

Восемнадцатая Всероссийская Открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
16 – 20 ноября 2020, ИКИ РАН

Оценка показателей горизонтальной структуры лесов по данным спутниковой системы MODIS

Ховратович Т.С., Барталев С.А.

Институт космических исследований РАН
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН

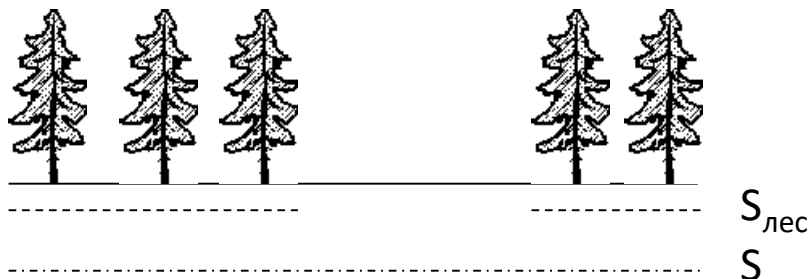


Основные используемые показатели горизонтальной структуры лесов

Название	Определение	Область применения
Лесистость	Отношение покрытой лесом площади к общей площади территории	Макро уровень (лесхоз, район, страна)
Проективное покрытие древесного полога	Отношение сумм площадей горизонтальных проекций крон деревьев к занимаемой площади	Макро (лесхоз, район, страна) и локальный (выдел, насаждение) уровни
Сомкнутость крон	Отношение сумм площадей горизонтальных проекций крон деревьев с учетом их перекрытия и без учета просветов внутри крон к занимаемой площади	Локальный уровень (выдел, насаждение)
Относительная полнота	Отношению абсолютной полноты древостоя к показателю абсолютной полноты эталонного (нормального) древостоя для определенной породы, возраста и бонитета, взятого из соответствующих таблиц хода роста	Локальный уровень (выдел, насаждение)

*Абсолютная полнота древостоя = сумма поперечных сечений стволов на высоте 1,3 м в м² на 1 га

Связь между показателями горизонтальной структуры лесов



$$S_{\text{лес}} = S_{\text{межкр}} + \sum_{i=1}^n (S_{\text{кр}}^i + S_{\text{внтркр}}^i),$$

где $S_{\text{межкр}}$ – площадь, не покрытая кронами деревьев (без учета просветов внутри крон), $S_{\text{кр}}^i$ – площадь кроны i -го дерева без просветов внутри кроны, $S_{\text{внтркр}}^i$ – площадь внутрикроновых просветов для кроны i -го дерева

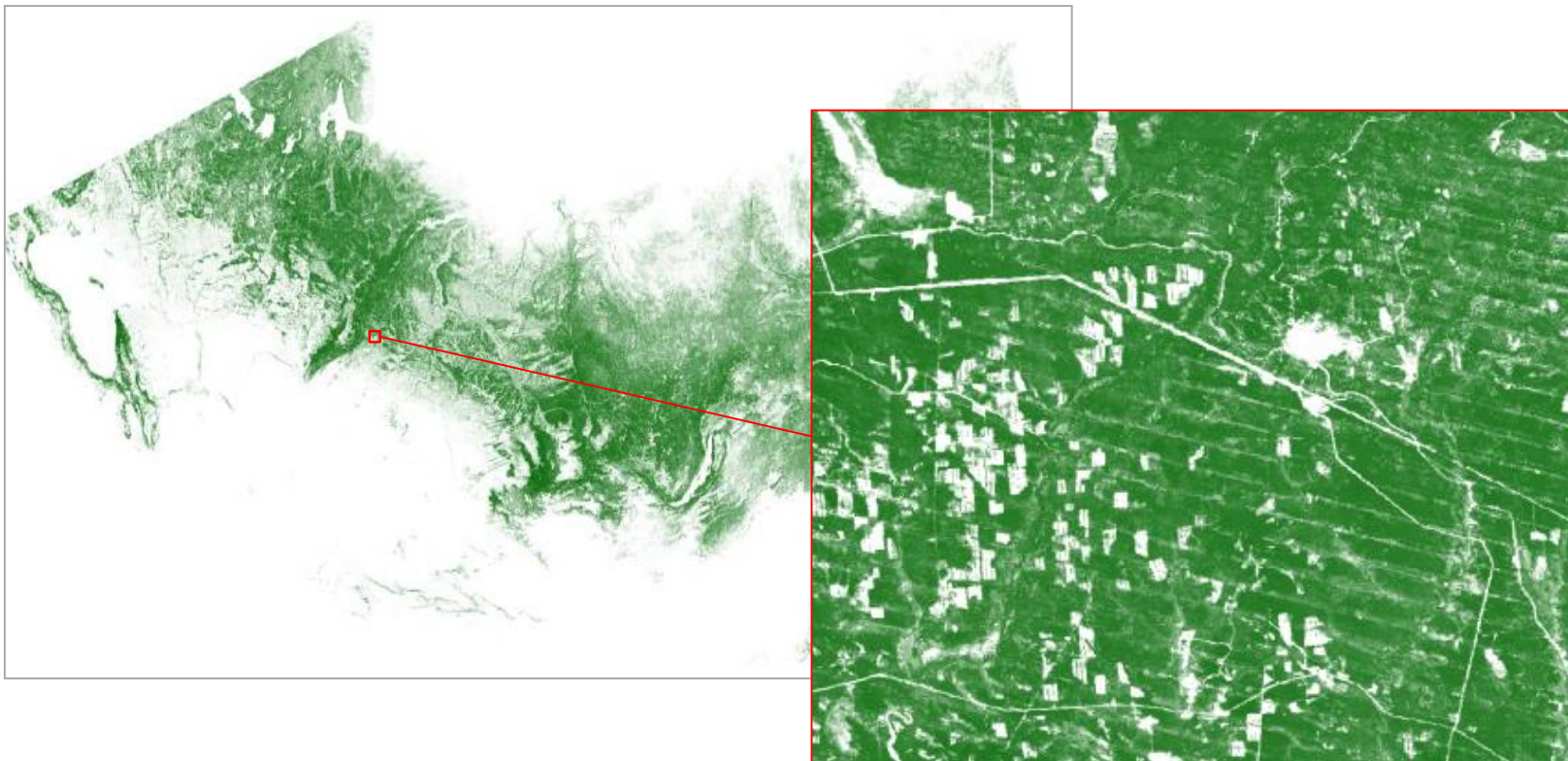
Лесистость – $L \stackrel{\text{def}}{=} \frac{S_{\text{лес}}}{S}$

Сомкнутость леса – $fTC \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\sum_{i=1}^n (S_{\text{кр}}^i + S_{\text{внтркр}}^i)}{S_{\text{лес}}}$

Проективное покрытие крон леса – $TC \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{кр}}^i}{S}$

Пусть μ – величина, характеризующую проницаемость кроны для рассматриваемой породы, то есть $S_{\text{внтркр}}^i = \mu S_{\text{кр}}^i$, тогда $TC = \frac{fTC}{1+\mu} L$.

Landsat Tree Cover 2010



Характеристика данных

Доля проективного покрытия кронами деревьев выше 5 м в пикселе данных

Пространственный охват

Российская Федерация

Основные ограничения

- Не ежегодные данные
- Наличие аппаратных шумов
- Временная неопределенность пикселя данных 5 лет.

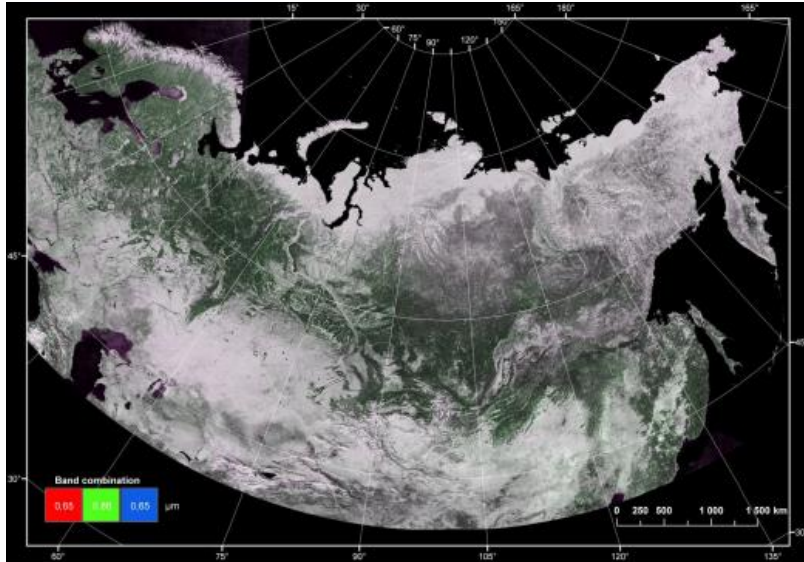
Источник данных

GLAD UMD (<https://glad.umd.edu/>)

Hansen et al. (2013) High-resolution global maps of 21-st-century forest cover change. Science, 342, 850-853.

Используемые спутниковые данные

Композитное изображение MODIS с наличием
снежного покрова, 2010 год



- Сформирован временной ряд композитных изображений, очищенных от облаков и теней, с наличием снежного покрова с 2001 по 2019 год
- Проведена локально-адаптивная взаимная нормализация построенного набора данных для устранения межгодовых неоднородностей, вызванных глубиной и состоянием снежного покрова

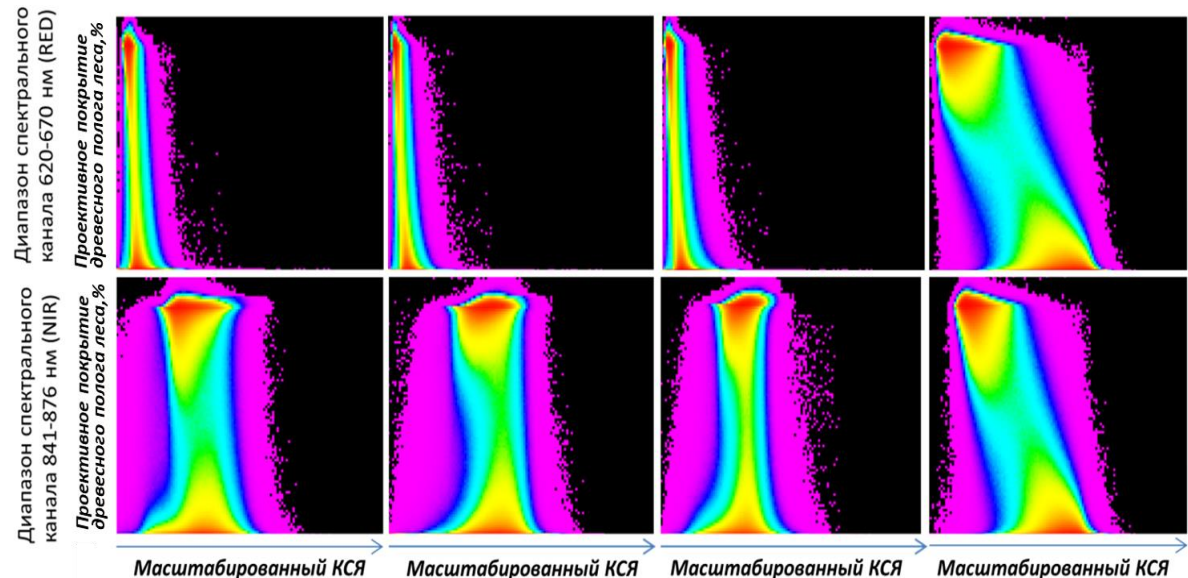
Весна
15.04-15.06

Лето
15.06-15.08

Осень
15.08-15.10

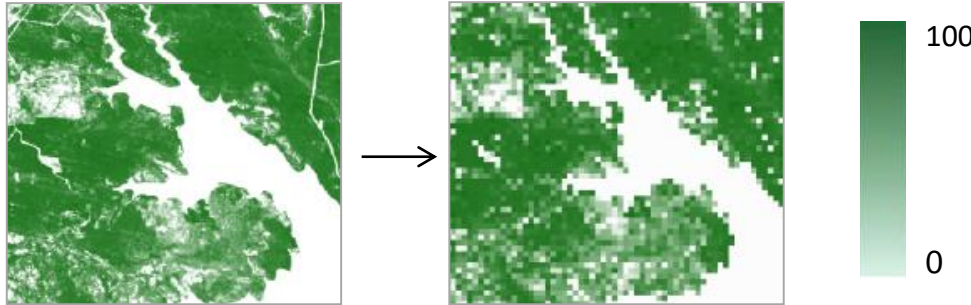
Зима
1.01-1.04

Двумерные гистограммы рассеяния между данными проективного покрытия крон Tree Cover 2010 и коэффициента спектральной яркости (КСЯ) разносезонных данных MODIS

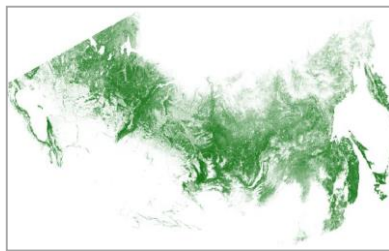


Построение обучающей выборки на основе данных Tree Cover 2010

Проективное покрытие, 30м Проективное покрытие 230м

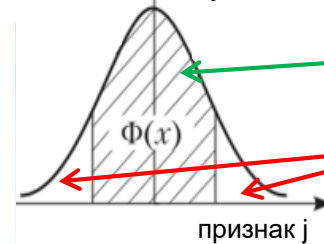
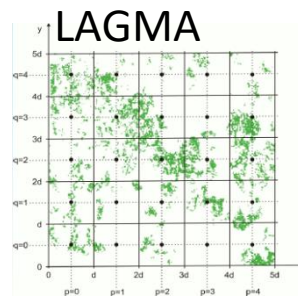


Проективное покрытие 230 м, 2010



Классы

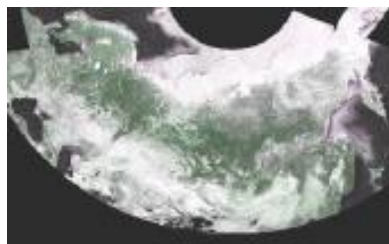
Гистограмма распределение значений признака j элементов обучающей выборки для класса i



Оставляем в выборке

Удаляем из выборки

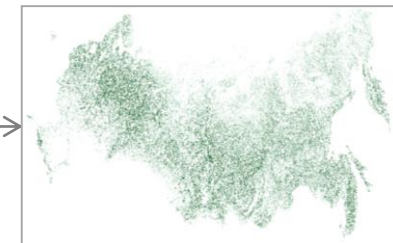
Композитное изображение, 2010



Признаки

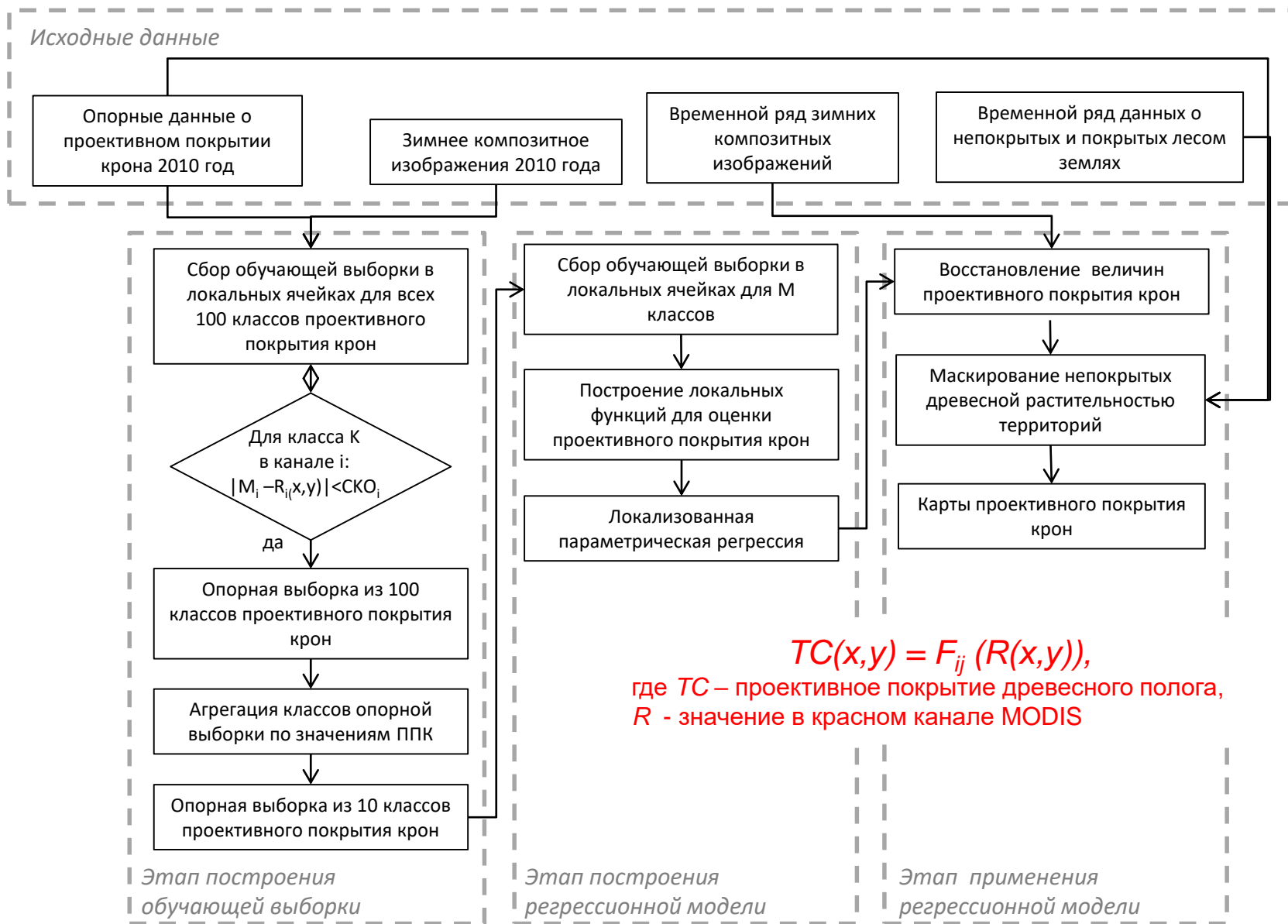
- локализованный сбор элементов выборки
- вычисление значений признаков
- удаление из исходной выборки элементов со значениями признаков, выходящими за построенные пороги

Пространственно-распределенная обучающая выборка



Спектральные каналы: 0,62-0,67 мкм (красный)
0,84-0,88 мкм (ближний ИК)

Метод оценки проективного покрытия крон древесного полога леса



Метод оценки лесистости территории: модель спектральных смесей



$$TC_p = TC_f L + TC_b (1-L),$$

где TC_p – проективное покрытие древесного полога леса, L – лесистость территории,
 TC_f – среднее значение проективного покрытия древесного полога леса («лес»),
 TC_b – среднее значение проективного покрытия древесного полога для непокрытых лесом земель («не лес»)

Метод оценки лесистости территории: оценка значений чистых компонент



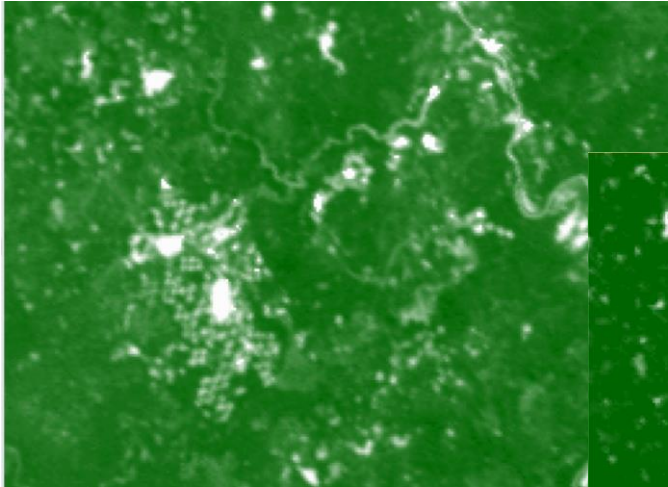
- Локализованная оценка значений чистых компонент в узлах регулярной сети
- Выбор значения чистой компоненты «лес» на основе породы, представленной в карте преобладающих пород России*

* Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России // М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.

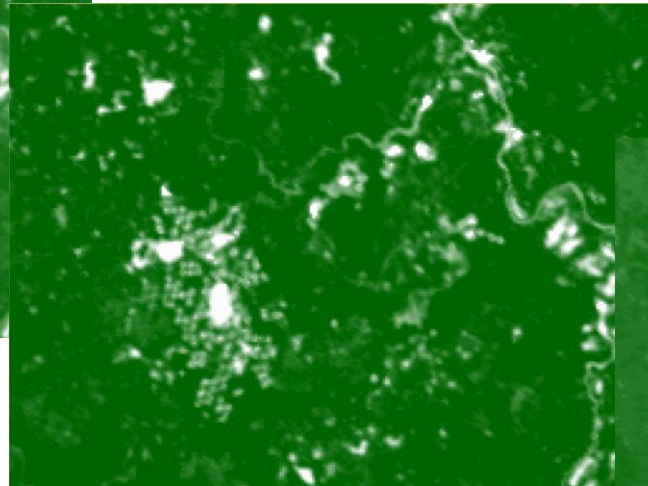
Метод оценки сомкнутости крон

$$\text{Сомкнутость крон} = \frac{\text{Проективное покрытие древесного полога леса}}{\text{Лесистость территории}}$$

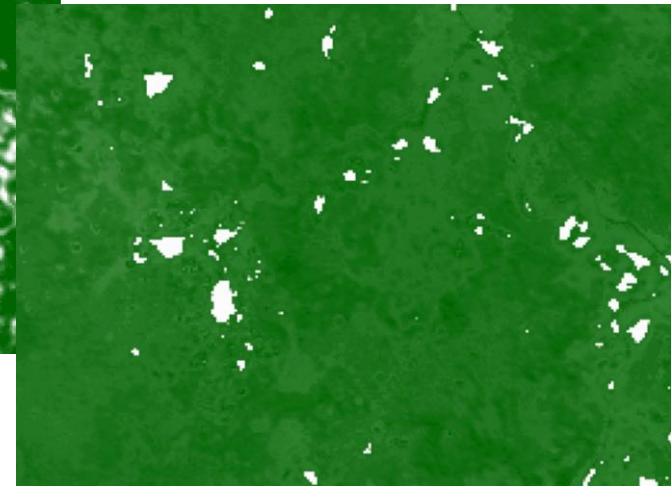
Фрагмент карты проективного
покрытия древесного полога леса



Фрагмент карты
лесистости территории



Фрагмент карты
сомкнутости крон

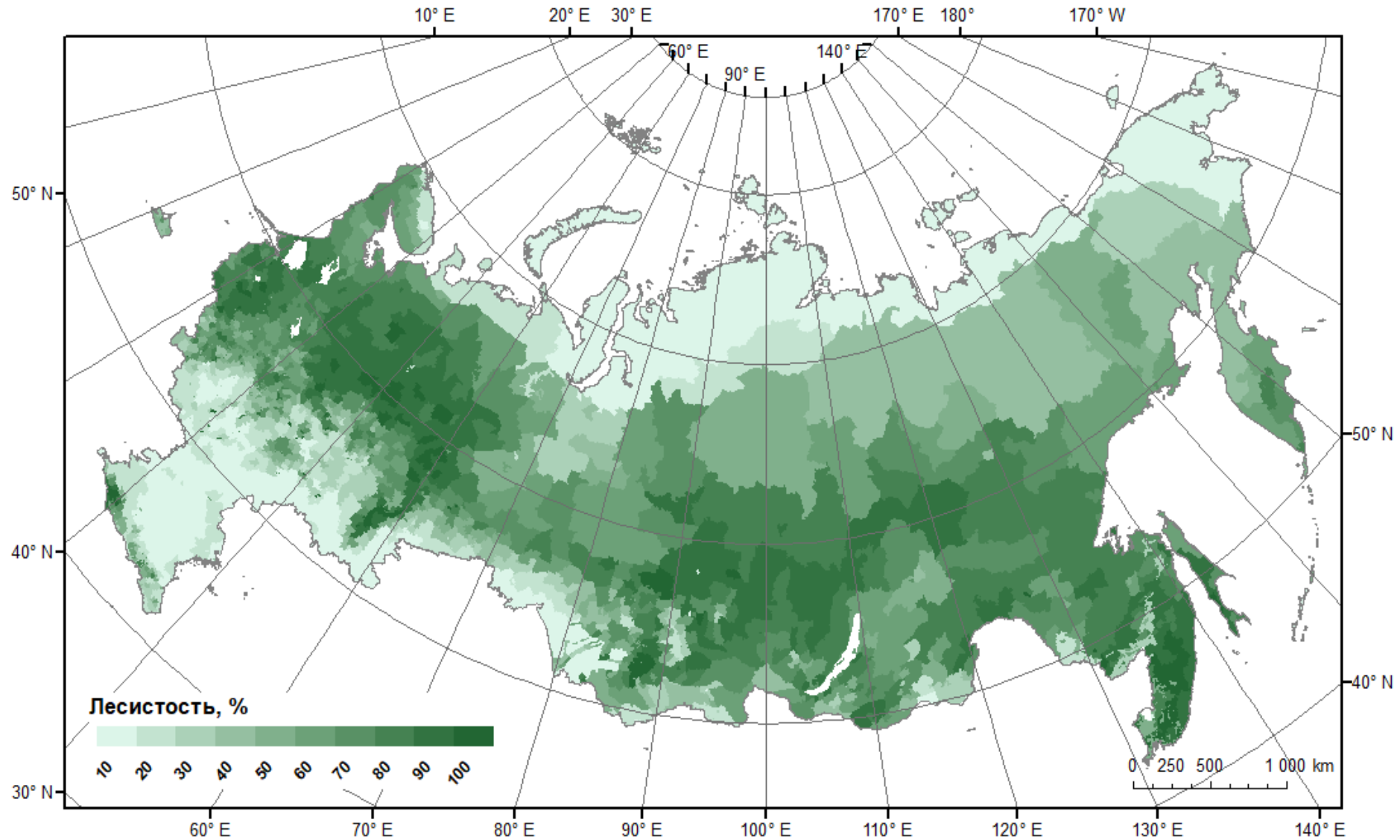


Примеры построенных продуктов



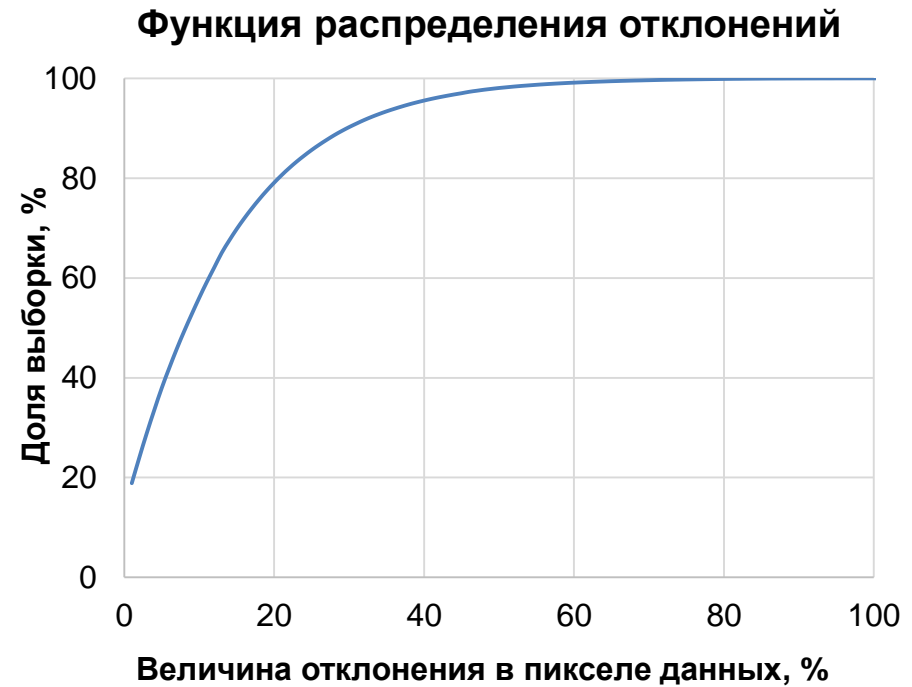
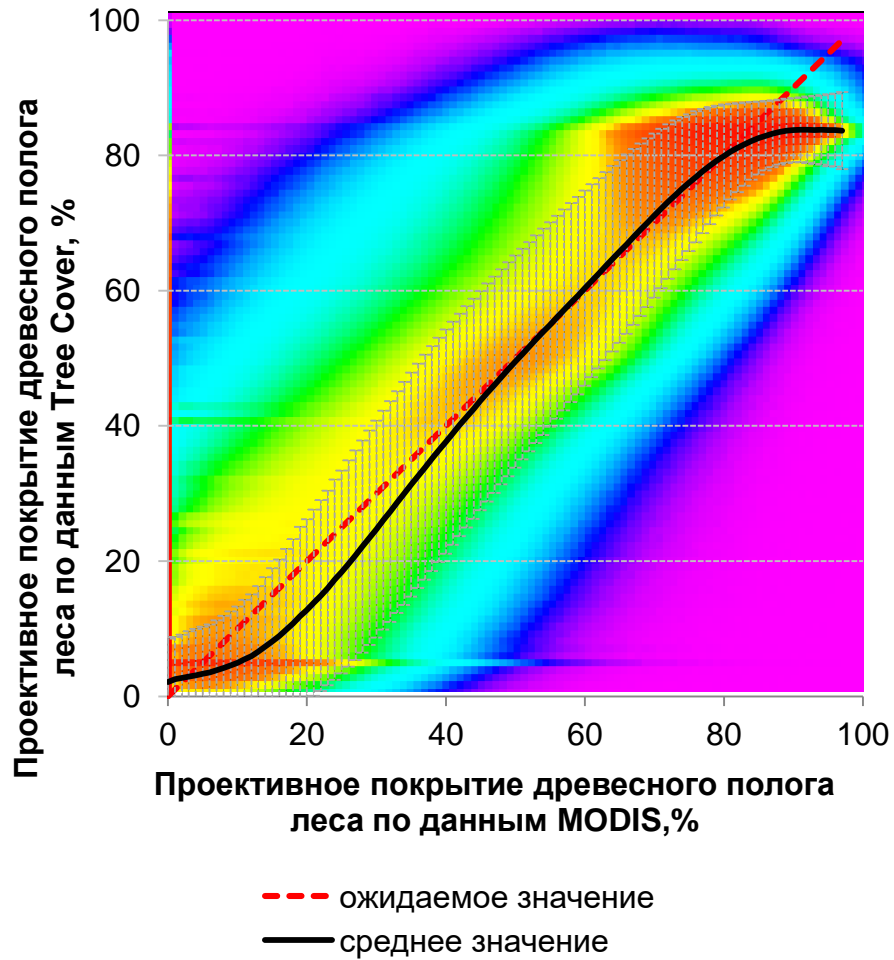
Карта проективного покрытия крон полога леса России за 2010 год

Примеры построенных продуктов



Карта лесистости России в разрезе лесничеств за 2019 год

Сравнение карты проективного покрытия крон с данными Tree Cover



Среднее значение отклонения – 9%

Оценка устойчивости временного ряда проективного покрытия древесного полога

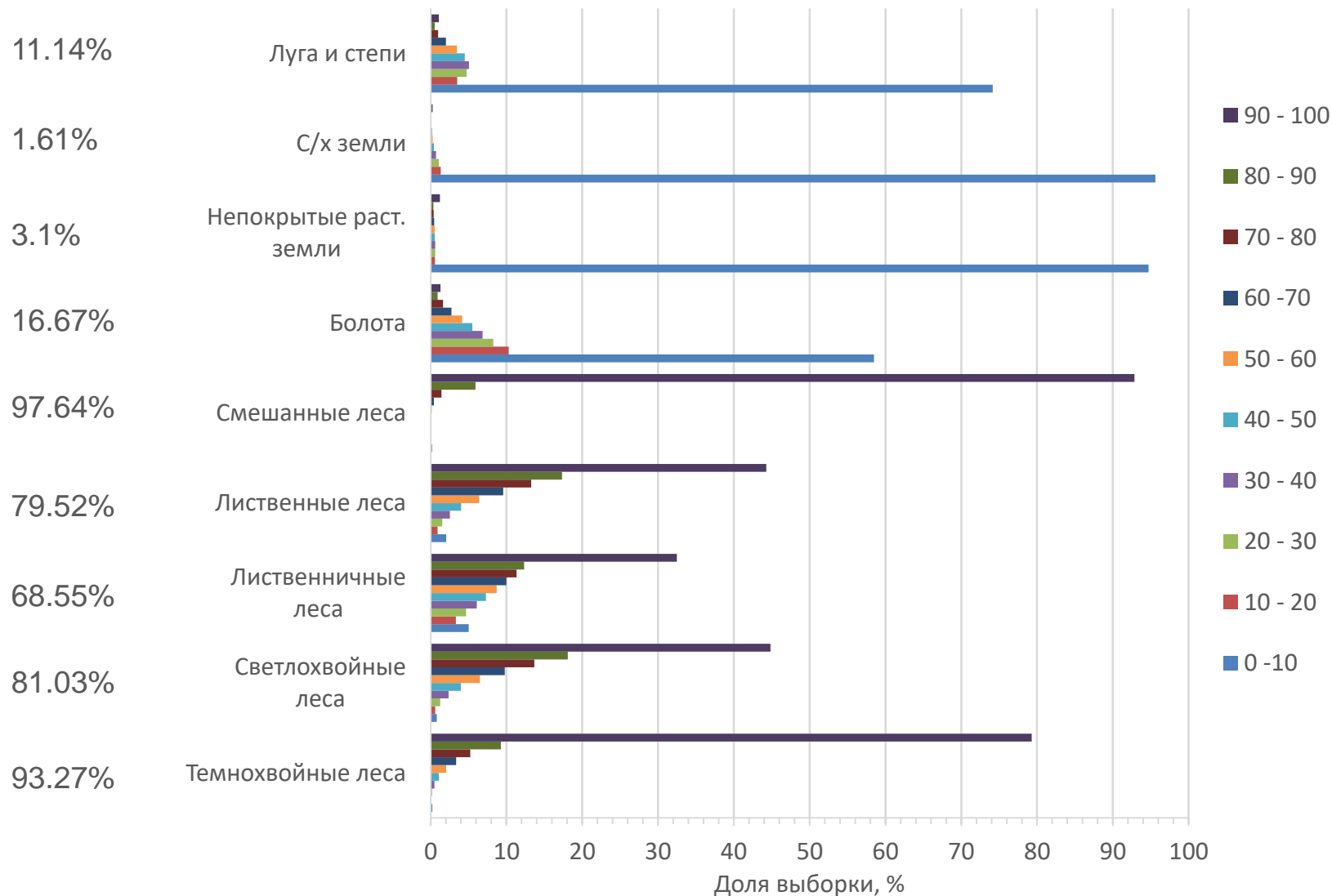


91% лесов имеет стандартное отклонение по времени <1%

Среднее стандартное отклонение по времени по всей выборке составляет 0,49%

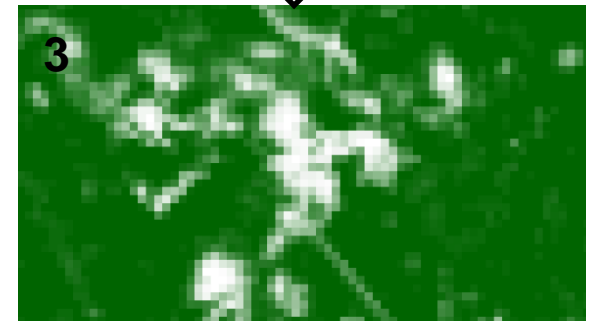
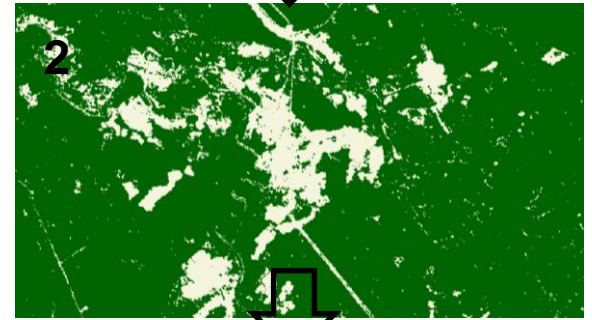
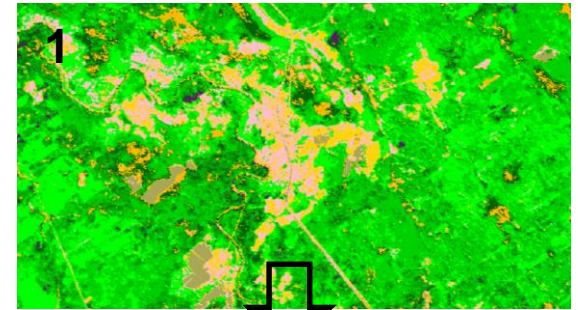
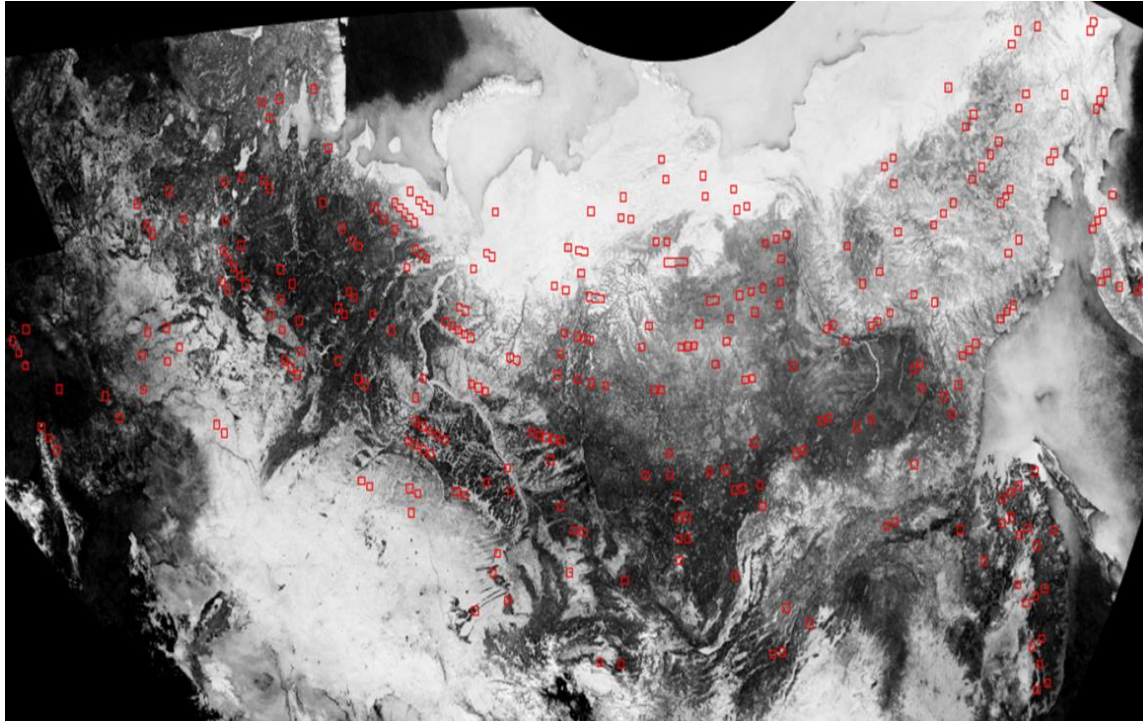
Распределение лесистости по классам карты растительности России 2019 года

Средняя лесистость



Сравнение с данными высокого разрешения

Расположение тестовых участков на территории страны

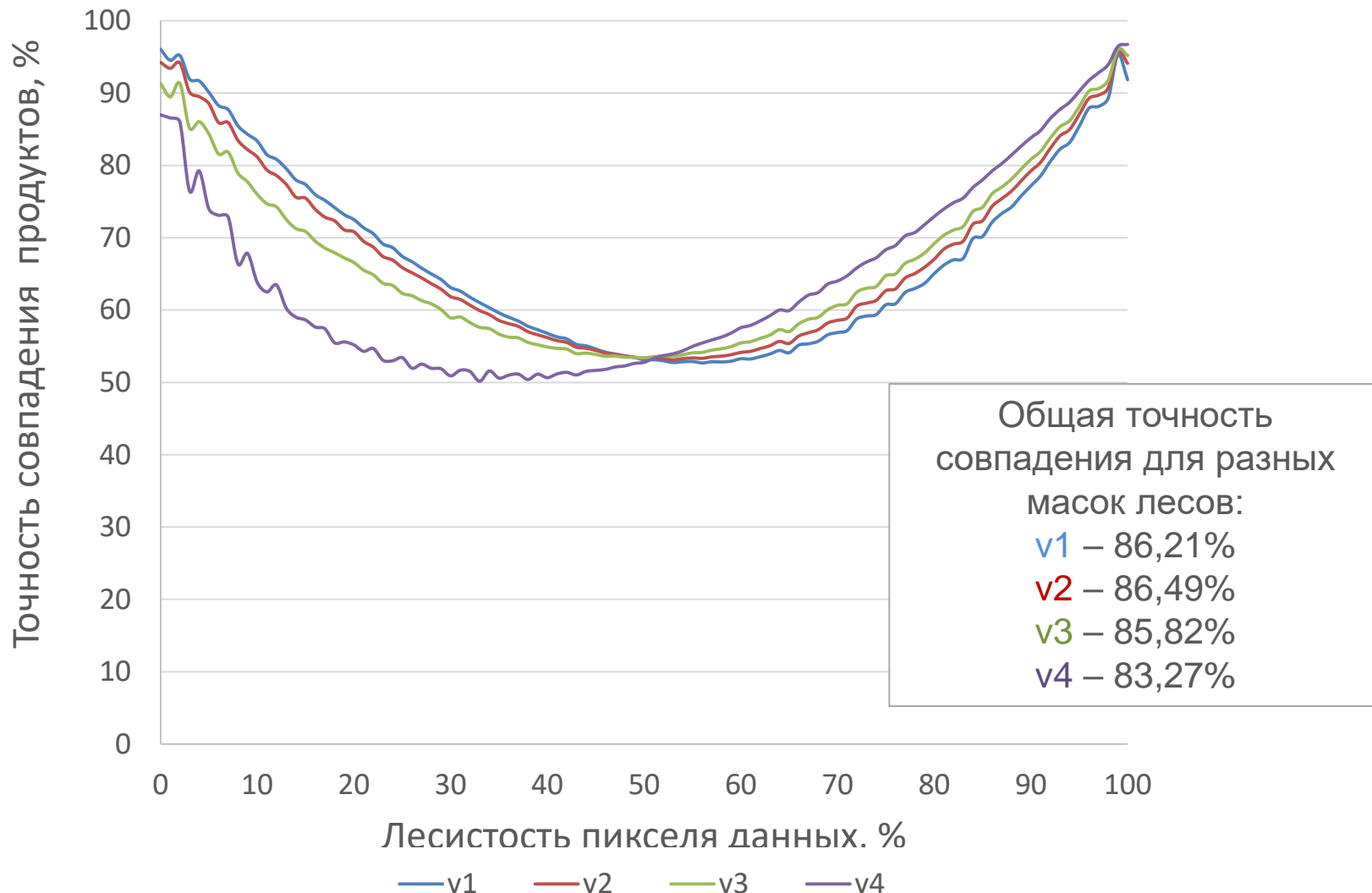


- Выборка – 281 тестовый участок
- Данные - Sentinel-2, Landsat 8 OLI
- Временной период - 2016-2017
- Классификация данных в легенде карты растительности России*

1 – исходная классификация, 20 м
2 – маска леса, 20 м
3 – лесистость, 230 м

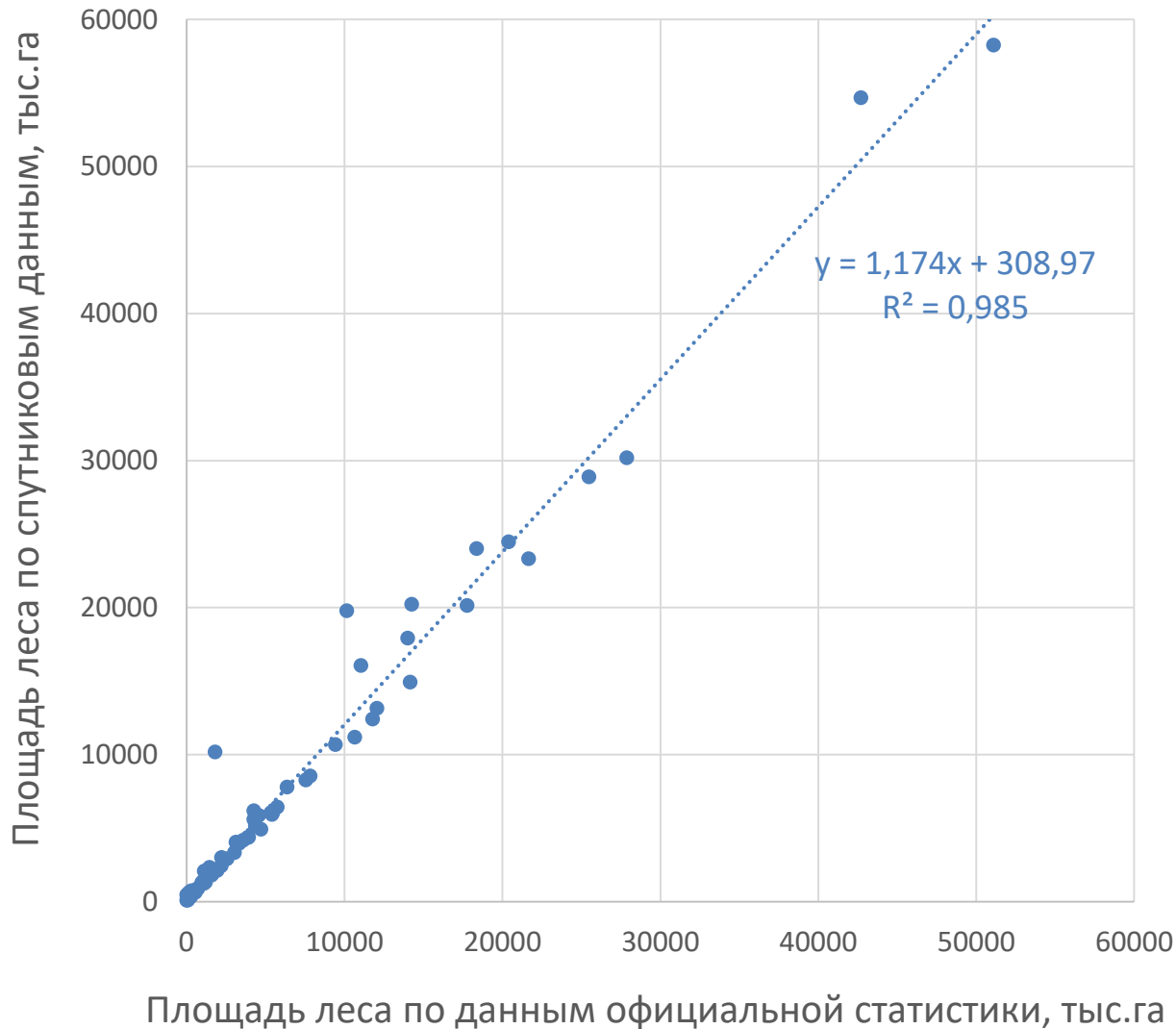
* Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России // М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.

Оценка точности лесистости на примере карты 2016 года

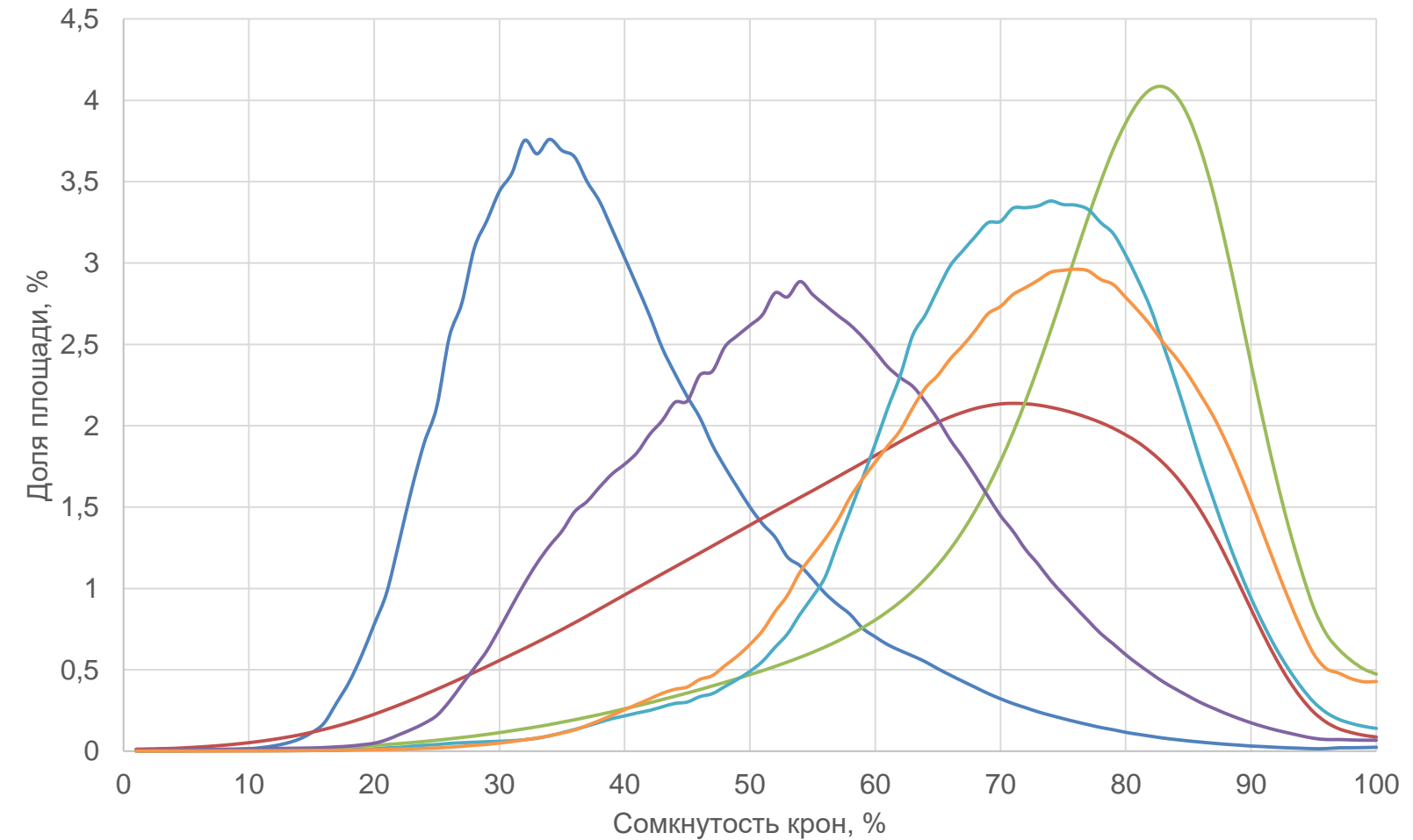


v1 - сомкнутые леса; v2 - сомкнутые леса и хвойные вечнозеленые кустарники; v3 - сомкнутые леса, хвойные вечнозеленые и лиственные v4 - сомкнутые леса, хвойные вечнозеленые лиственные кустарники и лиственные редины

Сравнение площади лесов на уровне субъектов Российской Федерации



Распределение сомкнутости полога для классов преобладающих пород



— Хвойный кустарник

— Лиственница

— Светлохвойные породы

— Широколиственные породы

— Темнохвойные породы

— Мелколиственные породы

Заключение

- На основе композитных изображений данных MODIS с наличием снежного покрова восстановлена динамика характеристик горизонтальной структуры леса для территории России на протяжении 19 лет;
- Сравнение полученных характеристик с различными источниками данных о пространственном распределении лесов на территории России, такими как данные карта растительности России, данные Tree Cover, результаты классификации спутниковых данных высокого пространственного разрешения и данные официальной статистики, демонстрируют непротиворечивость построенного набора данных;
- Перспективы дальнейшего применения результатов связаны с работами в следующих направлениях:
 - Разработка метода оценки относительной полноты лесов на основе полученных оценок показателей горизонтальной структуры лесов и данных Государственного учета лесного фонда;
 - Применение методов оценки показателей горизонтальной структуры лесов к спутниковым данным более высокого пространственного разрешения для получения более детальных оценок распределения и характеристик лесного покрова на основе разработанных подходов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №19-77-30015) с использованием инфраструктуры хранения и обработки спутниковых данных Центра коллективного пользования "ИКИ-Мониторинг". Подготовка информации о полноте лесов в разрезе лесничеств проведена в рамках темы государственного задания ЦЭПЛ РАН № АААА-А18-118052400130-7.

Спасибо за внимание !