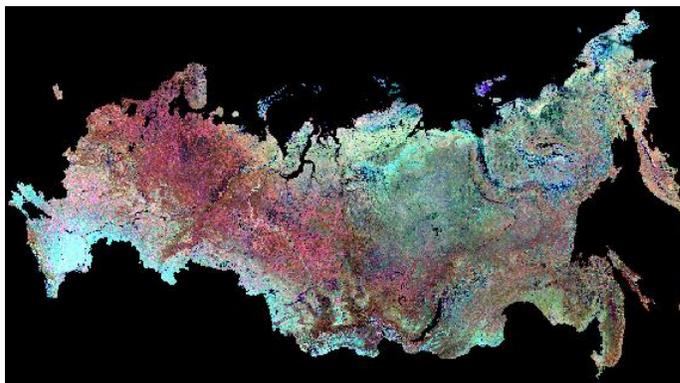
Весна



Лето



Осень



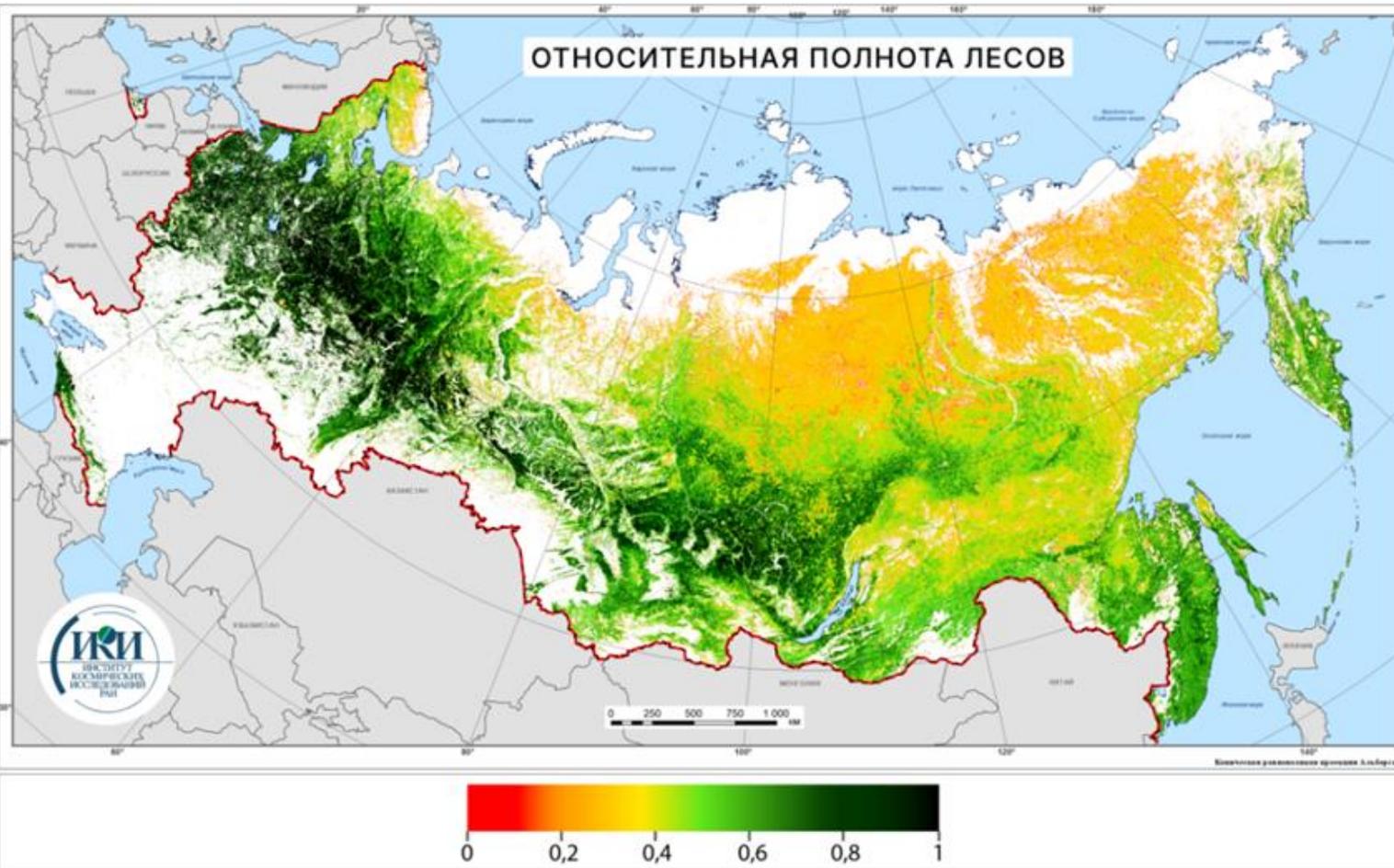
Разработанные технологии ежегодной оценки характеристик лесов по спутниковым данным ДЗЗ среднего пространственного разрешения для мониторинга запасов углерода

1. Технология оценки площади погибших от пожаров лесов
2. Технология картографирования запасов стволовой древесины лесов
3. Технология картографирования преобладающих древесных пород лесов
4. Технология картографирования относительной полноты лесов
5. Технология картографирования классов бонитета лесов
6. Технология картографирования возраста лесов
7. Технология субпиксельной оценки лесистости территории

Развитие возможностей картографирования преобладающих пород лесов России по данным ДЗЗ



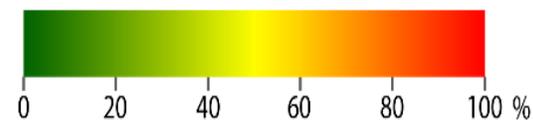
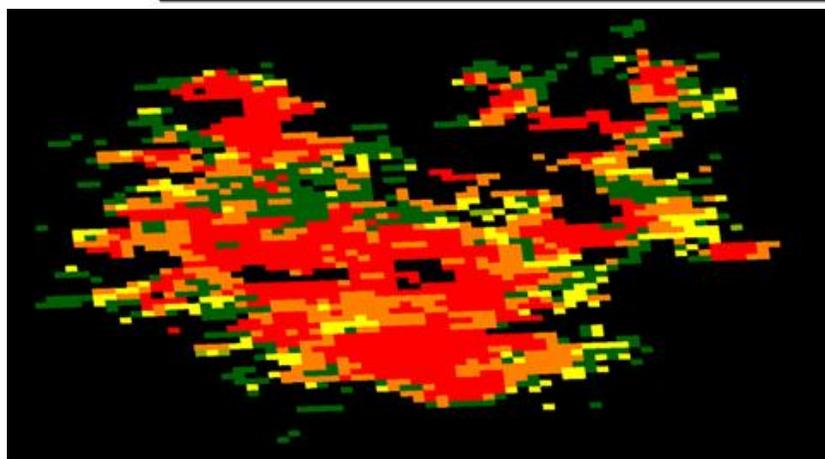
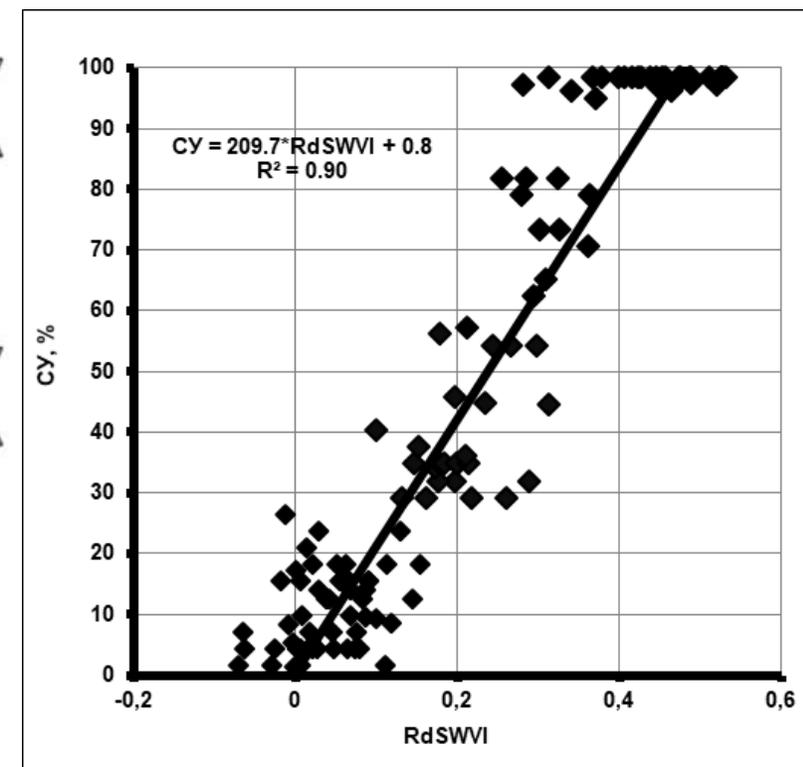
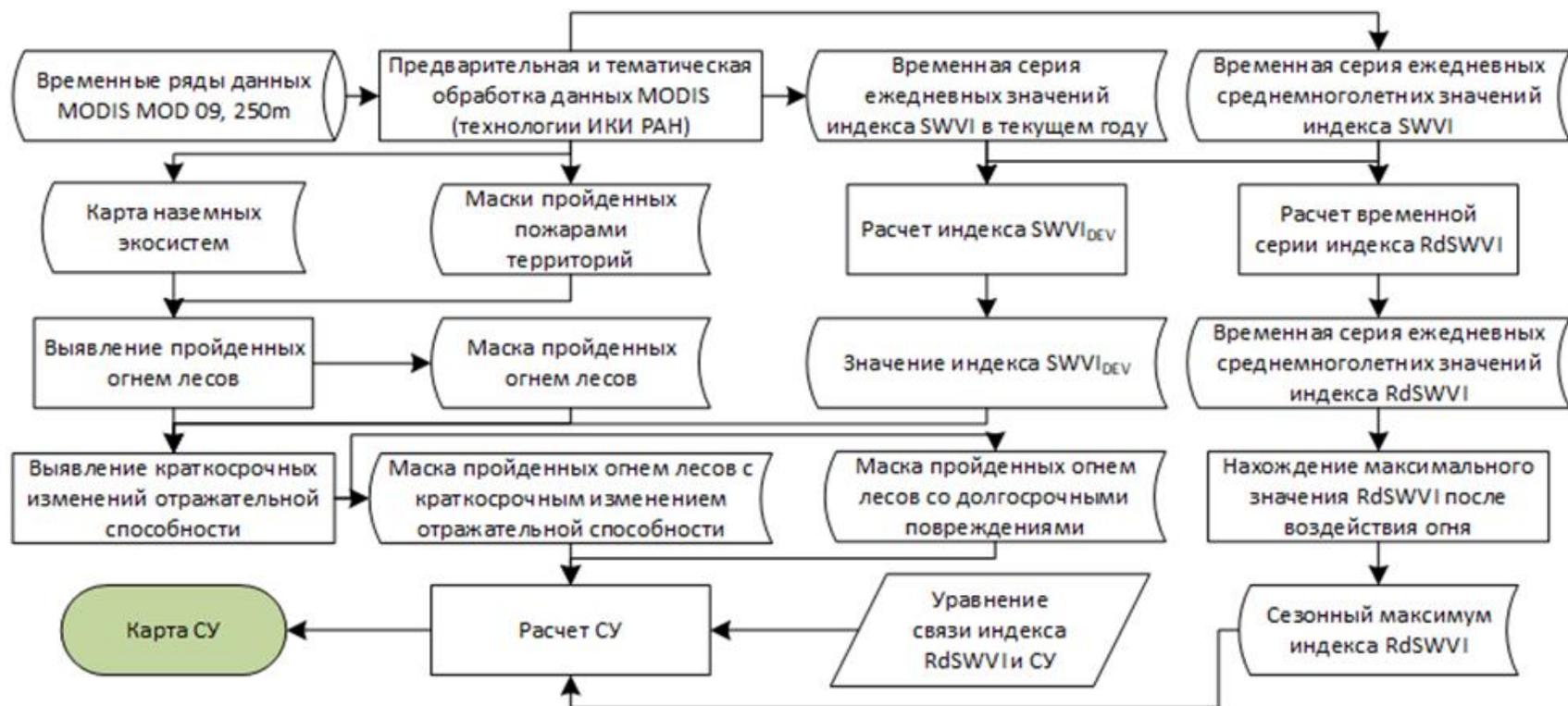
Развитие возможностей оценки относительной полноты лесов по данным ДЗЗ



Развитие возможностей оценки лесистости по данным ДЗЗ



Технология выявления и оценки усыхания нарушенных пожарами лесов по данным ДЗЗ



Модуль оценки запасов углерода в пулах фитомассы и мортмассы ненарушенных (слева) и нарушенных (справа) лесов

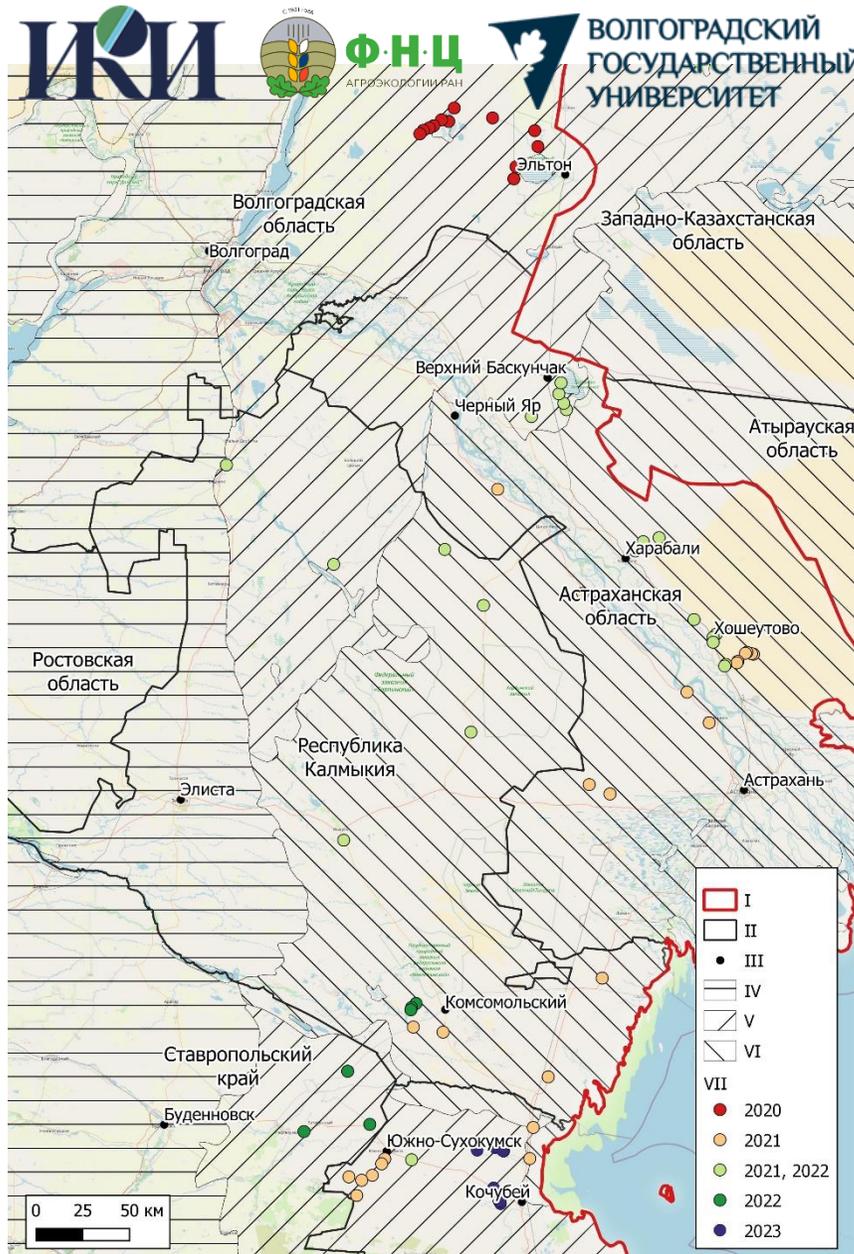
Оценка фракций фитомассы, мортмассы и углерода различных пулов



Оценка пулов углерода нарушенных лесов



Перспективы картографирования фитомассы и проективного покрытия растительности сухих и опустыненных степей

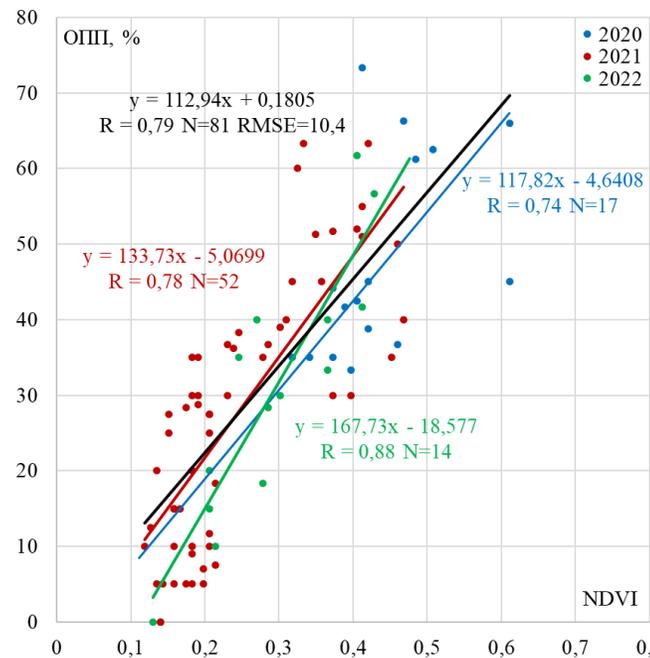


Тестовые полигоны (81 шт.)

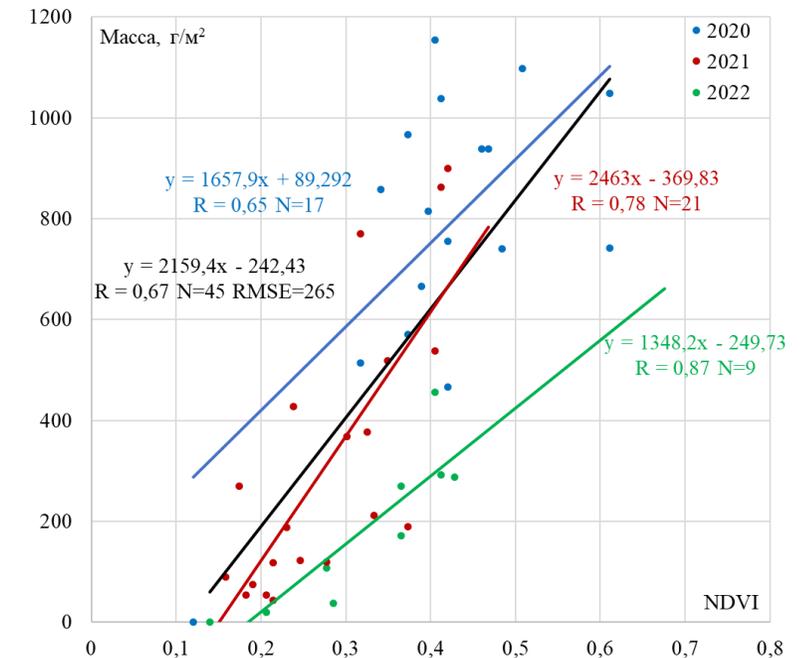
IV – сухие степи, V – опустыненные степи, VI - пустыни

Наземные исследования:

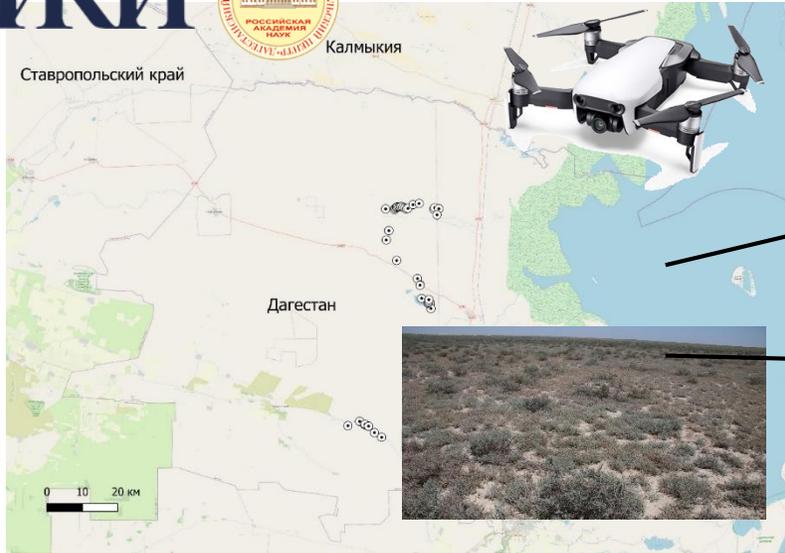
- Размер полигона ~150x150 м
- Количество геоботанических площадок 10x10 м на полигон: 3-7
- Количество укусных площадок 0,5x0,5 м: 3-5 на каждую геоботаническую площадку
- Назначение веса по встречаемости
- Определение средневзвешенных значений фитомассы и проективного покрытия на каждую площадку и тестовый полигон



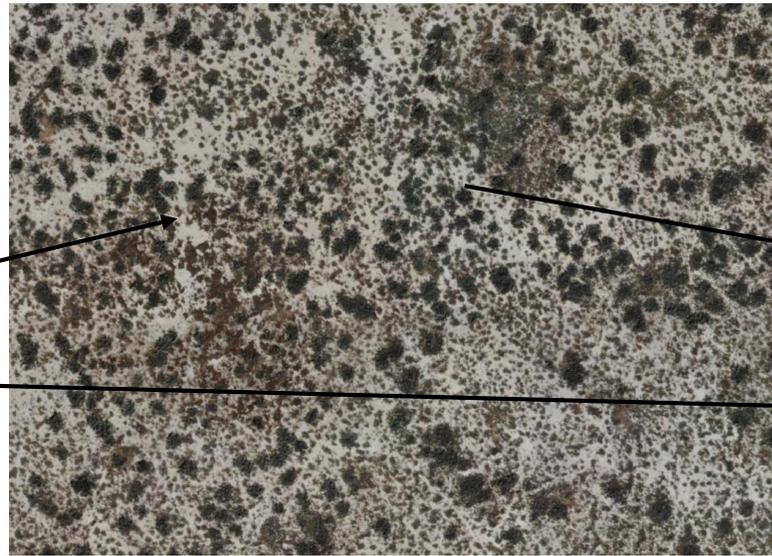
Данные MODIS NDVI на даты проведения наземных измерений



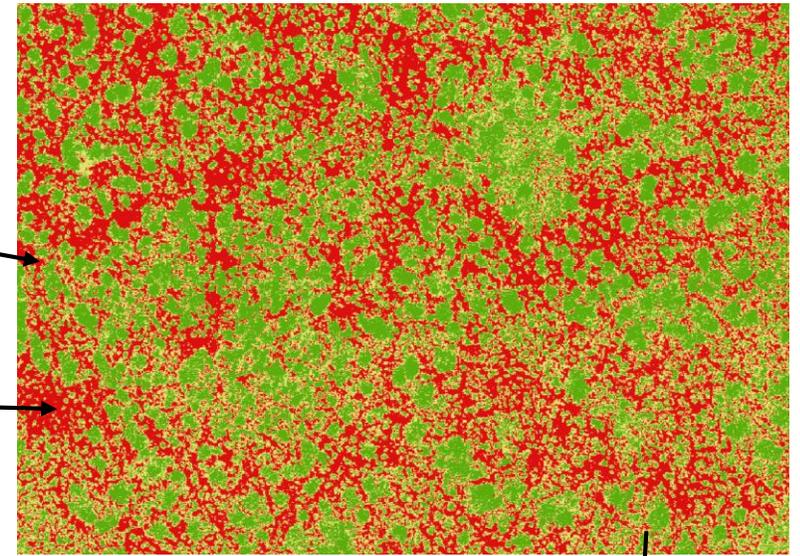
Перспективы картографирования фитомассы и проективного покрытия растительности сухих и опустыненных степей



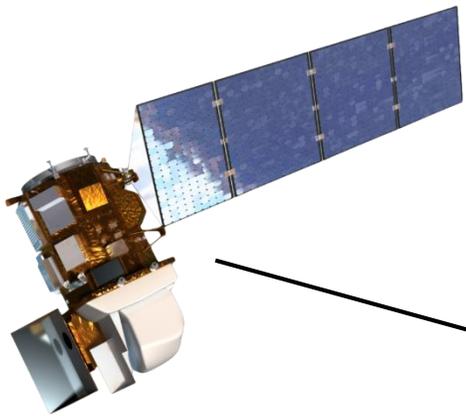
Аэросъемка RGB
Геоботанические описания
апрель, июль, октябрь 2023 г.



Ортофотопланы:
размер ~200x200 м
Разрешение: ~2 см/пикс



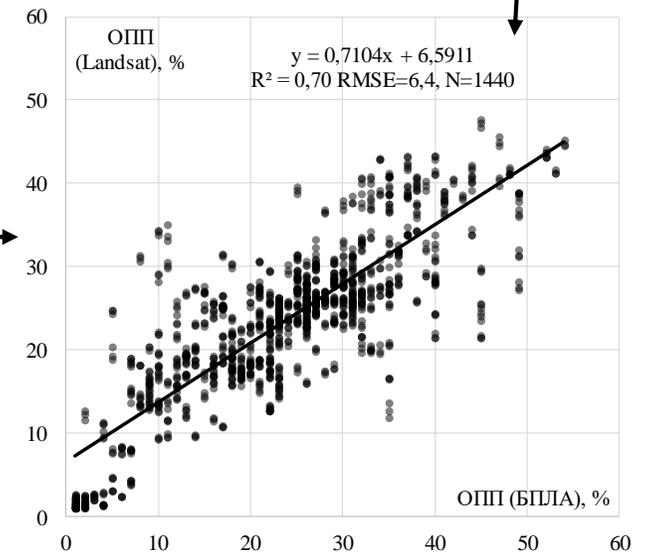
Сегментация ортофотоплана:
вегетирующая растительность;
открытая почва;
невегетирующая растительность.



Данные Landsat 8, 9
апрель-октябрь 2023 г.

Определение проективного покрытия
вегетирующей растительности:

вегетационные индексы, КСЯ на даты близкие к наземным
измерениям;
максимальные, минимальные, средние значения ВИ и КСЯ
за апрель-октябрь;
методы машинного обучения (Random Forest).



Основные направления работ в 2024 году

- Развитие методов и технологий обработки данных ДЗЗ для решения задач мониторинга запасов и баланса углерода в лесах и других наземных экосистемах
- Разработка системы мониторинга пулов углерода в фитомассе лесов России на основе интеграции данных наземных измерений, ДЗЗ и моделирования
- Получение уточненных многолетних оценок запасов и баланса углерода в фитомассе лесов на основе данных ДЗЗ, выборочных наземных наблюдений и моделей
- Развитие методов обработки спутниковых данных ДЗЗ для оценки характеристик лесов тестовых полигонах
- Разработка прототипа цифровой карты наземных экосистем России пространственного разрешения 20-30 м для мониторинга углерода
- Развитие подходов к дистанционной оценке фитомассы луговых и степных экосистем для мониторинга их запасов углерода

Задачи по направлению «Создание ИАС «Углерод-Э»

- Обработка данных ДЗЗ для получения необходимых информационных продуктов
- Формирование и ведение БД о характеристиках наземных экосистем на тестовых полигонах
- Разработка программных инструментов для обработки данных ДЗЗ и выборочных наземных обследований наземных экосистем
- Развитие инструментов анализа характеристик наземных экосистем на основе данных ДЗЗ для оценки их долговременной динамики
- Обеспечение постоянной работоспособности подсистемы распределенного доступа и анализа данных ИАС «Углерод-Э»
- Расширение технической базы ИАС «Углерод-Э» (ввод в эксплуатацию необходимых компьютерных мощностей)

Основные направления развития ИАС «Углерод-Э» в 2024 году

- **Расширение состава данных (в первую очередь данных, получаемых на полигонах интенсивного уровня, данных эколого-климатических станций и камерных измерений почвенных эмиссий парниковых газов)**
- **Развитие в рамках системы инструментов для проведения комплексного анализа спутниковой и наземной информации для уточнения и верификации алгоритмов обработки спутниковых данных**
- **Развитие инструментов анализа информации, получаемой на основе спутниковых данных, в том числе для подготовки информации в интересах формирования Национального кадастра парниковых газов**
- **Расширение технических и технологических возможностей системы для ведения работ по разработке методов мониторинга бюджета и пулов углерода в наземных экосистемах**
- **Проведение обучения заинтересованных специалистов возможностям использования системы для решения различных задач**



РИТМ
углерода

Спасибо за внимание !