Югорский государственный университет

Лаборатория геоинформатики экосистем

Анализ временных рядов Landsat для оценки последствий засухи и вспышки короеда-типографа в смешанном лесу Московского региона

Данил Викторович Ильясов

Ю. В. Куприянова, Д. В. Ильясов, Г. Н. Копцик,
И. Е. Смирнова, М. С. Кадулин, С. В. Копцик

Югорский государственный университет · МГУ имени М. В. Ломоносова d_ilyasov@ugrasu.ru

Задача исследования

Как восстановить масштаб и время нарушений?

Наземные измерения

Запас древесины, состав древостоя
Повторные обследования трёх участков

Спутниковый архив

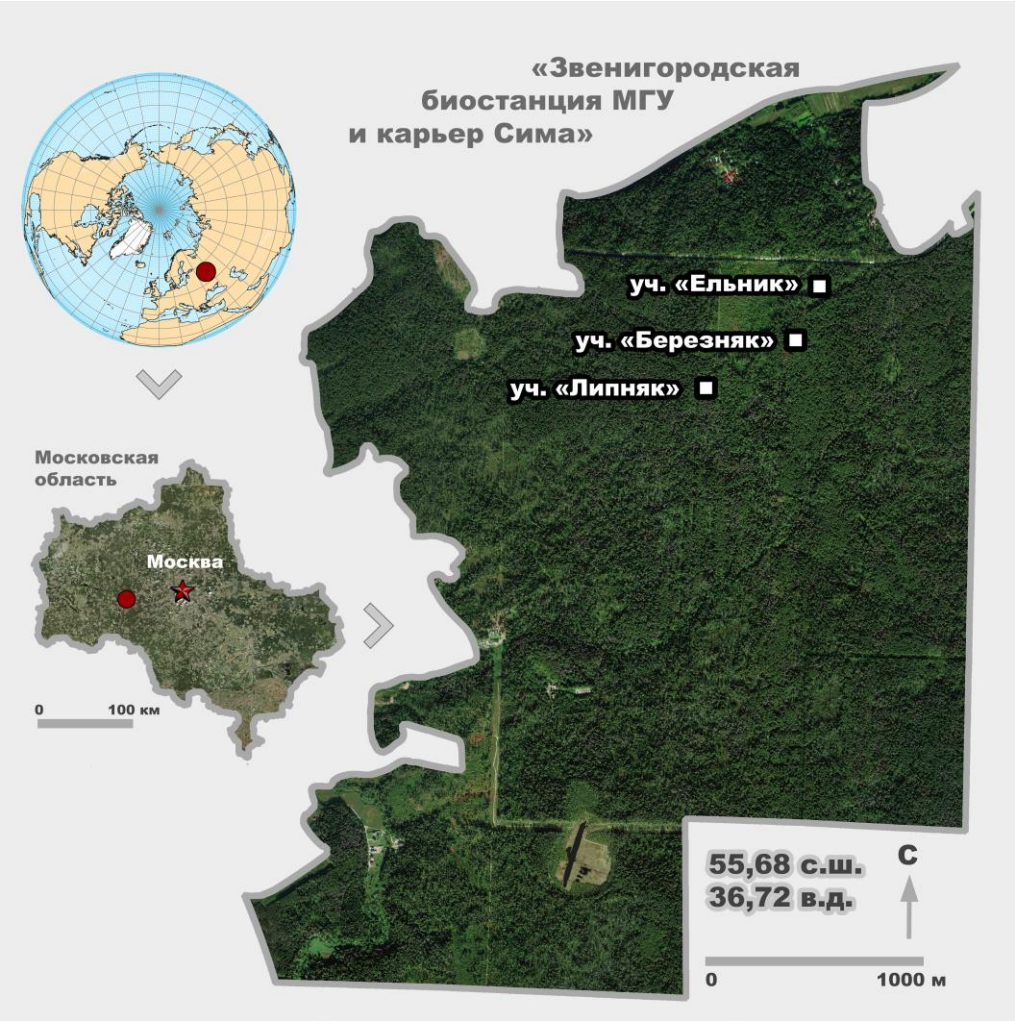
Пространственное покрытие
Длительная история наблюдений

Засуха 2010 года

Вспышка короеда 2011–2013 годов

Показатель исследования: запас стволовой древесины V, м³/га

Территория и наземные участки



Карта: рис. 1 статьи

1117 га

Заказник «Звенигородская биостанция МГУ и карьер Сима» Московская область

Три площадки по 30 × 40 м

«Ельник» «Березняк» «Липняк»
Названия площадок постоянны, породный состав меняется

Наземная динамика запасов древесины

Запас стволовой древесины, м³/га

Участок	2009	2016 / 2017	2023
Ельник	418	238	259
Березняк	389	495	439
Липняк	362	93	139

Сильные потери в «Ельнике» и «Липняке»
Сглаженная динамика в «Березняке»

Наземные данные: табл. 1. Второй срок: 2016 г. для «Ельника» и «Березняка», 2017 г. для «Липняка»

Спутниковый архив Landsat

25 лет наблюдений в интервале 1991–2025



30 м

Размер пикселя

Июнь–сентябрь

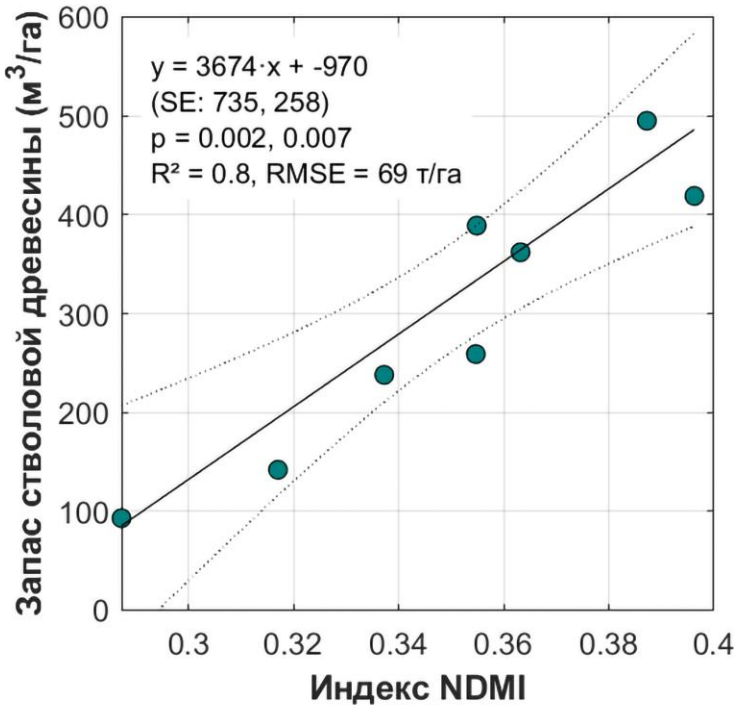
Летние композиты

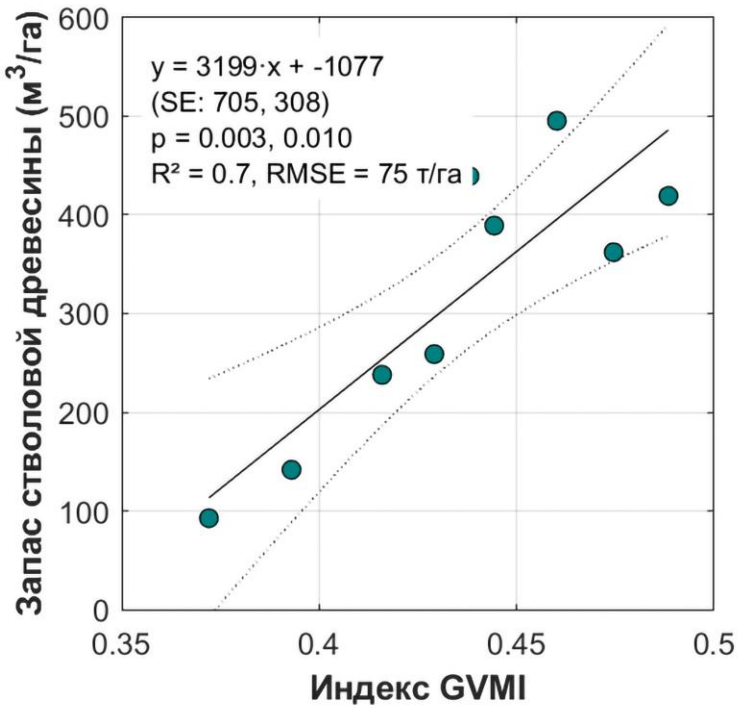
10 индексов

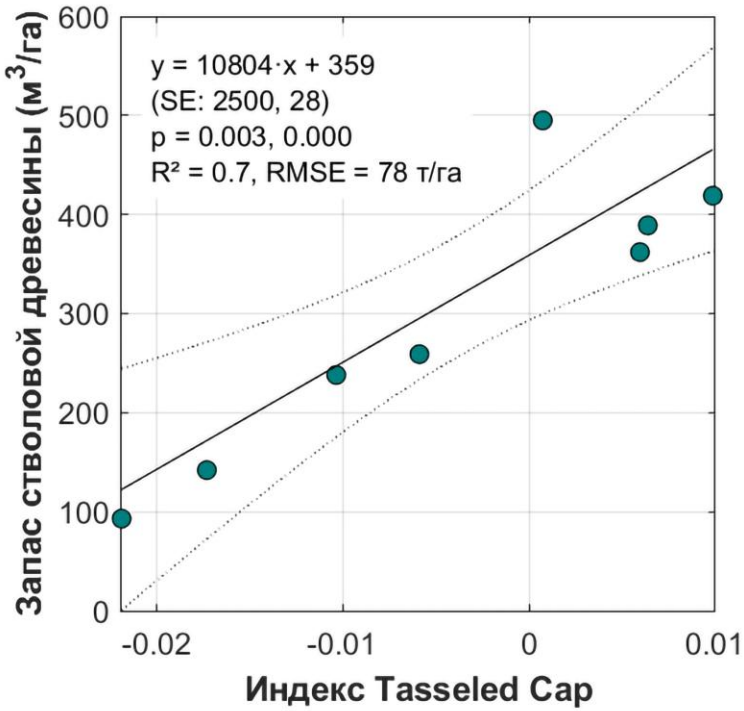
Окно 3 × 3 пикселя

Источник: раздел «Дистанционные данные». Окно сопоставления около 90 × 90 м

Регрессии запаса древесины на спектральные индексы







3 участка × 3 срока

Общая пространственно-временная выборка

Медиана трёх оценок V

NDMI, GVMI, TCap; диапазон 0–600 м³/га

Рис. 2. RMSE: 69, 75 и 78 м³/га. «т/га» в исходном рисунке — опечатка. Ошибки калибровки

Резкие изменения и постепенные тренды

Перелом

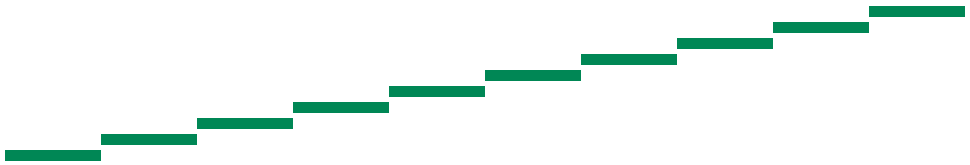
Один наиболее значимый переход
Сравнение периодов до и после



ΔV = медиана после − медиана до

Тренд

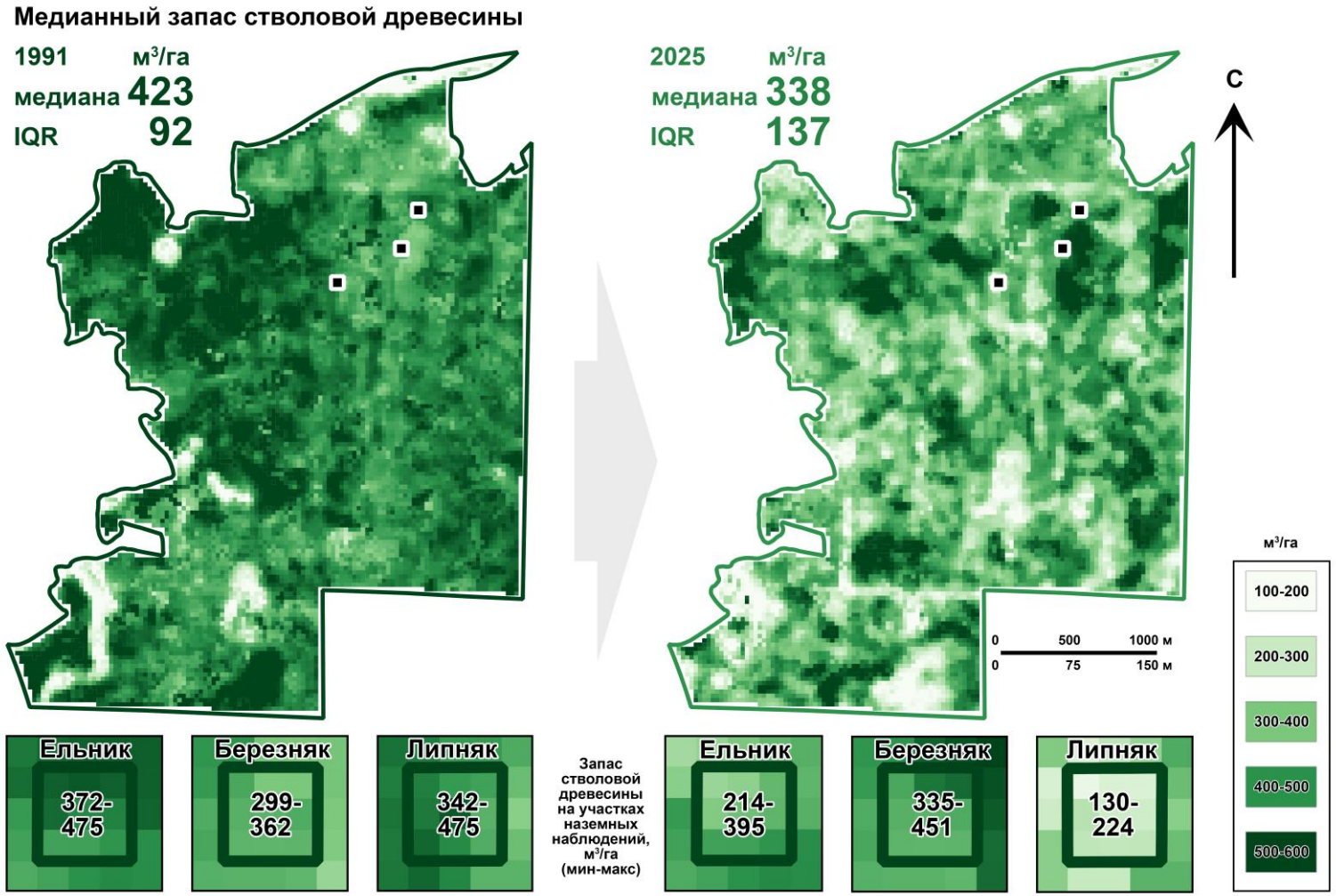
Постепенное изменение
за весь период наблюдений



ΔV = Vтренд(2025) − Vтренд(1991)

Порог p < 0,05. При совпадении классов приоритет у перелома. Схемы условные

Пространственно-временная динамика запасов



423 → 338

м³/га

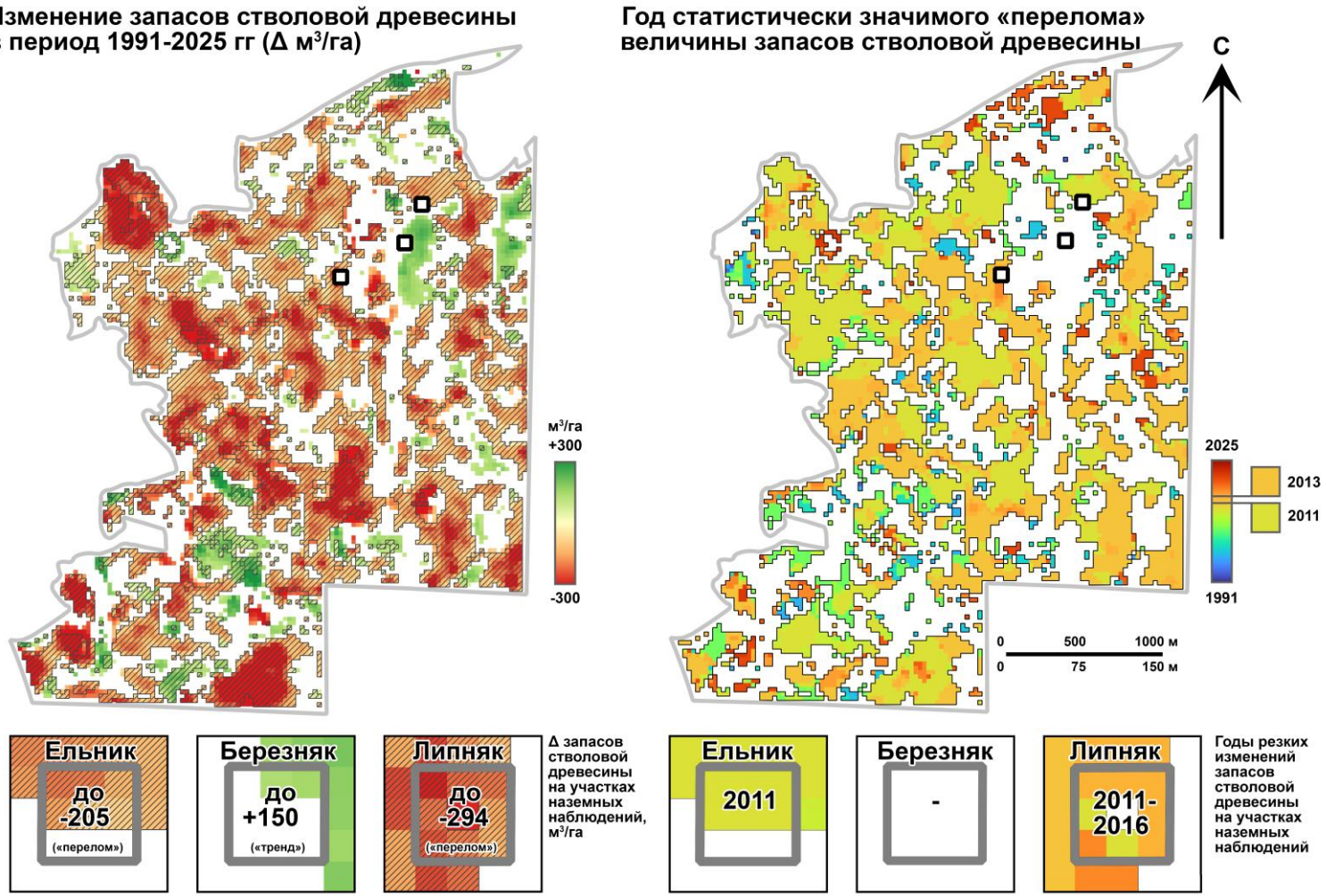
−85 м³/га

≈ −20%

IQR: 92 → 137
Неоднородность выросла

Рис. 3. Обобщённые карты «до / после»: медианы периодов, оценки трендов и медианы стабильных пикселей

Масштаб и время лесных нарушений



≈ 60%

площади со значимыми изменениями

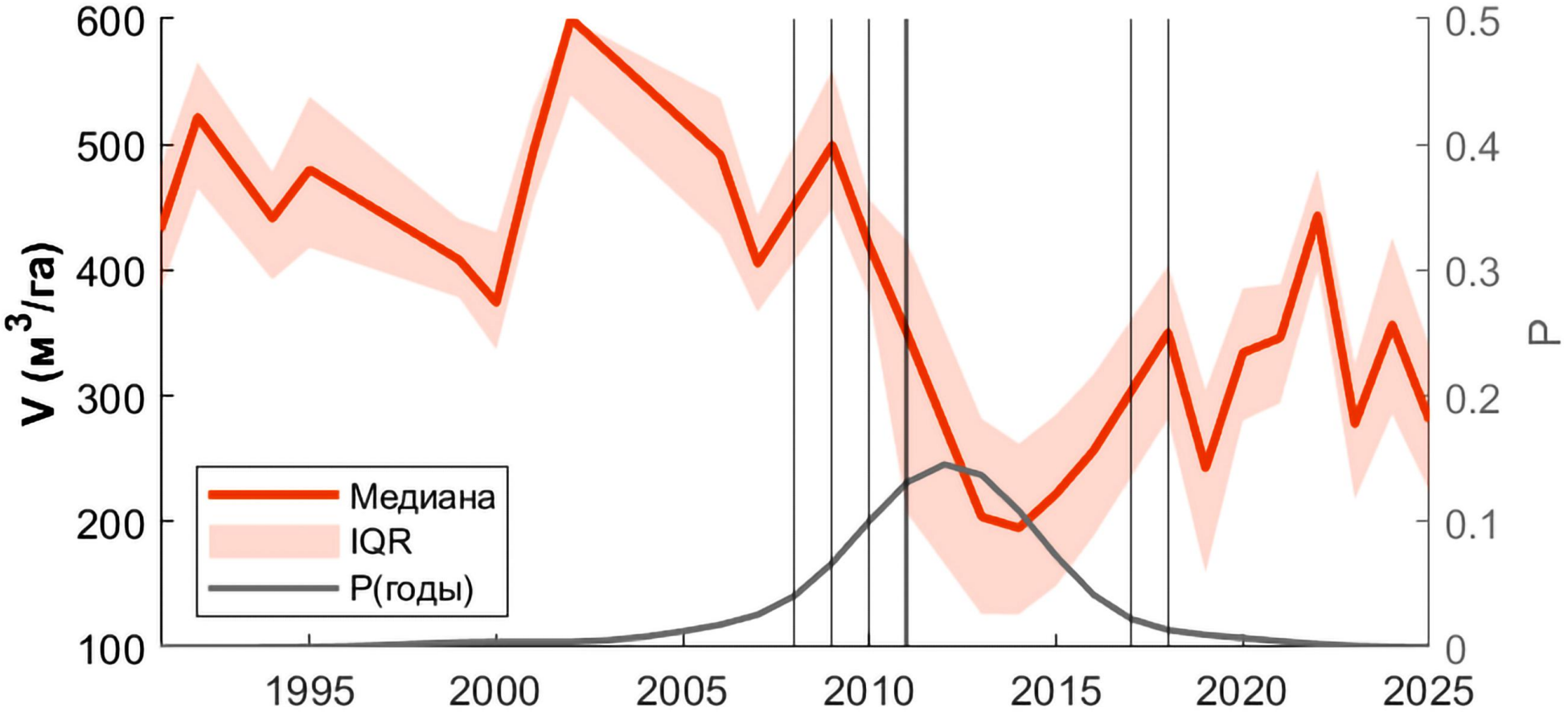
48% переломы
12% тренды

2011–2013

основной период резких потерь

Рис. 4. Проценты от всей площади заказника. На левой карте переломы выделены штриховкой

Временной ряд снижения запасов



2010

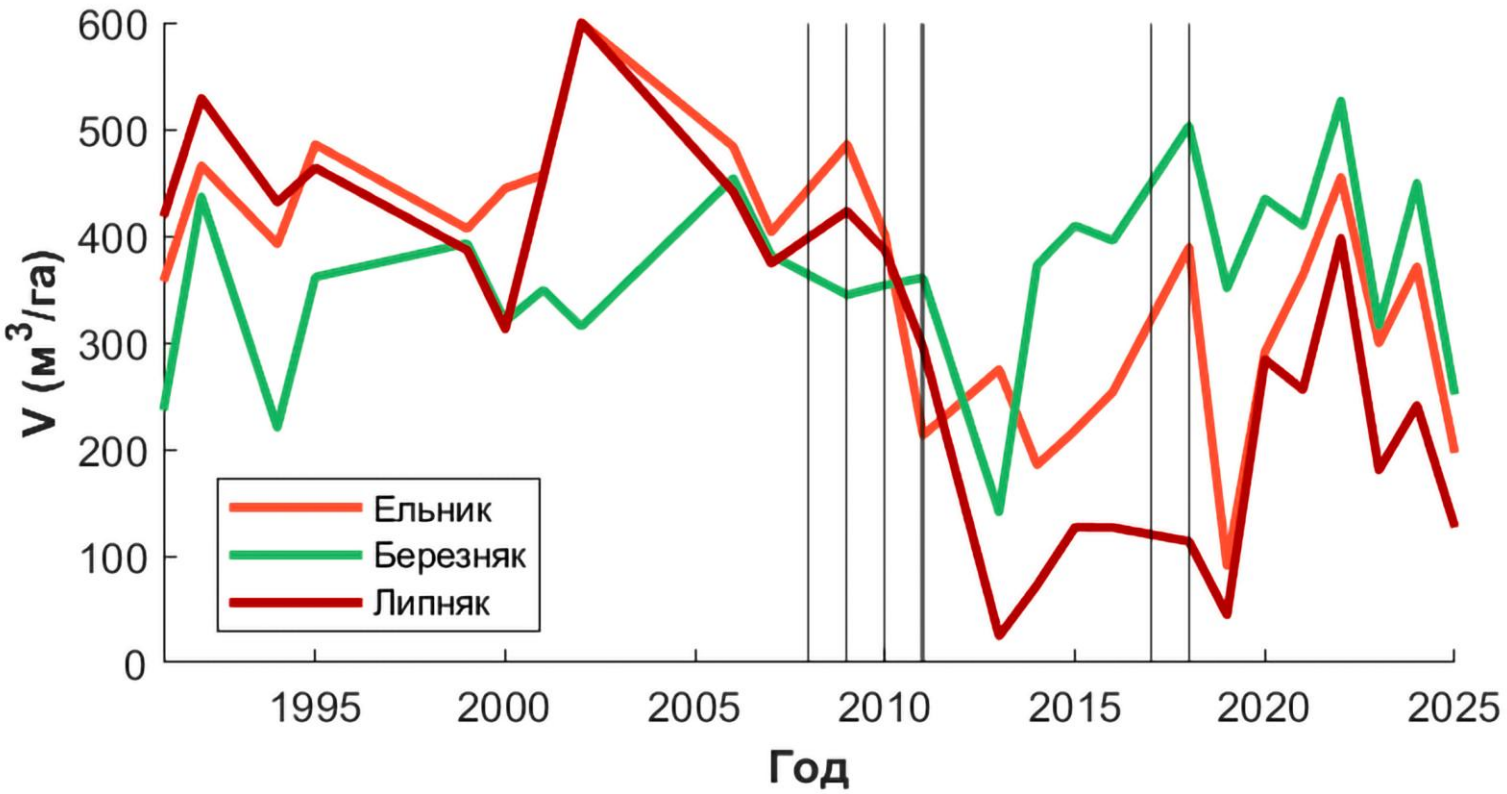
Засуха

2011–2013

Вспышка короеда

Фрагмент рис. 5. Оранжевая линия: медиана V. Заливка: IQR. Серая кривая: плотность годов переломов

Контраст между участками мониторинга



Связь с рядом падения

Ельник ρ = 0,91
Липняк ρ = 0,95

Связь с рядом роста

Березняк ρ = 0,48

Фрагмент рис. 5. Спутниковые оценки для окрестностей участков, не прямая наземная таксация

Как мы учитывали малую наземную выборку

Выборка разных состояний

3 участка × 3 срока; одна простая зависимость для всех наблюдений

Медианный ансамбль

Три индексные оценки уменьшают зависимость от одной модели

Физические ограничения

Итоговые оценки в диапазоне 0–600 м³/га

Формальные правила динамики

Манна–Уитни для переломов; наклон Сена и тест Кендалла для трендов

Это меры устойчивости процедуры. Независимая проверка переноса модели остаётся следующим шагом

Распределение величины изменений

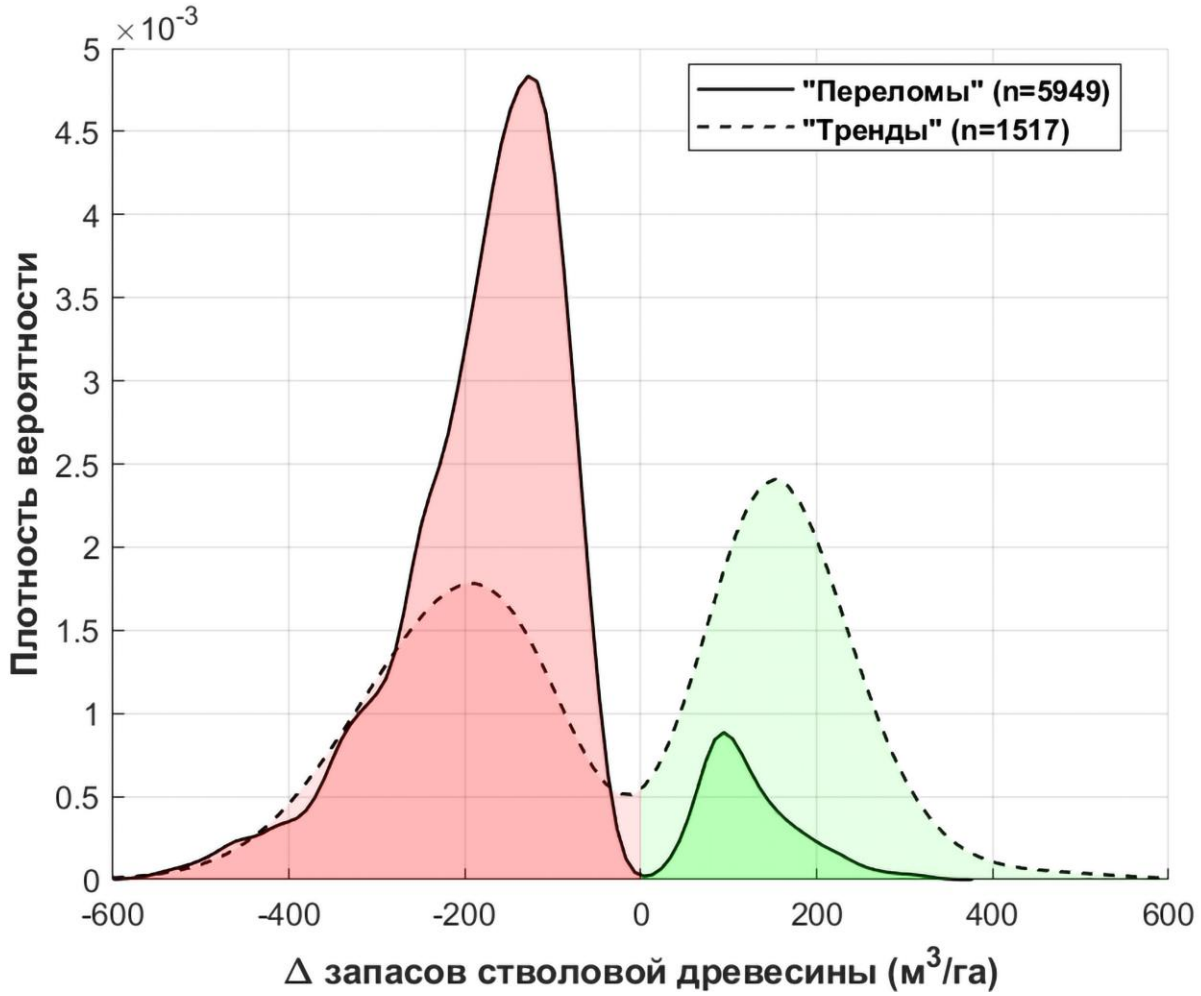


Рис. 6. Число пикселей не равно числу независимых наземных наблюдений

Переломы

Преобладает снижение запасов древесины

Тренды

Рост и снижение более сбалансированы

Основные выводы

423 → 338 м³/га

Снижение медианы обобщённых оценок запаса древесины

≈ 60% территории

Значимые изменения; резкие потери преимущественно в 2011–2013 гг.

Карты помогают выбирать зоны для дальнейших наземных обследований

РНФ № 25-17-20042 · Проект № 123030300031-6
Государственное задание № АААА-А20-120092490029-8

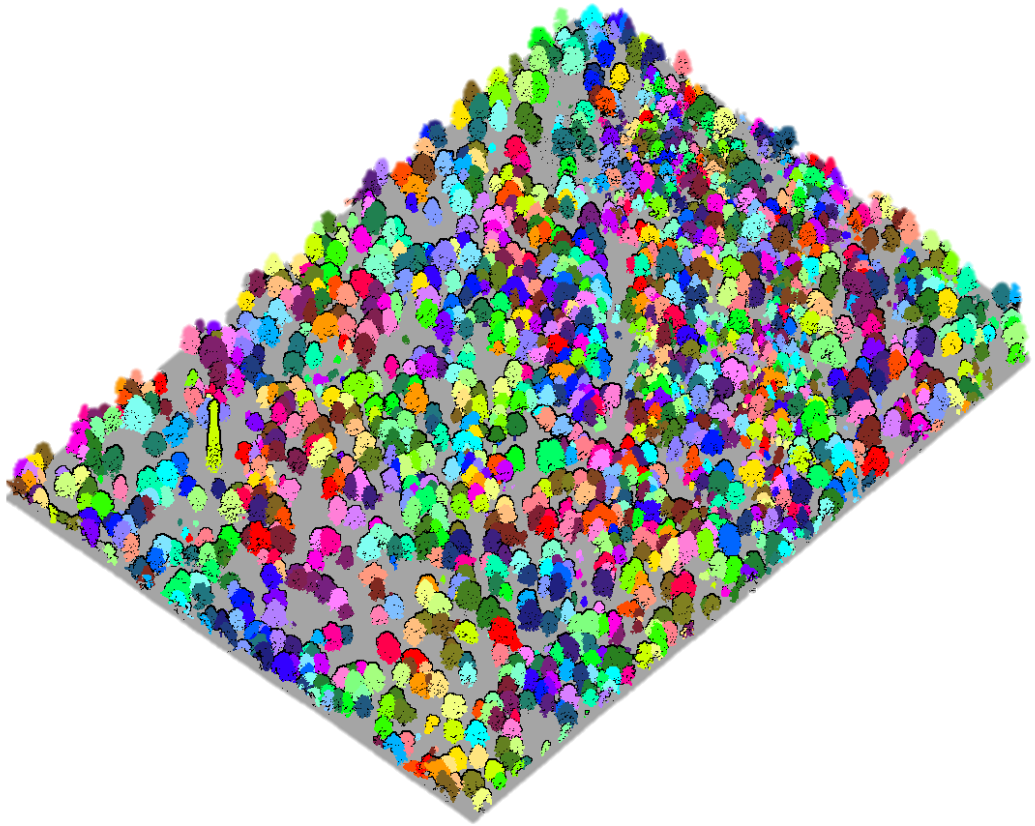
Спасибо за внимание!

Дополнение: определения и проверка модели

Показатель	Что означает
V, м³/га	Объём стволовой древесины на единицу площади
RMSE	Ошибка регрессии на калибровочной выборке
IQR	Межквартильный размах пространственных оценок
ρ Спирмена	Сходство формы временных рядов
ΔV при переломе	Разность медиан периодов после и до изменения

Резерв для обсуждения. В 15 минут основного доклада не входит

Дополнение: БПЛА и лидар



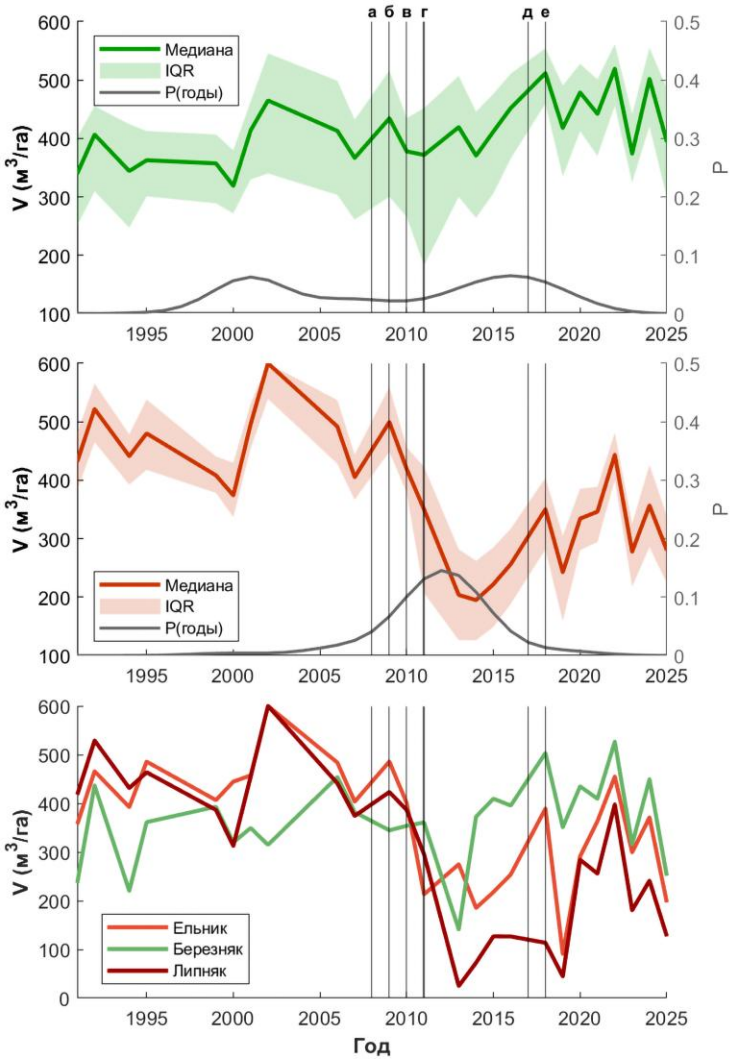
Современная структура леса

Высота и распределение крон
Сегментация отдельных деревьев
Уточнение наземной выборки

Перспектива развития

Иллюстрация из заготовки. Лидар не использован в расчётах статьи

Дополнение: временные ряды роста и снижения



Верхний ряд: рост

Средний ряд: снижение

Нижний ряд: участки мониторинга

Линия: пространственная медиана V
Заливка: межквартильный размах
Серая кривая: плотность годов переломов

Рис. 5 полностью. В основном докладе фрагменты показаны крупнее на слайдах 10 и 11