

# **Исследование возможностей оценки динамики высоты леса на территории России на основе использования разновременных данных ATL08 спутникового лидара ATLAS/ICESat-2**

<sup>1,2</sup>Богодухов М.А.

<sup>1,2</sup>Барталев С.А.

<sup>1,2</sup>Жарко В.О.

(1) ИКИ РАН

(2) ЦЭПЛ РАН

Девятнадцатая международная конференция

«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»

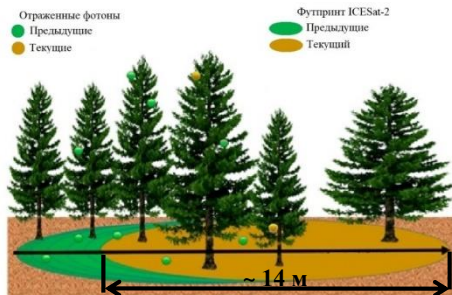
16 ноября 2021, ИКИ РАН

# Постановка задачи

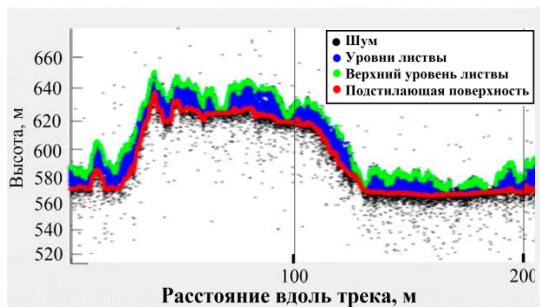
- В конце 2018 года был запущен спутник ICESat-2 с лидаром ATLAS на борту, функционирующий по настоящее время. В частности, набор данных ATL08 содержит информацию о непосредственных измерениях вертикальной структуры лесного покрова. За период работы прибора было собрано значительное количество измерений с информацией о вертикальной структуре лесов на территорию России.
- Разработанная программа измерений прибора включает в себя как повторные измерения вдоль треков на земной поверхности, так и систематическое смещение треков по мере работы спутниковой системы для обеспечения равномерного покрытия территории. По мере накопления данных стало появляться всё больше измерений, отражающих вертикальную структуру лесного покрова на одних и тех же участках в разное время.
- **Цель работы:** исследовать возможность использования разновременных спутниковых данных ATL08 спутникового лидара ATLAS/ICESat-2 для оценки динамики высоты леса на территории России.

# Спутниковые лидарные измерения высоты лесного покрова

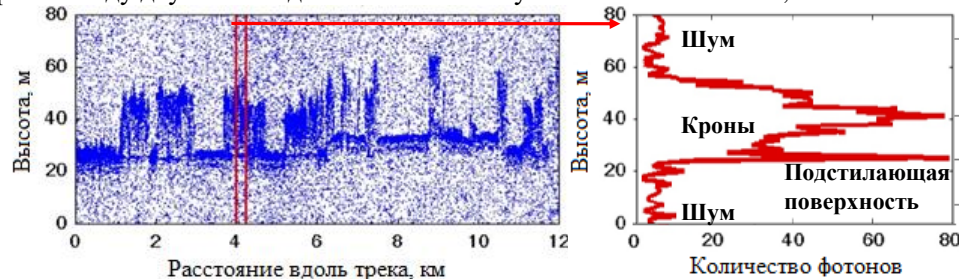
## Продукт ATL08 данных спутниковой системы лазерного сканирования ATLAS/ICESat-2



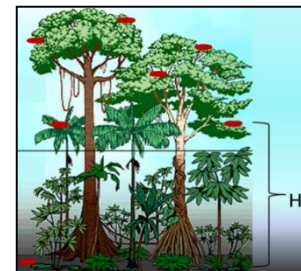
- Совокупность фотонов, детектируемых при выполнении измерений вдоль трека, формирует **облако точек** (координат отражающих объектов) для дальнейшего анализа распределения высот.



- ATLAS испускает лазерные импульсы с высокой частотой и детектирует отдельные отраженные фотоны (**Photon Counting Lidar** – лидар с подсчетом фотонов);
- Измерение времени полета фотона совместно с информацией о положении и ориентации прибора позволяет рассчитать координаты отражающего объекта земной поверхности, включая его высоту;
- Размер футпринта прибора составляет  $\sim 14$  м, смещение футпринтов вдоль трека между двумя последовательными импульсами – около 70 см;

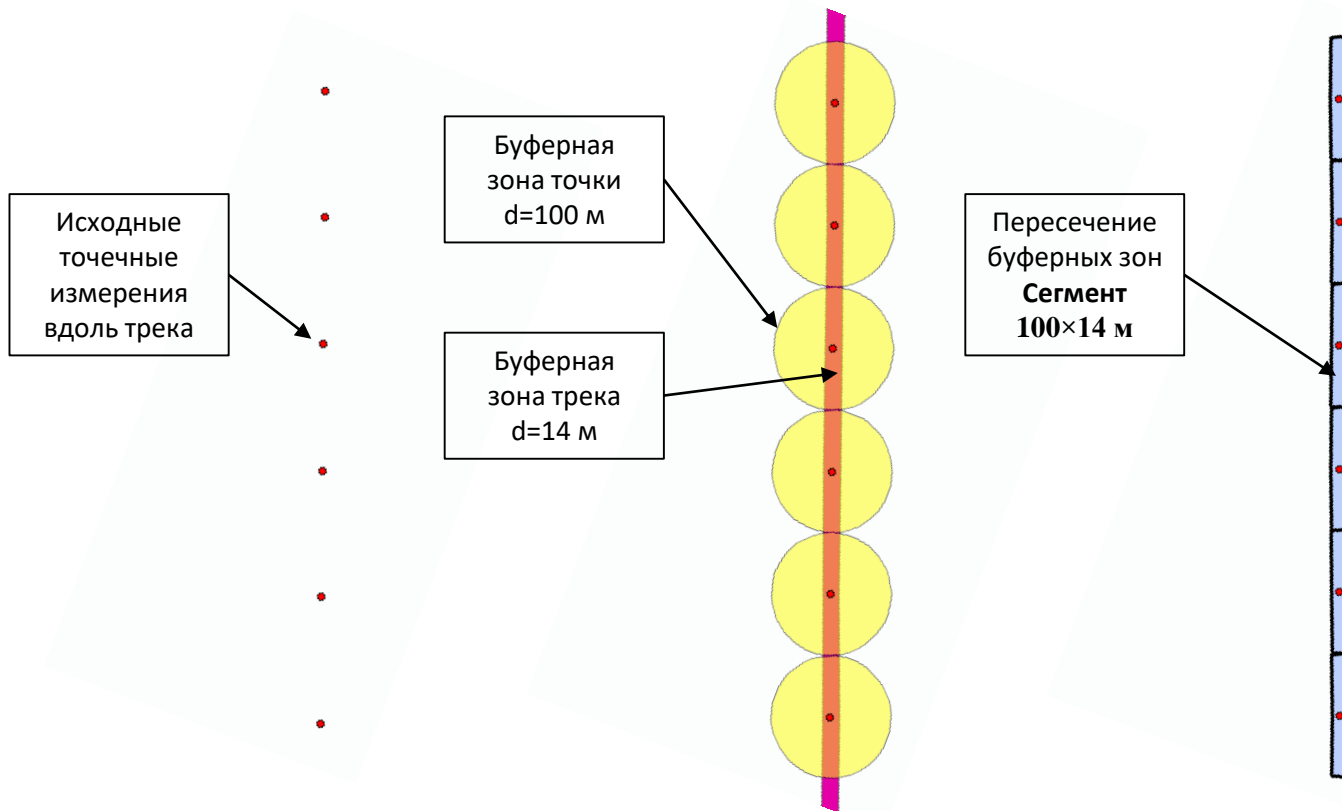


- Облако точек классифицируется на уровни листвы/крон растительности, подстилающую поверхность и шум;
- Непрерывный трек шириной  $\sim 14$  м разбивается на сегменты по 100 м;
- Каждое измерение в наборе данных содержит статистику высот растительности относительно поверхности в пределах участков  $100 \times 14$  м.



# Построение сегментов

- Поскольку исходные измерения набора данных ATL08 представлены в виде ряда точечных измерений вдоль треков, было произведено их геометрическое преобразование до уровня сегментов с пространственным разрешением  $100 \times 14$  м.



# Территория исследования

- Выбран участок в Европейской части России. В пределах данной территории находятся пересекающиеся спутниковые лидарные данные, для части которых имеется информация о породе и продуктивности (бонитете) лесного покрова на уровне выделов. Для анализа использовались следующие породы: сосна, ель, береза, осина.
- Пересечения отфильтровывались по пороговой площади пересечения футпринта трека лидара ( $d=14\text{ м} \rightarrow S=196\text{ м}^2$ )

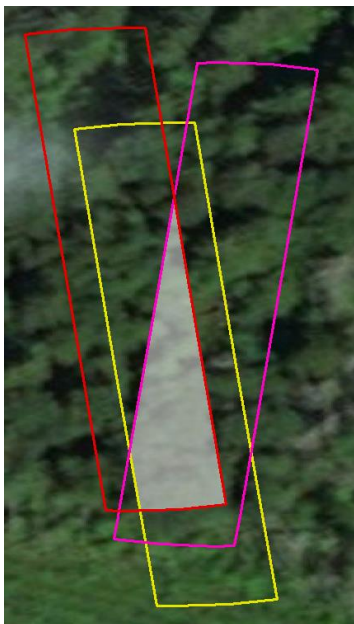
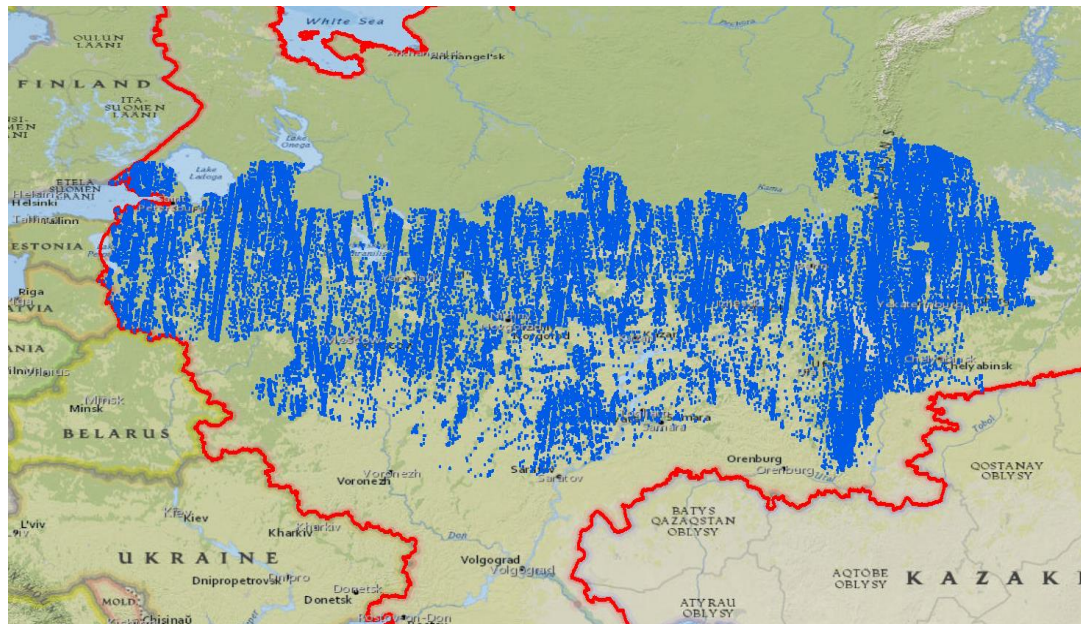


Иллюстрация пересечения 3 сегментов  
разновременных лидарных измерений

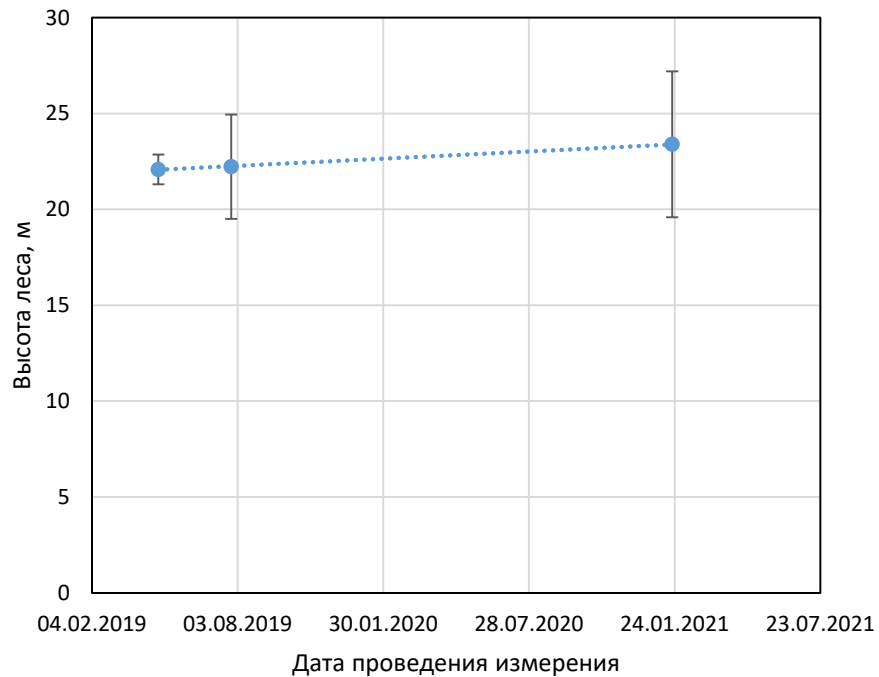


Красный: Границы территории России;  
Синий: Пересекающиеся лидарные данные.

# Примеры динамики высоты в пересечениях по данным ATL08

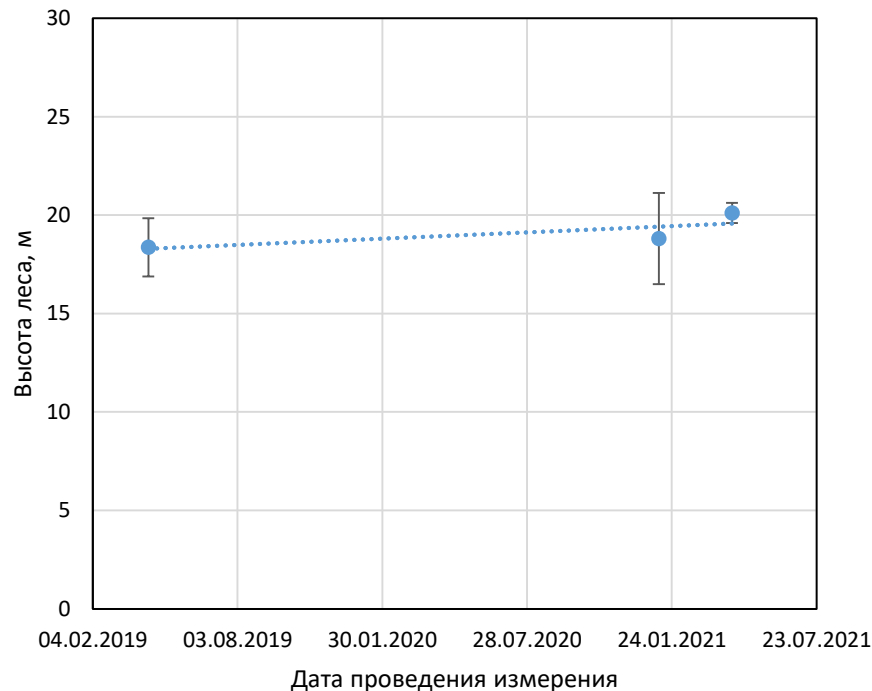
## Береза, 2 бонитет

$$y = 0.0021x - 69.156$$



## Сосна, 3 бонитет

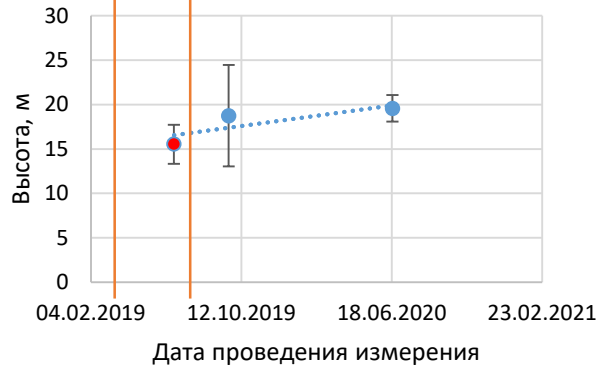
$$y = 0.0018x - 59.024$$



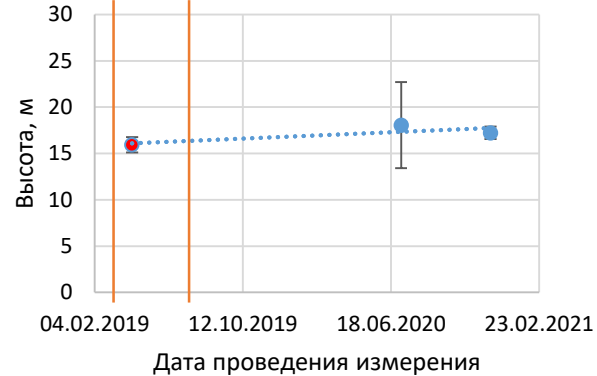
# Описание метода

- Лес одной породы и бонитета в одинаковых условиях имеет одинаковую динамику высоты.
  - 1) Отбираются пересечения, у которых первые (по дате) измерения проводились в период с 01.04.2019 по 01.07.2019;
  - 2) Пересечения разбиваются на классы по совокупности признаков: бонитет, порода, диапазон высоты первого измерения (1 метр);
  - 3) Для каждого класса проводится оценка значения прироста высоты леса;
- Тренды считаются с учетом весов, обратно пропорциональных значению неопределенности набора данных ATL08.

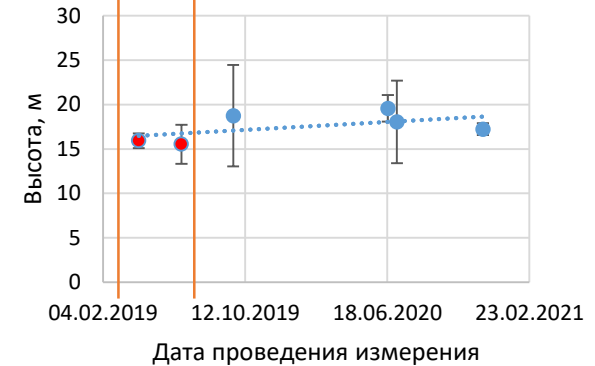
### Пересечение 1



### Пересечение 2



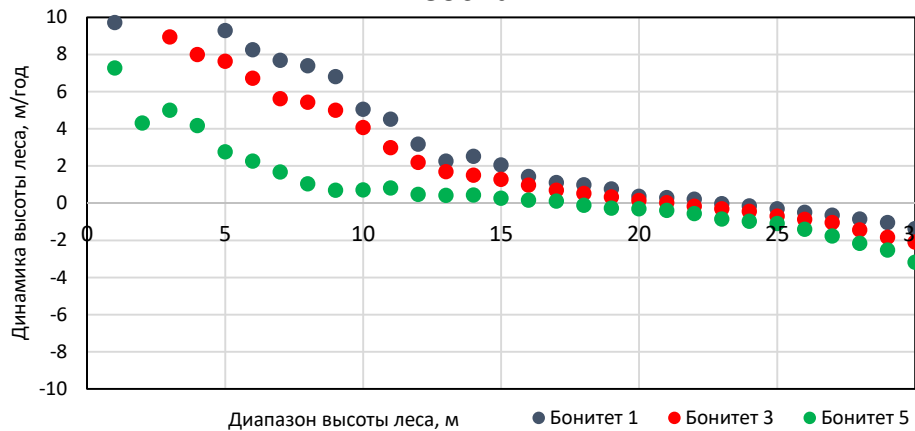
### Класс пересечений



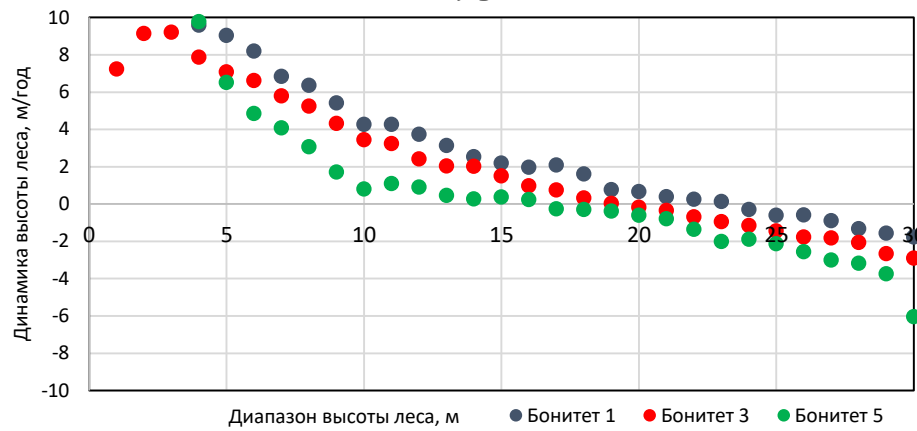
(Сосна, 2 бонитет, диапазон стартовой высоты: 15 метров)

# Зависимость динамики высоты леса для разных пород и бонитетов

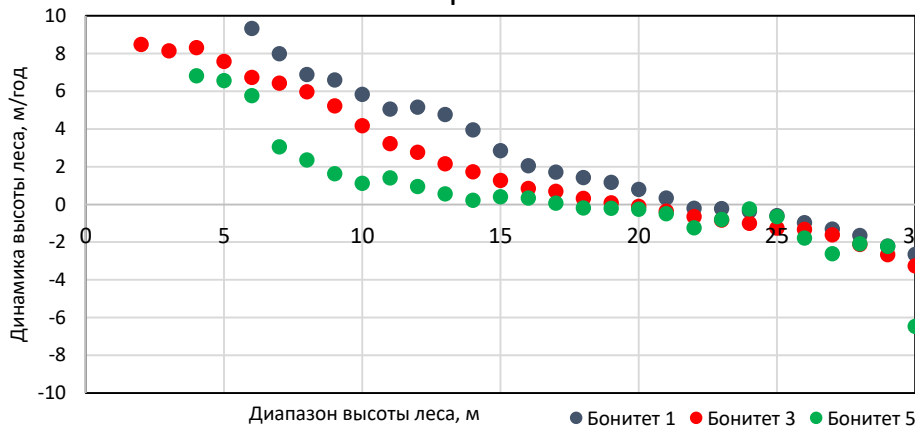
## Сосна



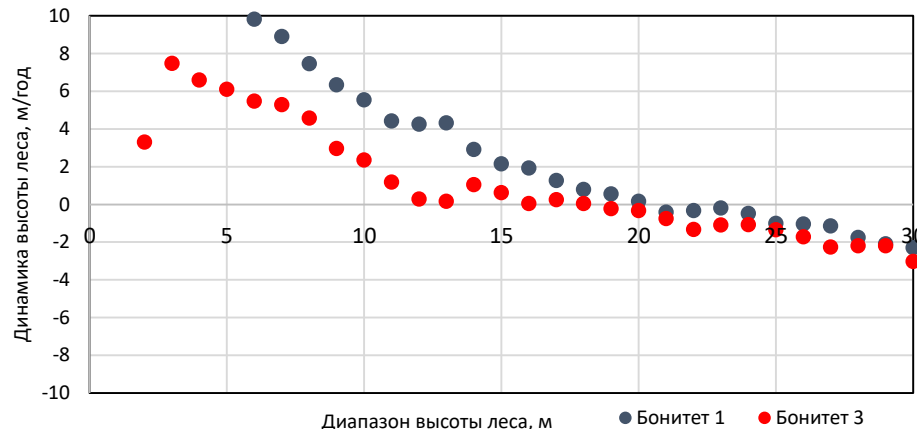
## Ель



## Береза

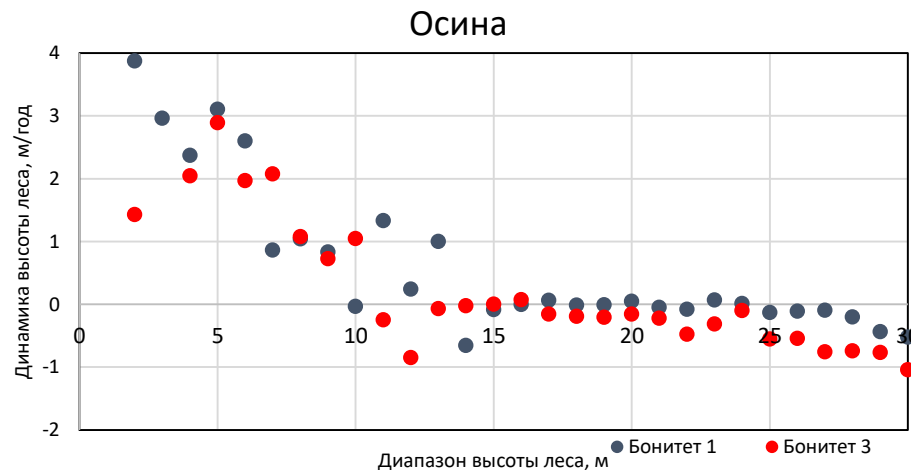
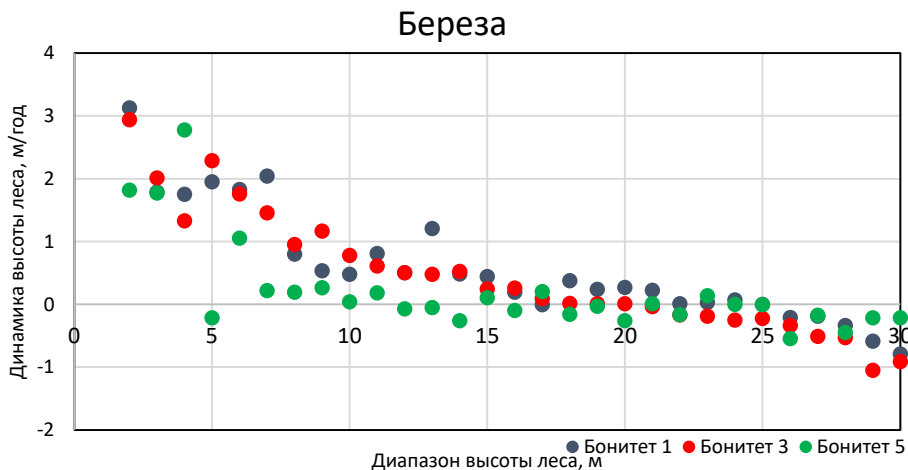
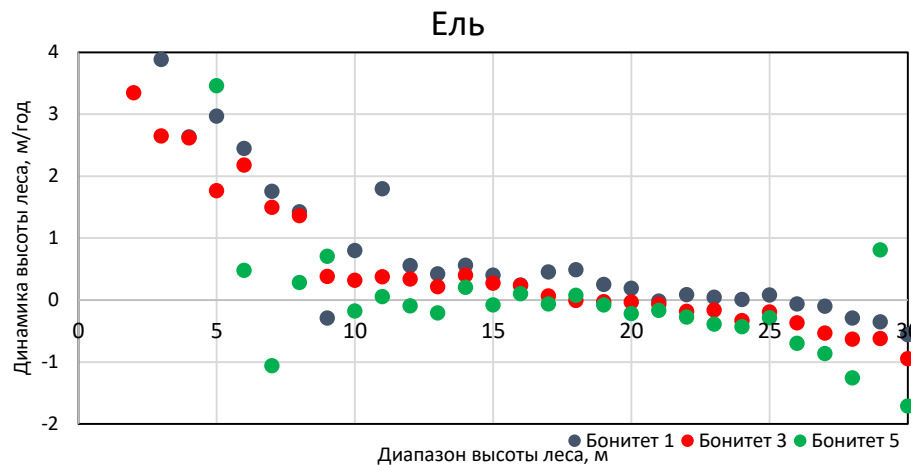
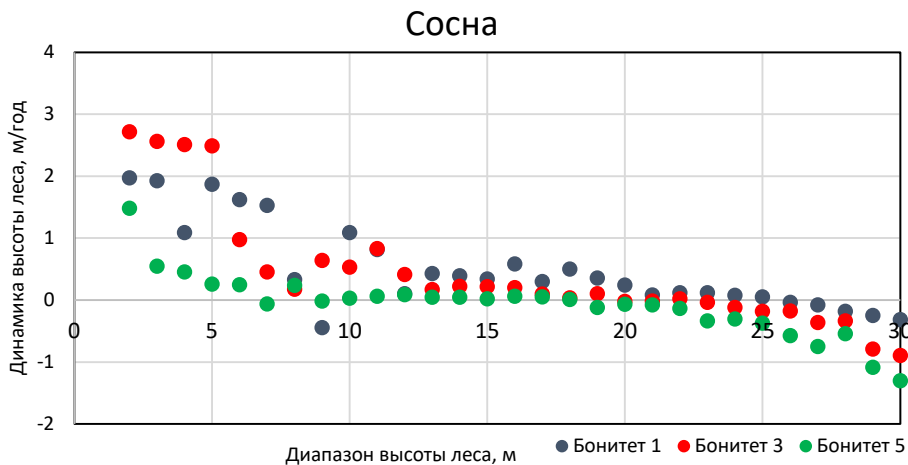


## Осина





# Отфильтрованные зависимости динамики высоты леса для разных пород и бонитетов



# Выводы

- Некоторые закономерности подтверждаются, но всё равно остаются явные расхождения с ожидаемой динамикой высоты леса: величина прироста на низких высотах и отрицательный прирост на больших высотах.
- Возможные причины расхождений:
  - 1) Влияние неоднородности участка леса;
  - 2) Ошибочность первого измерения в пересечениях;
  - 3) Неточность данных о породе и бонитете;
  - 4) Относительно малое количество измерений в диапазонах низких и высоких высот.



# Дальнейший план

- Точность подбора первых измерений для диапазонов;
- Использование более точных вспомогательных данных о породе и бонитете;
- Выбор однородных участков леса;
- Учет сезонности.

*Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 19-77-30015 «Разработка методов и технологии комплексного использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса для развития системы национального мониторинга бюджета углерода лесов России в условиях глобальных изменений климата». Обработка данных ДЗЗ в рамках проведенных исследований выполнялась с использованием ресурсов ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019).*