



ХVII ВСЕРОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

СЕКЦИЯ «ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ПОЧВЕННЫХ ПОКРОВОВ»

**ОЦЕНКА БИОМЕТРИЧЕСКИХ И МОРФОСТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ДРЕВОСТОЕВ НП «КУРШСКАЯ КОСА» ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ
SENTINEL-2, PLANETSCOPE И WORLDVIEW-3**

*Е.А. Гаврилюк, А.Д. Никитина, С.В. Князева
ЦЭПЛ РАН, г. Москва*

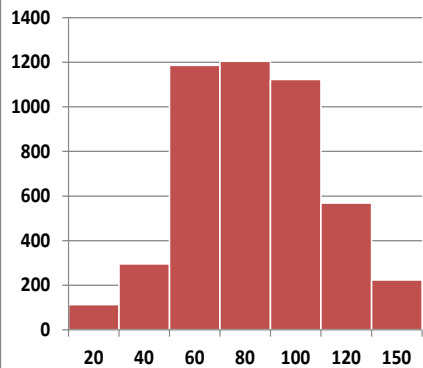
Москва, ИКИ РАН, 13 ноября 2019 года

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

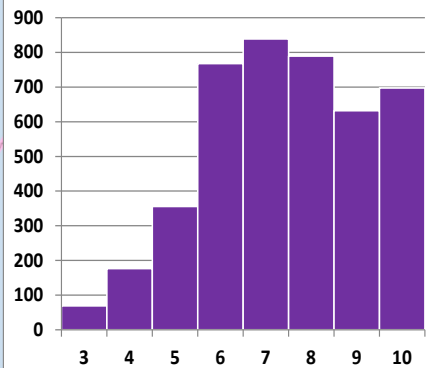
В своем исследовании мы сравниваем результаты тематической обработки данных с трех современных оптических спутниковых систем – **WorldView**, **PlanetScope** и **Sentinel-2**, чтобы выяснить, дает ли использование изображений более высокого пространственного разрешения значимый прирост в точности дистанционных оценок базовых биометрических (**возраст, высота, диаметр ствола**) и интегральных морфоструктурных (**сложность морфоструктуры полога**) характеристик древостоев, на примере лесов **Национального парка «Куршская Коса»**.

ТЕРРИТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

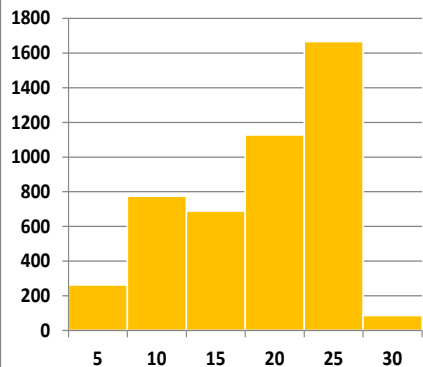
ВОЗРАСТ, лет



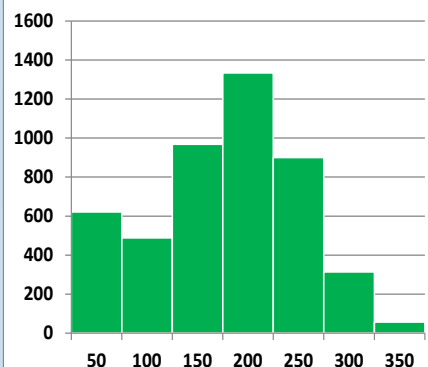
МОРФОСТРУКТУРА



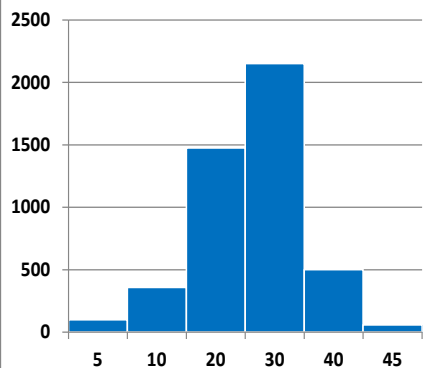
ВЫСОТА, м



ЗАПАС, м³/га



ДИАМЕТР, см

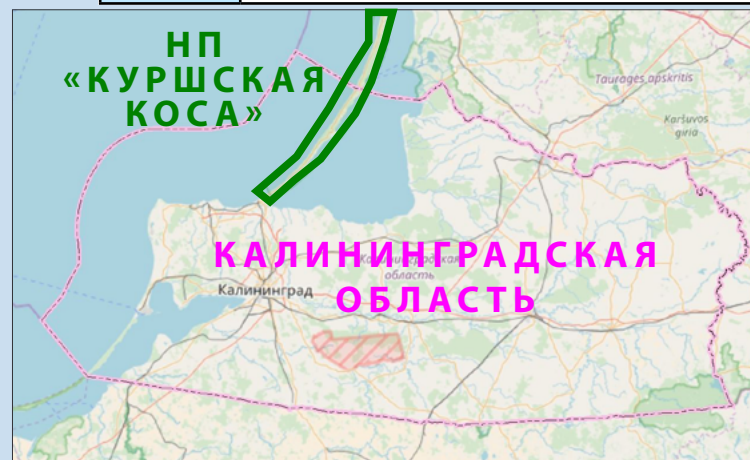


БАЛТИЙСКОЕ
МОРЕ

Куршский
залив

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

	Сосняки
	Ельники
	Березняки
	Черноольшаники
	Луговая растительность
	Растительность на песках
	Прибрежная растительность
	Песчаные дюны, пляжи
	Водные объекты



ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- Таксационные данные

Геопривязанная сеть лесоустроительных выделов с таксационными характеристиками за **2015** год. Дополнительно для каждого выдела рассчитывался интегральный показатель **сложности морфоструктуры древесного полога**.

Жири́н В.М., Князева С.В., Эйдлина С.П. Оценка влияния морфологии древесного полога и рельефа на спектральные характеристики лесов по данным LANDSAT // Исследование Земли из космоса, 2016, № 5, с. 1-11.

- Спутниковые данные

WorldView-3: два участка (~ 65 км²) сцен за **18 августа 2017** года

Каналы: PAN – 0.7 м, RGB+NIR – 2.8 м

PlanetScore: полное покрытие тайлами за **20 июля 2017** года

Каналы: RGB+NIR – 3 м

Sentinel-2: полное покрытие четырьмя разносезонными сценами за **1 мая (весна)** и **20 июля (лето) 2017** года, а также **17 марта (зима)** и **18 октября (осень) 2018** года

Каналы: RGB+NIR – 10 м, 3×RE+NIR+2×SWIR – 20 м

- **Объектно-ориентированная обработка**

Геопространственные оценки на уровне однородных участков леса: обучение регрессионных моделей – по лесоустроительным выделам, а классификация спутникового изображения – по автоматически выделенным сегментам.

- **Обучающая/контрольная выборка**

Полная выборка – 595 выделов, включая две отдельные подвыборки: сосновые (253) и лиственные (202) насаждения. Сосновые насаждения – только лесные культуры, лиственные (ольха черная, береза, осина) – только естественного происхождения.

- **Пространственные переменные**

Различные текстурные характеристики первого порядка, рассчитанные в пределах выделов/сегментов. Также, для WorldView-3, использовались относительные значения площадей межкروновых пространств (~ сомкнутость), оценённые на основе индекса теней.

- **Регрессионное моделирование**

Случайные леса, в том числе для построения **квантильной регрессии** с целью оценки доверительного интервала для смоделированных значений. Оптимизация основных параметров алгоритма – автоматическим перебором с использованием кросс-валидации (LGOCV).

- **Оценка информативности и оптимизация набора переменных**

На основе **корреляционного анализа** и метода **рекурсивного исключения признаков**. В качестве меры информативности – т.н. **пермутационная значимость**. В нашем случае, это относительное увеличение СКО модели при случайной перестановке значений переменной.

- **Оценки точности и сравнение производительности моделей**

Два критерия – скорректированный коэффициент детерминации (R^2_{adjusted}) и значение квадратного корня из СКО (RMSE), отмасштабированное на величину **разброса** по выборке. Эти критерии оценивались интегрированным в случайные леса методом **out-of-bag (OOB)**, а также по **отдельной контрольной выборке**, выделяемой из исходной выборки методом случайного стратифицированного семплинга в объеме **25%**. Для результатов геопространственной классификации величина **ошибки моделирования** оценивалась как **половина доверительного интервала** (шириной 80%), отнесённая к **среднему значению** по всем деревьям решений.

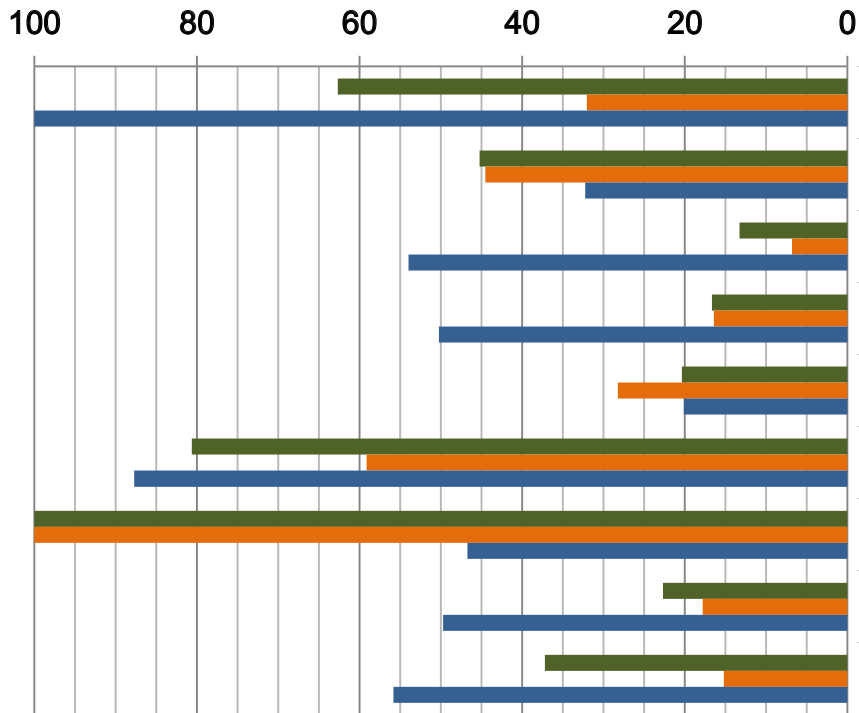
ТАБЛИЦА ПЕРЕМЕННЫХ

<i>Данные</i>	WorldView-3	PlanetScope	Sentinel-2	<i>Данные</i>	WorldView-3	PlanetScope	Sentinel-2
<i>Текстурные признаки*</i>				<i>Спектральные каналы и индексы</i>			
Median		◆	◆	PAN	◆	NA	NA
Q3	◆			RED		◆	◆
SD	◆	◆	◆	NIR	◆	◆	◆
CV	◆			SWIR	NA	NA	◆
Energy	◆			NDVI	◆	◆	◆
Entropy	◆	◆		NDRE	NA	NA	◆
Uniformity	◆	◆		SWVI	NA	NA	◆
Skewness	◆			<i>Прочие переменные</i>			
Kurtosis	◆			Сомкнутость	◆	NA	NA

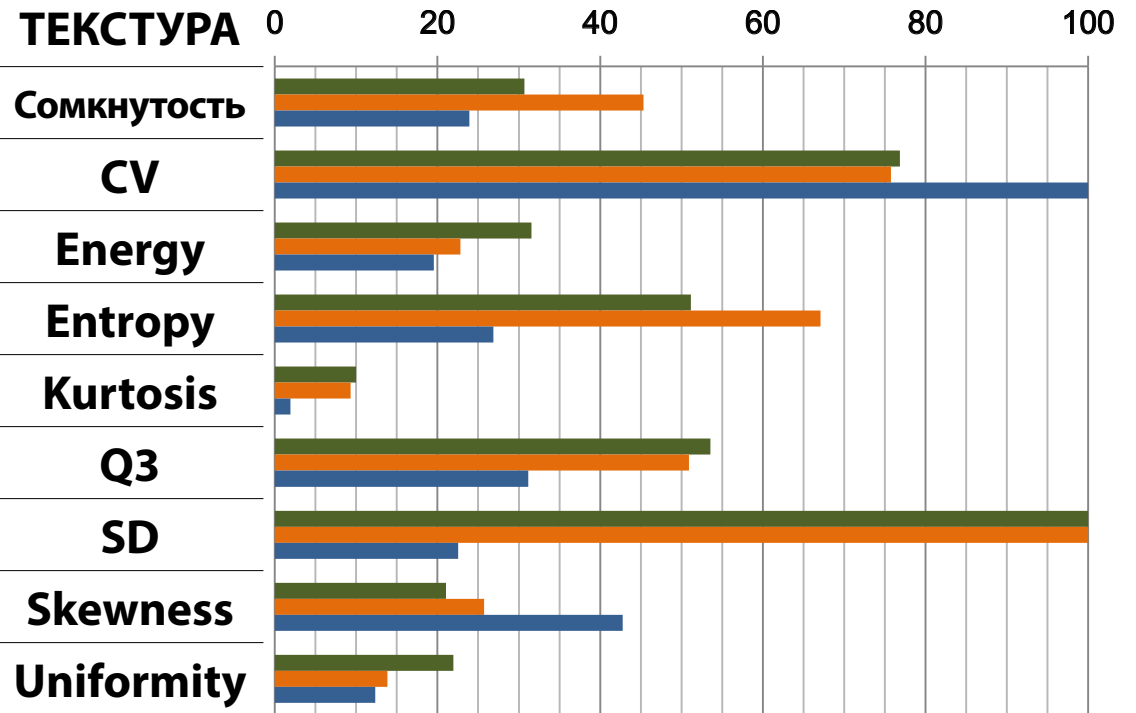
*Формулы для вычисления приводятся в дополнительных материалах к статье: Parmar C., Rios Velazquez E., Leijenaar R., Jermoumi M., Carvalho S., Mak R.H., et al. Robust Radiomics Feature Quantification Using Semiautomatic Volumetric Segmentation // PLoS ONE. 2014. Vol. 9. №7. P. 102–107. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102107>

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПЕРЕМЕННЫХ: WorldView-3

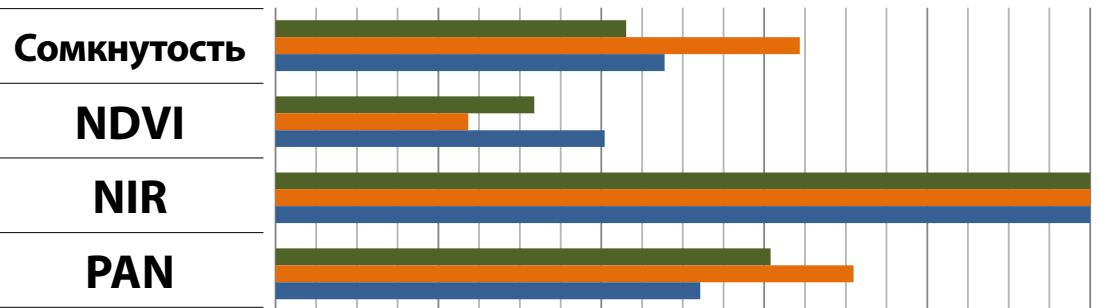
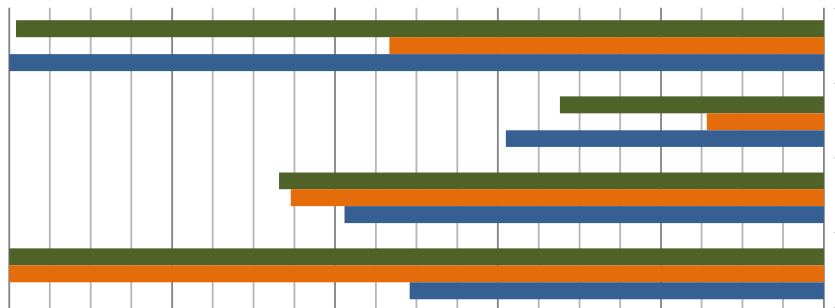
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ



СЛОЖНОСТЬ МОРФОСТРУКТУРЫ



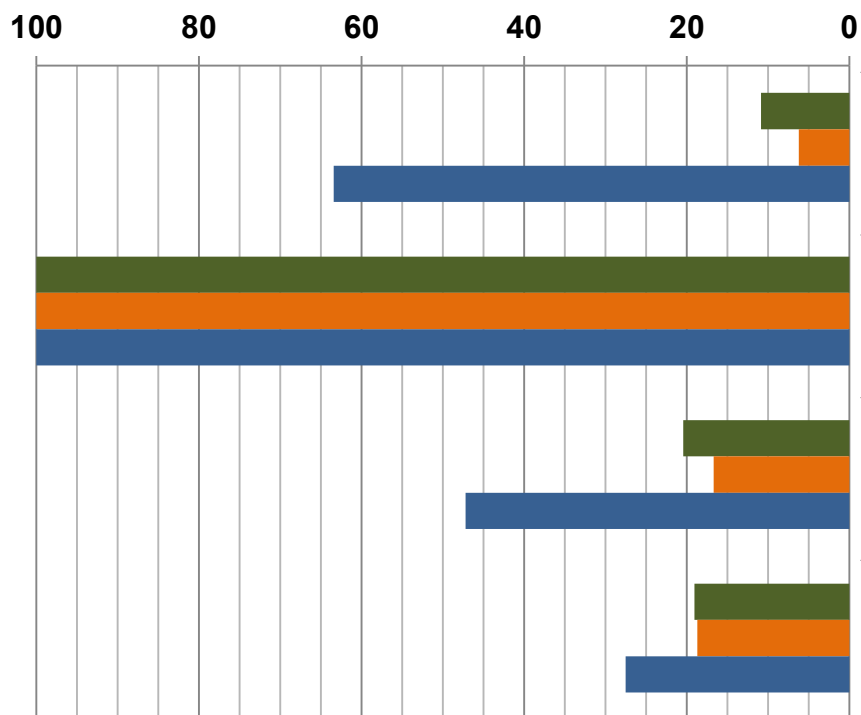
КАНАЛЫ



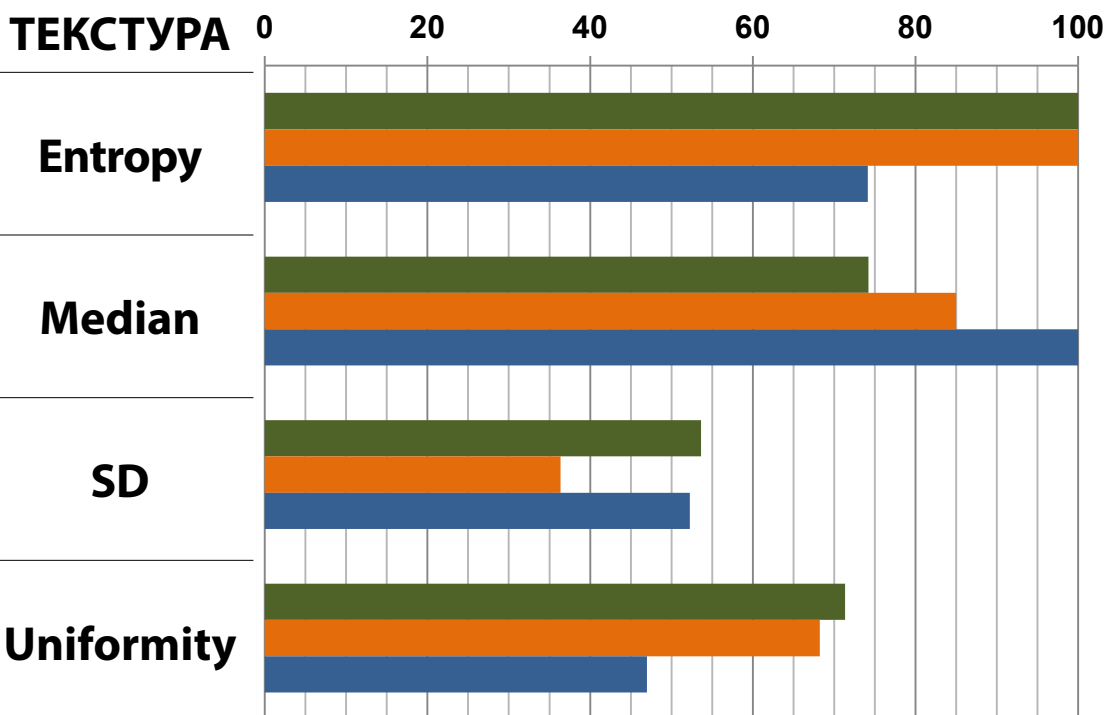
■ Все породы
 ■ Сосна
 ■ Лиственные

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПЕРЕМЕННЫХ: PlanetScope

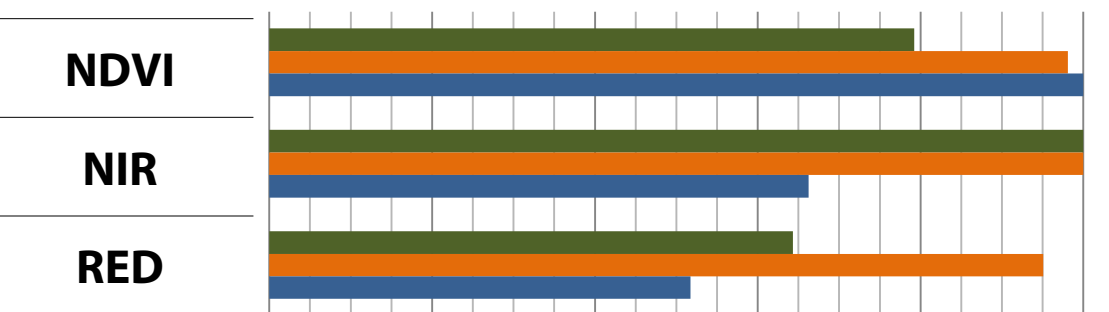
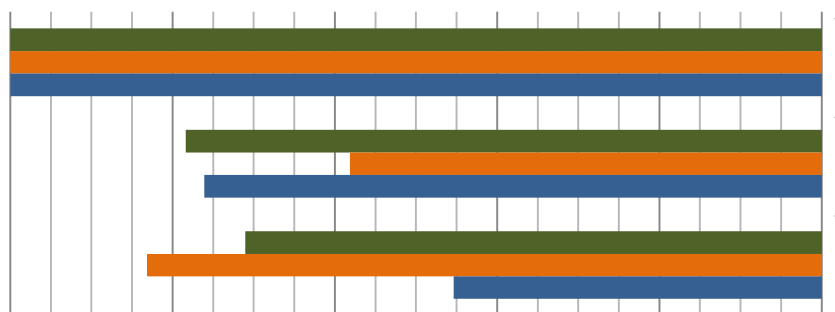
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ



СЛОЖНОСТЬ МОРФОСТРУКТУРЫ



КАНАЛЫ

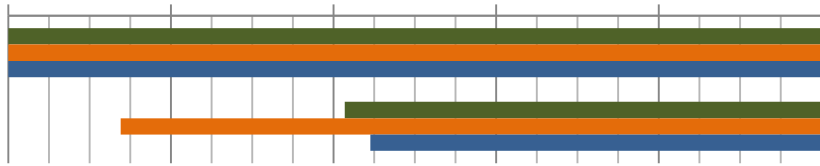


■ Все породы ■ Сосна ■ Лиственные

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПЕРЕМЕННЫХ: Sentinel-2

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

100 80 60 40 20 0



ТЕКСТУРА 0

Median

SD

КАНАЛЫ

NDRE

NDVI

NIR

RED

SWIR

SWVI

СЕЗОНЫ

Лето

Осень

Весна

Зима

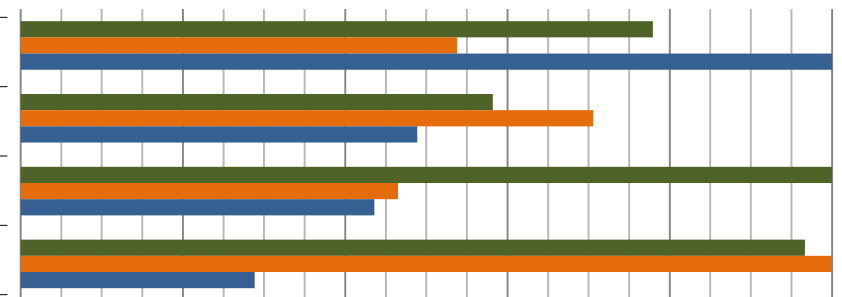
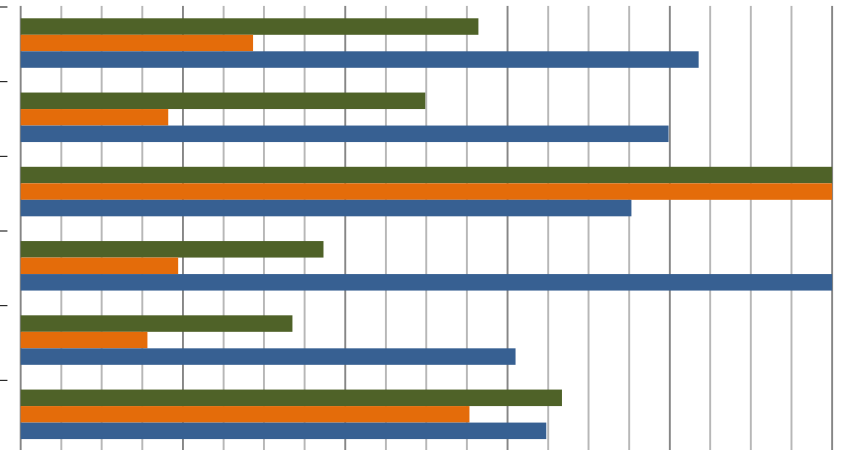
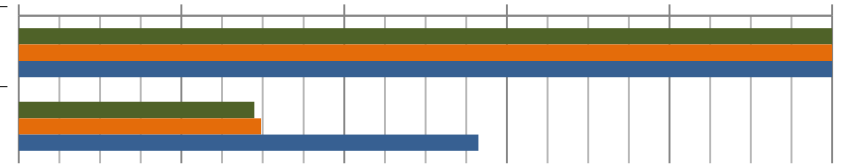
Все породы

Сосна

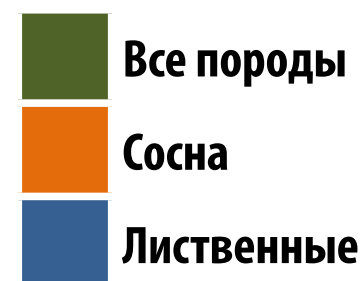
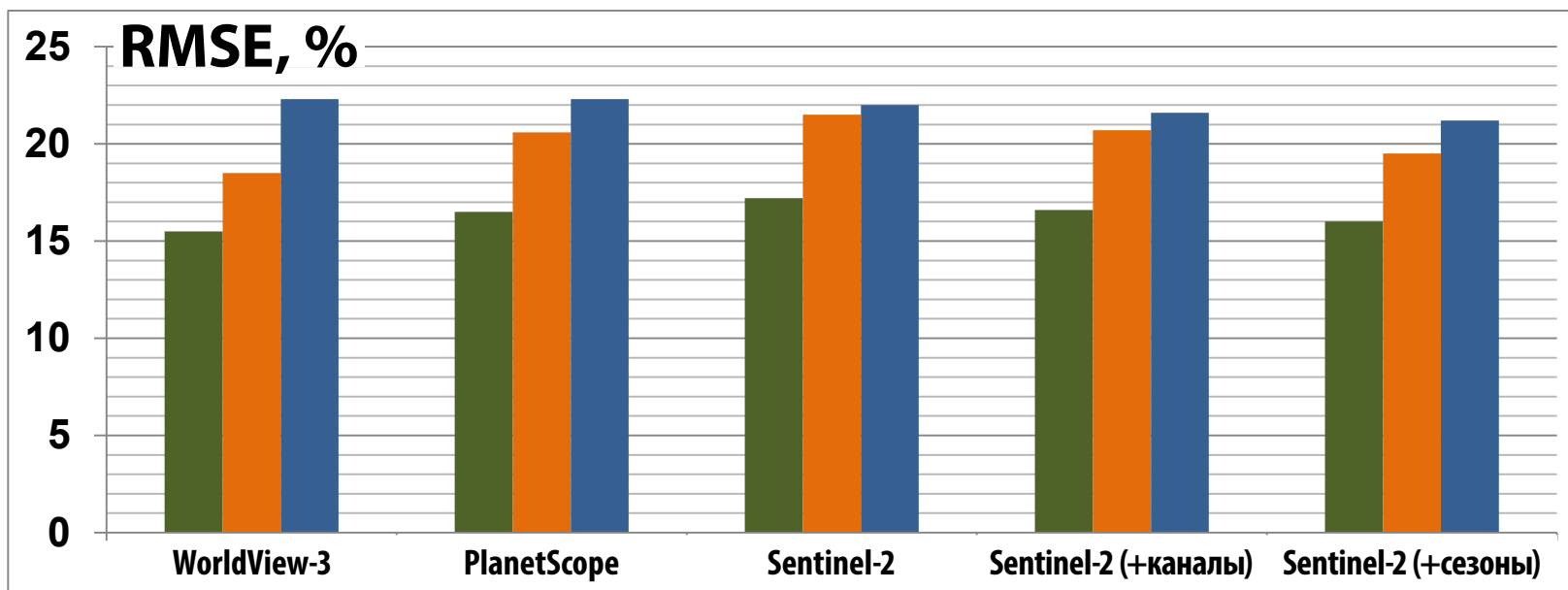
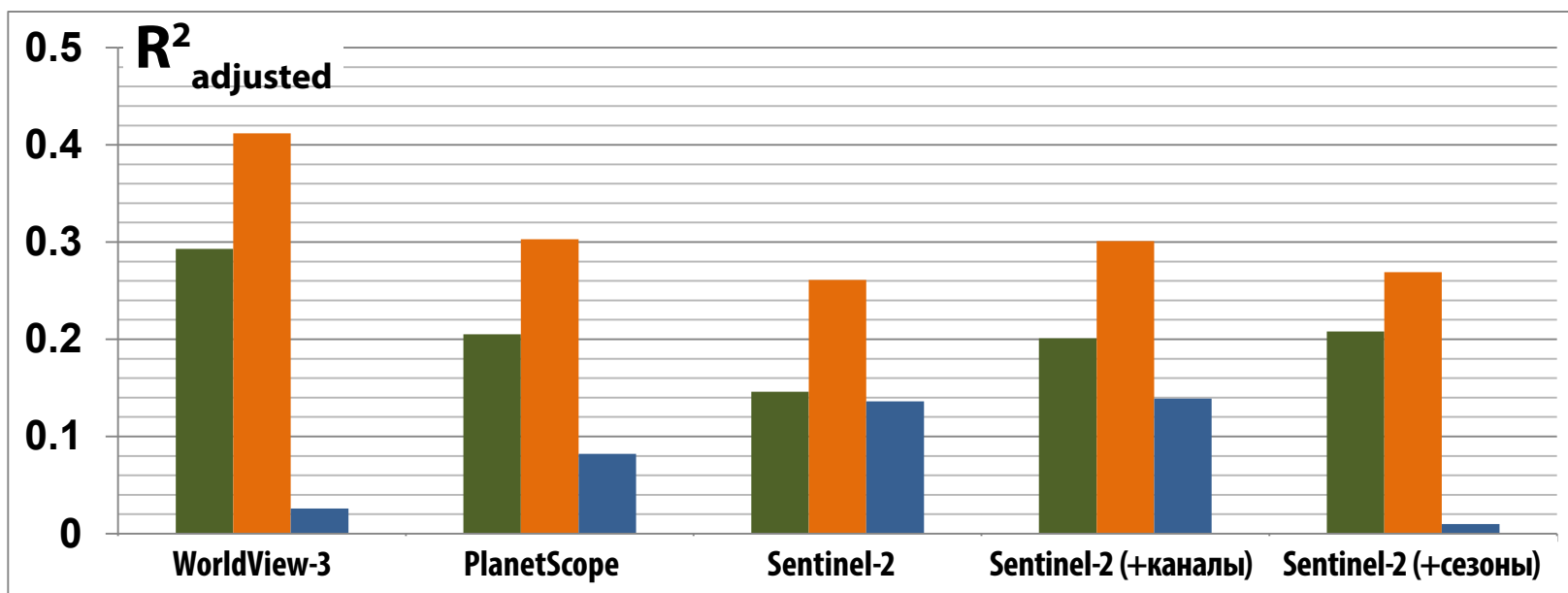
Лиственные

СЛОЖНОСТЬ МОРФОСТРУКТУРЫ

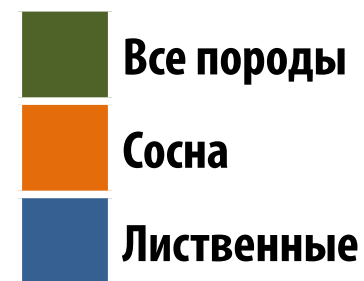
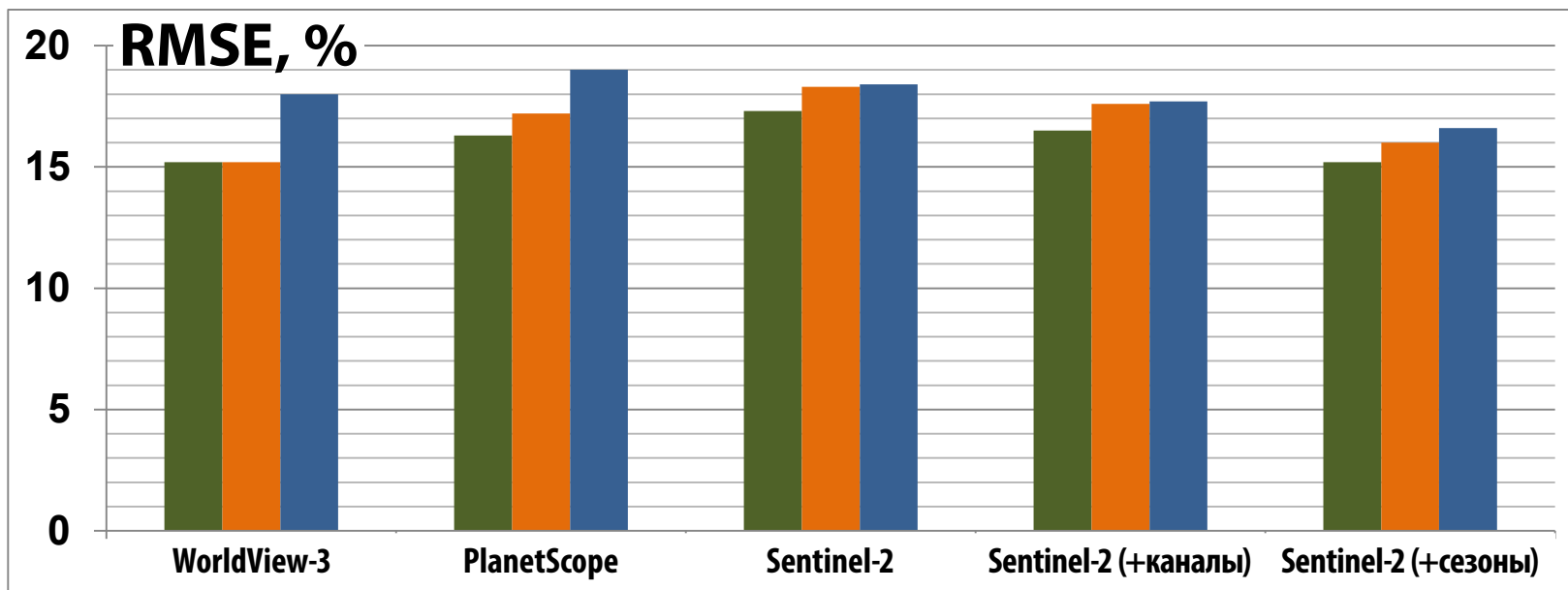
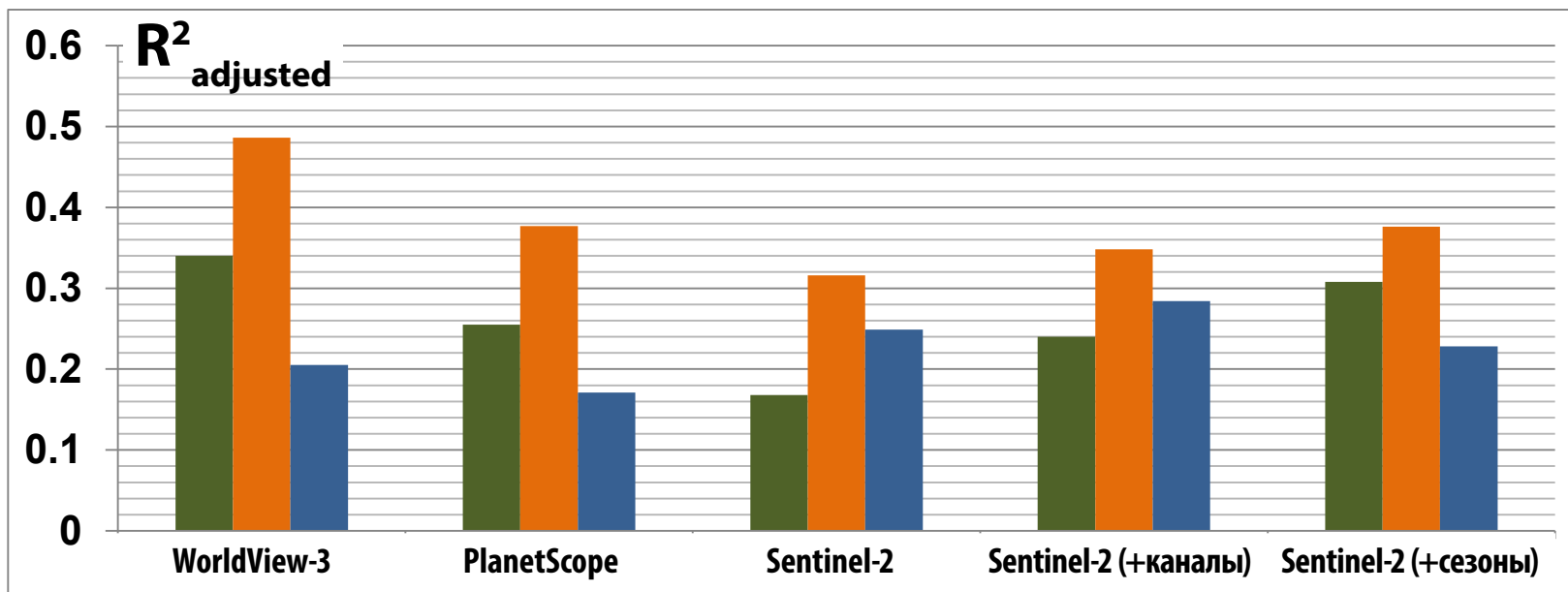
0 20 40 60 80 100



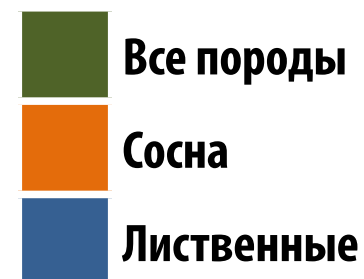
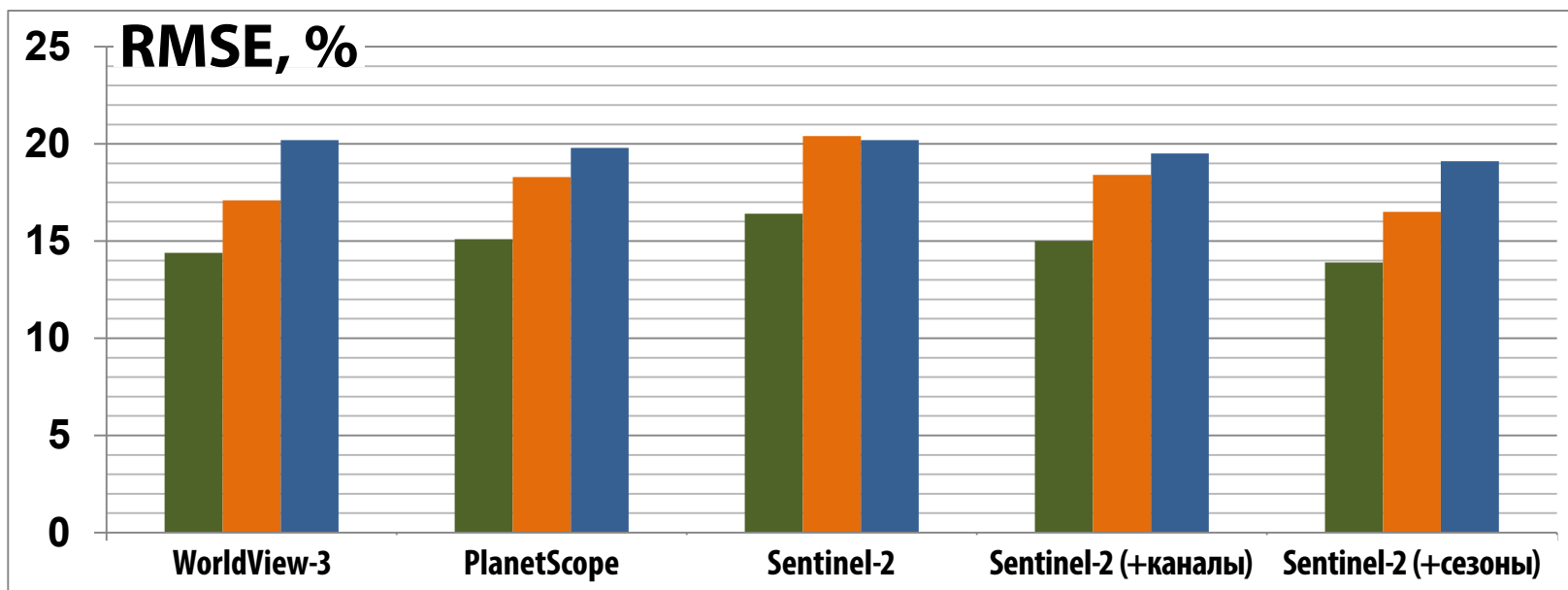
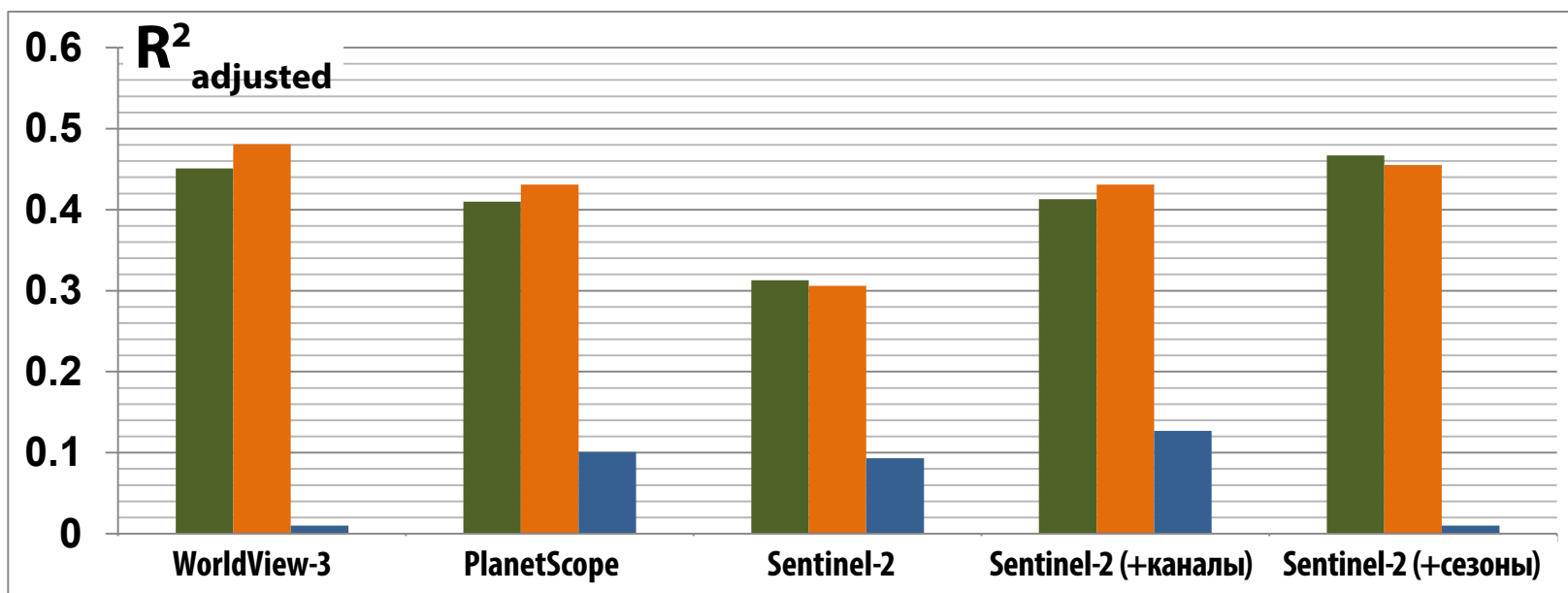
СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ: Возраст



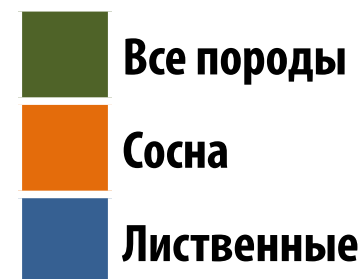
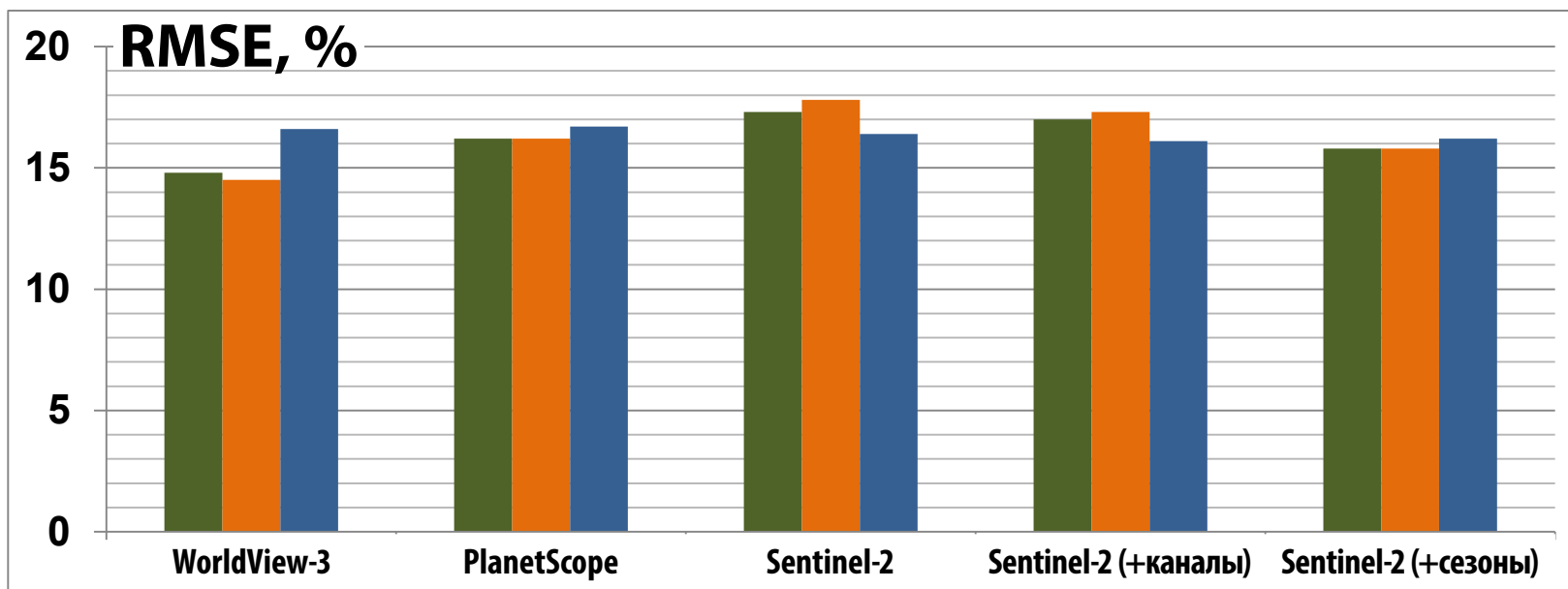
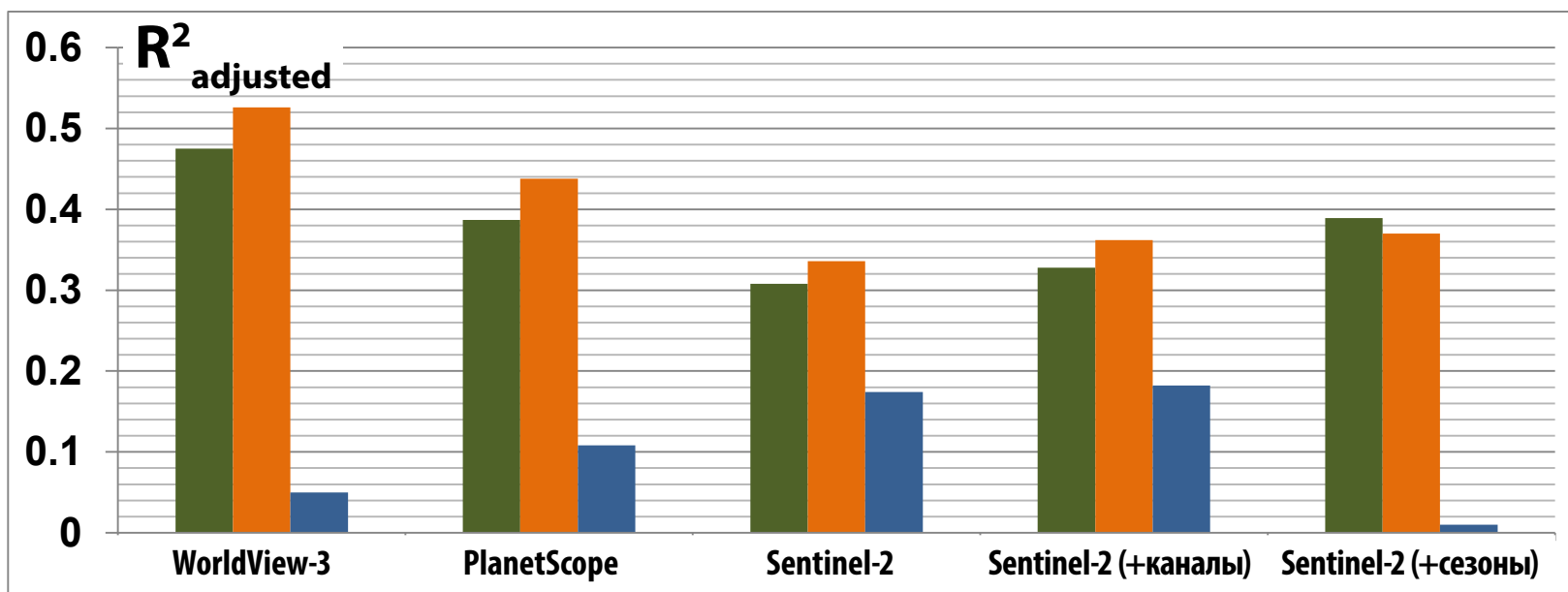
СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ: Диаметр стволов



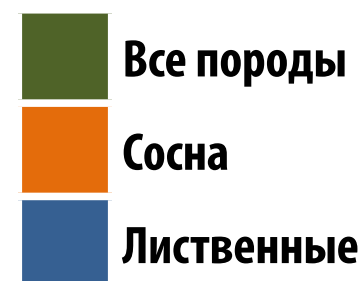
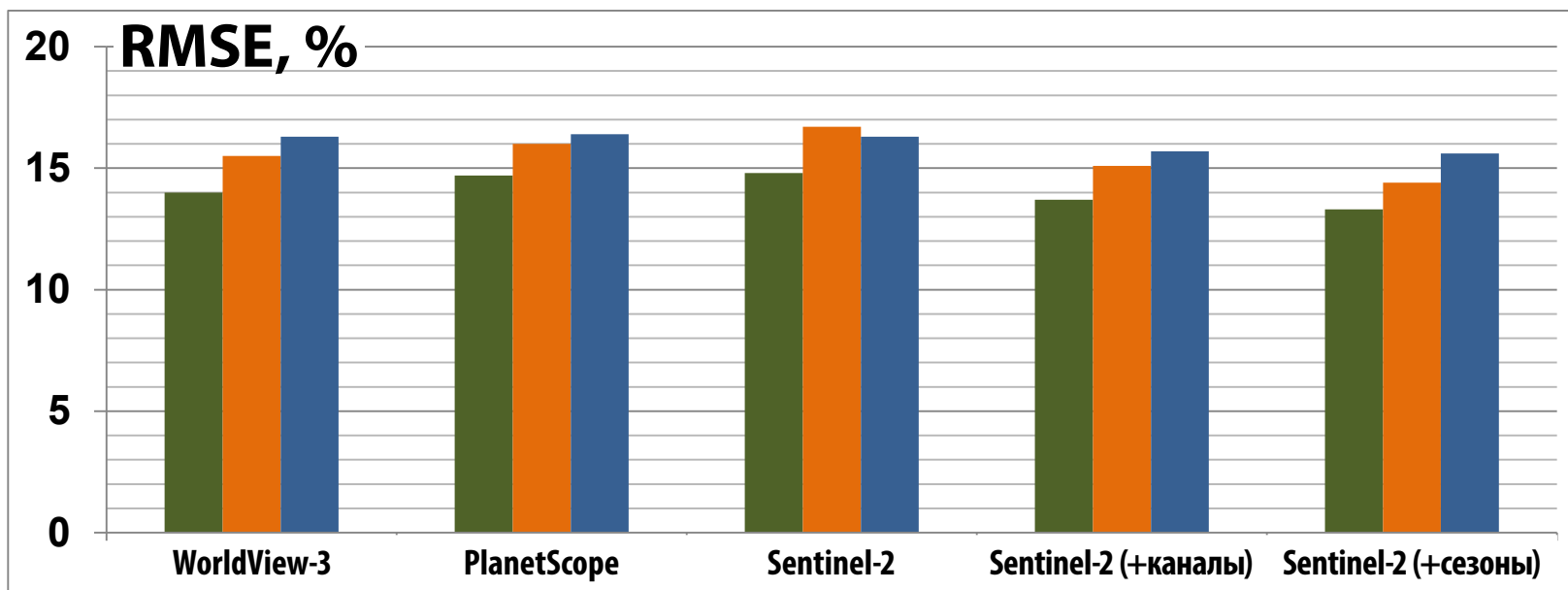
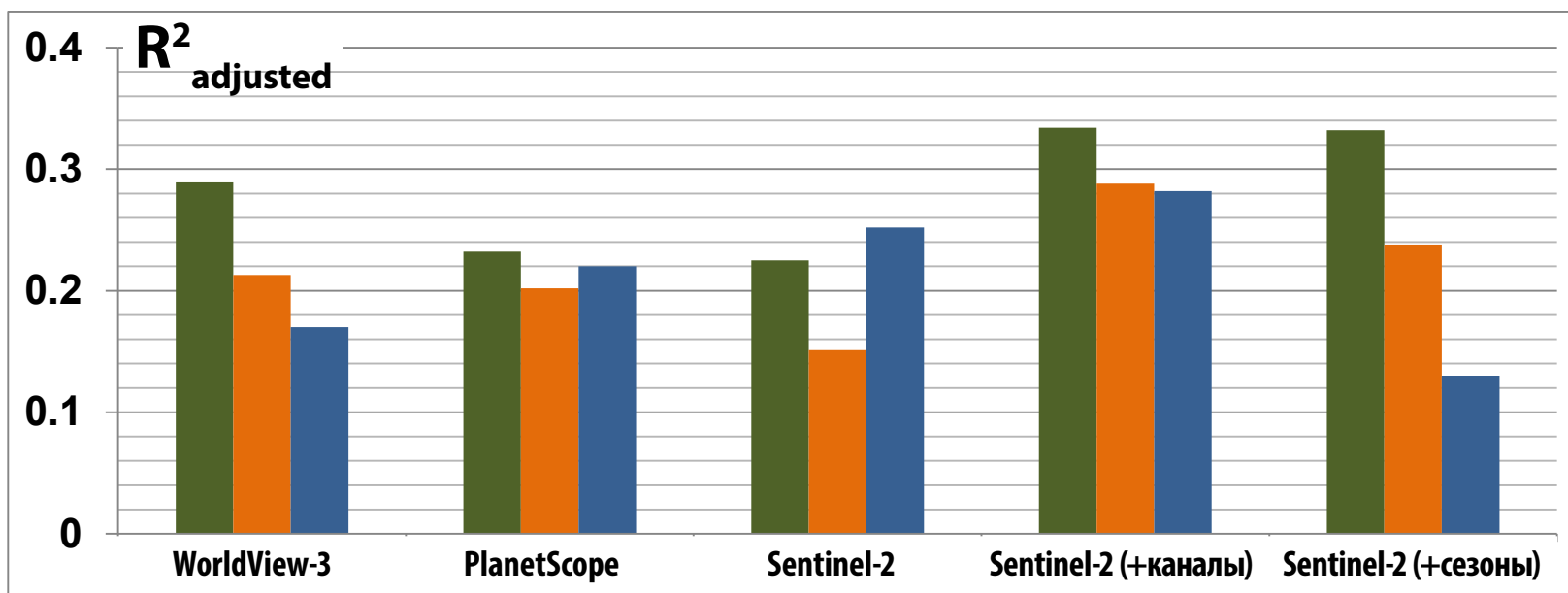
СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ: Высота



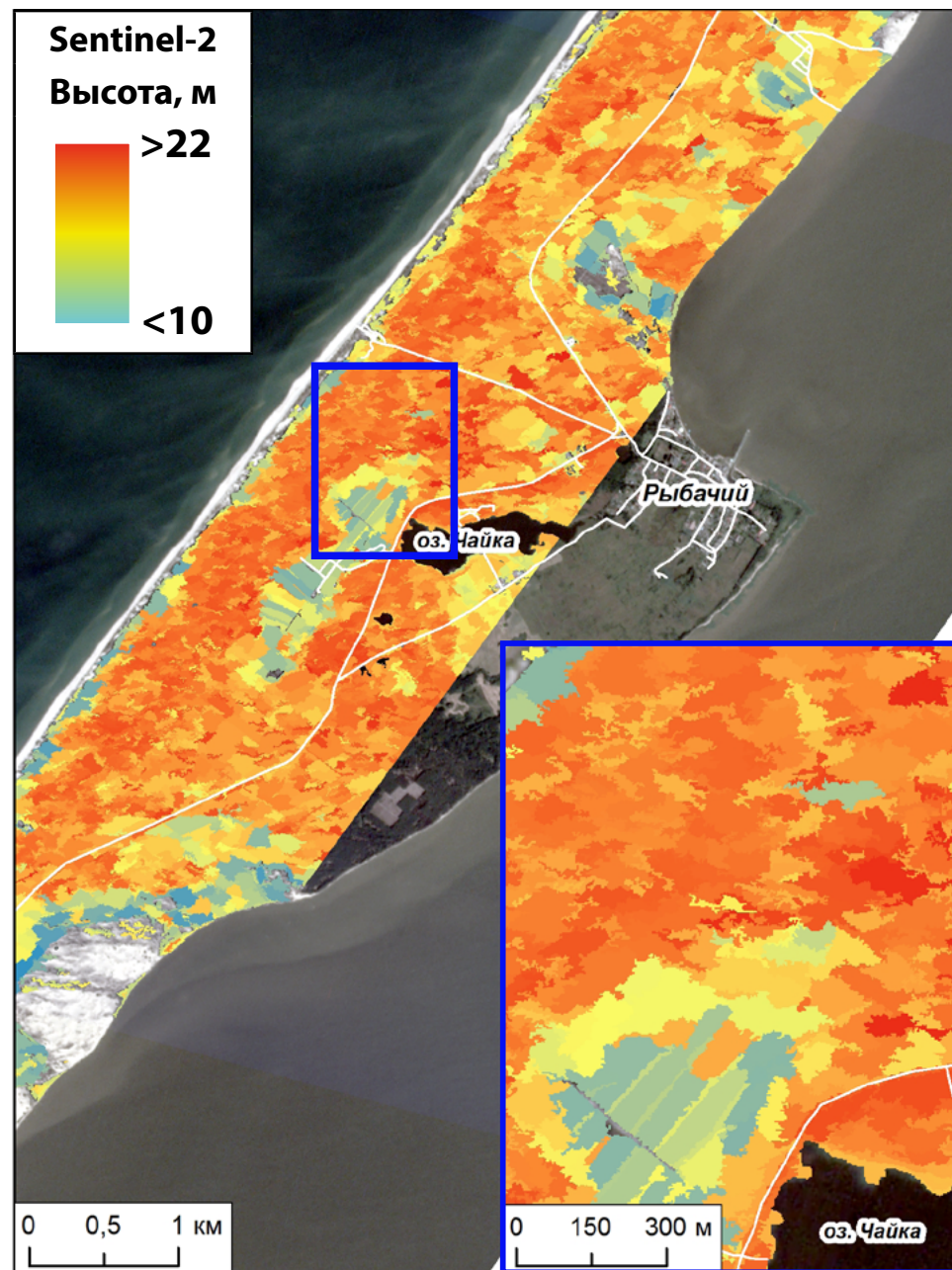
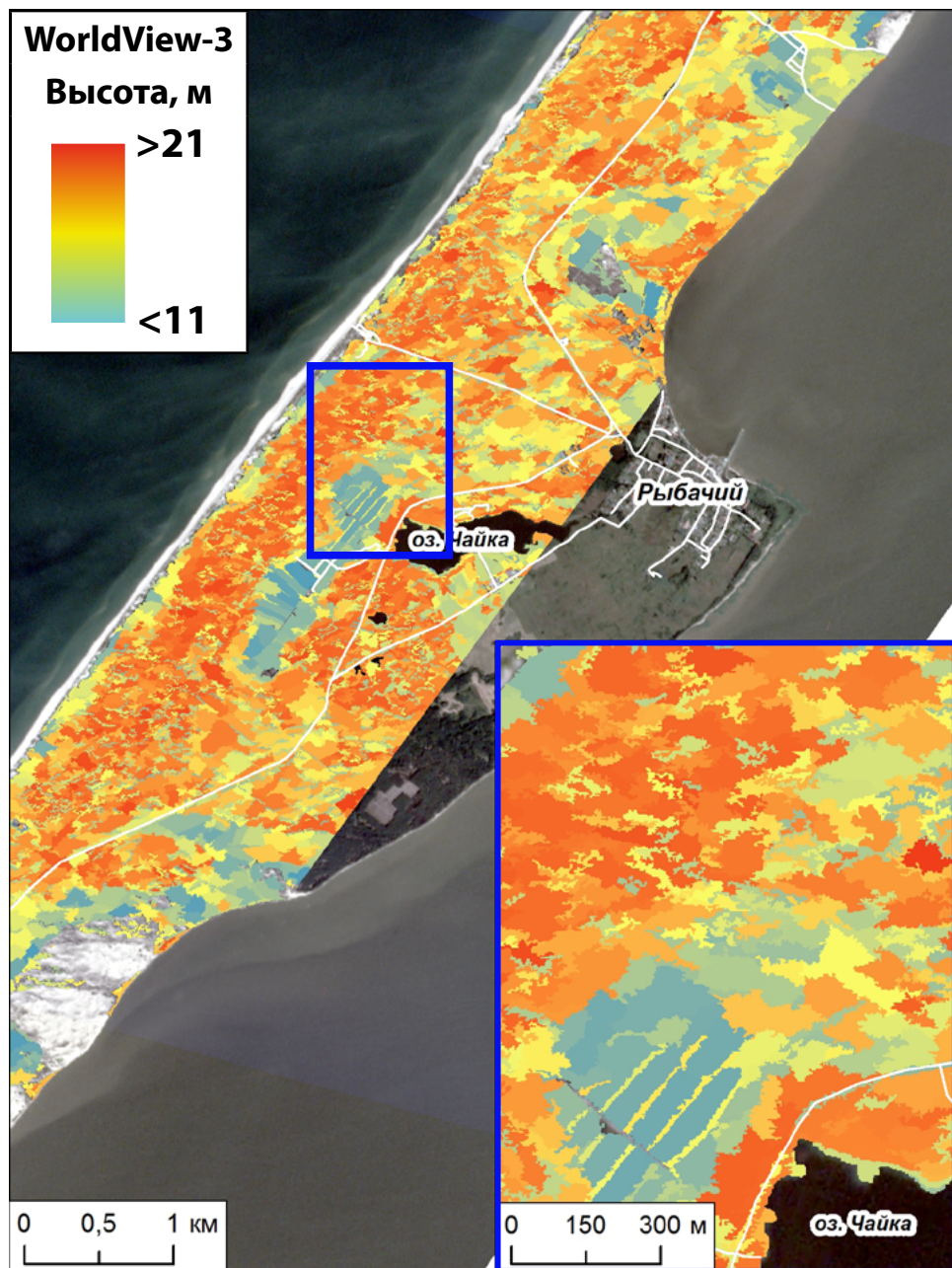
СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ: Сложность морфоструктуры



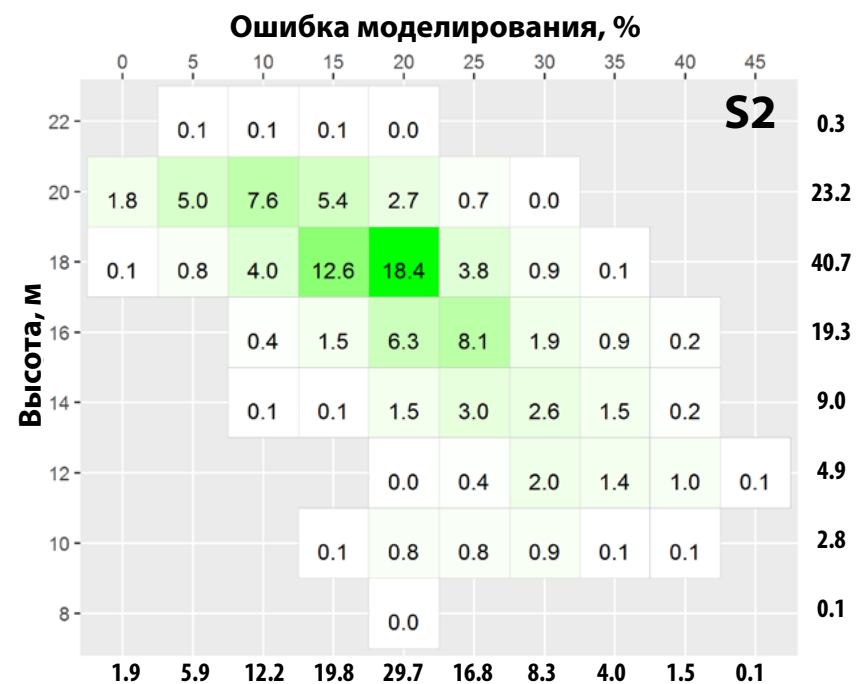
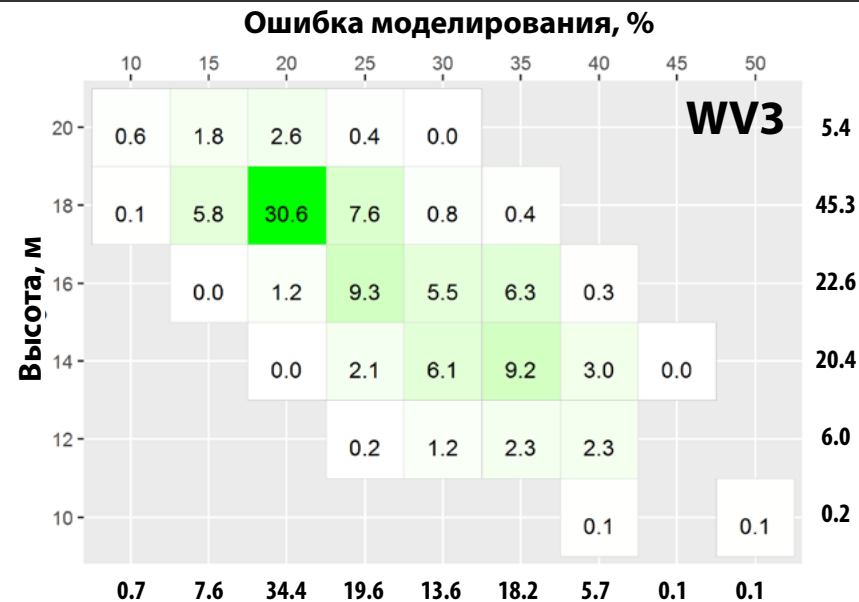
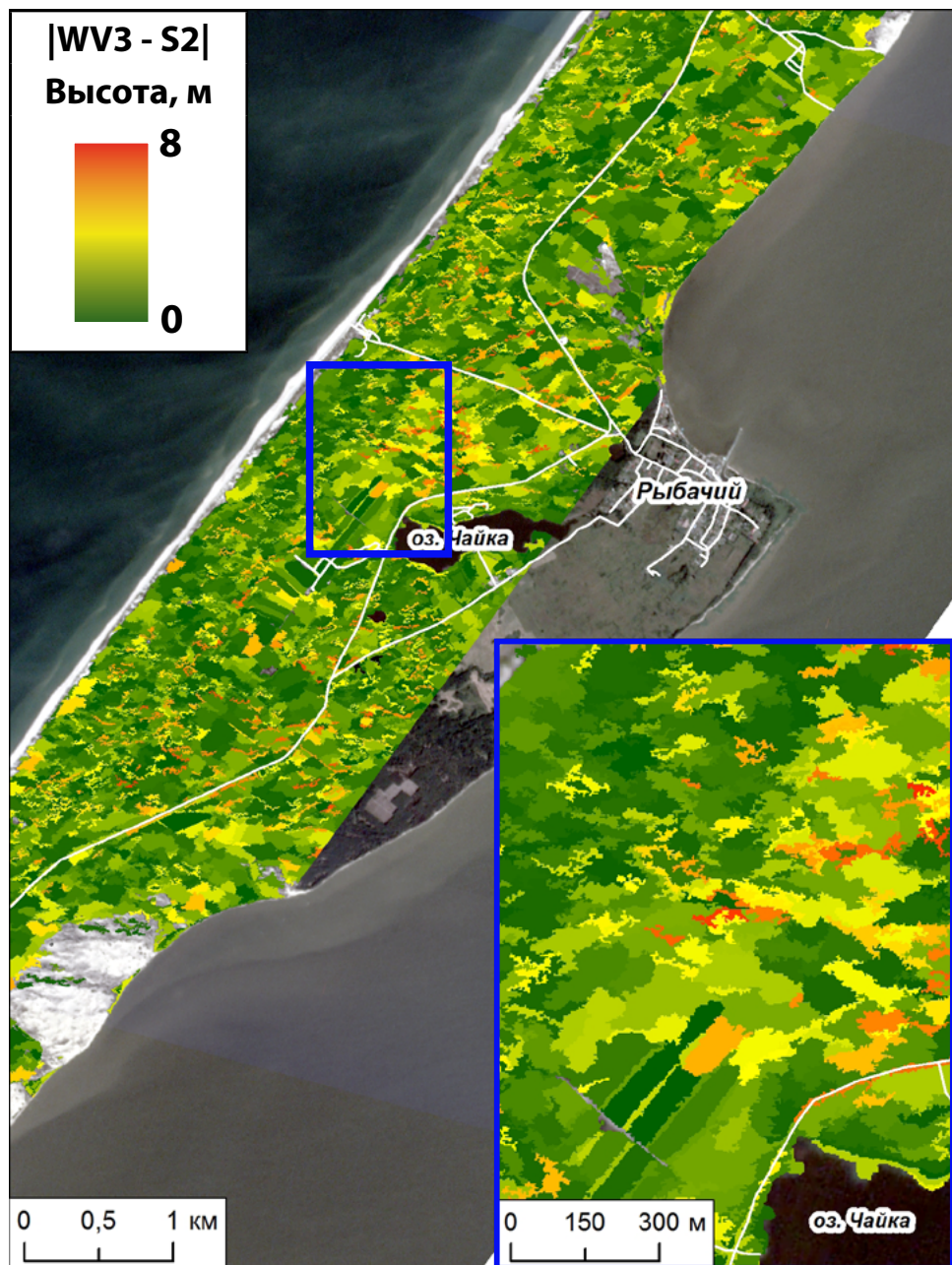
СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ: Запас



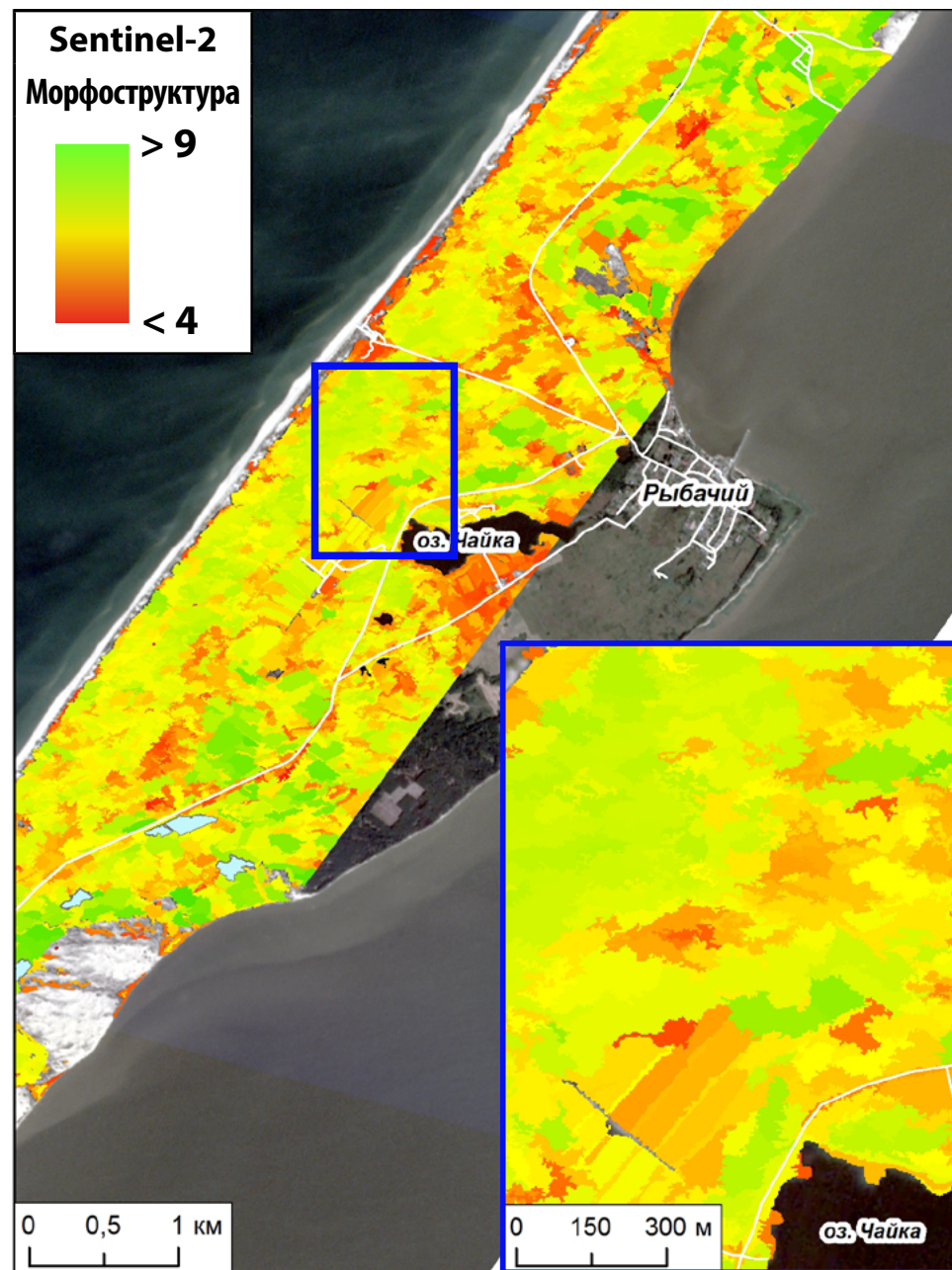
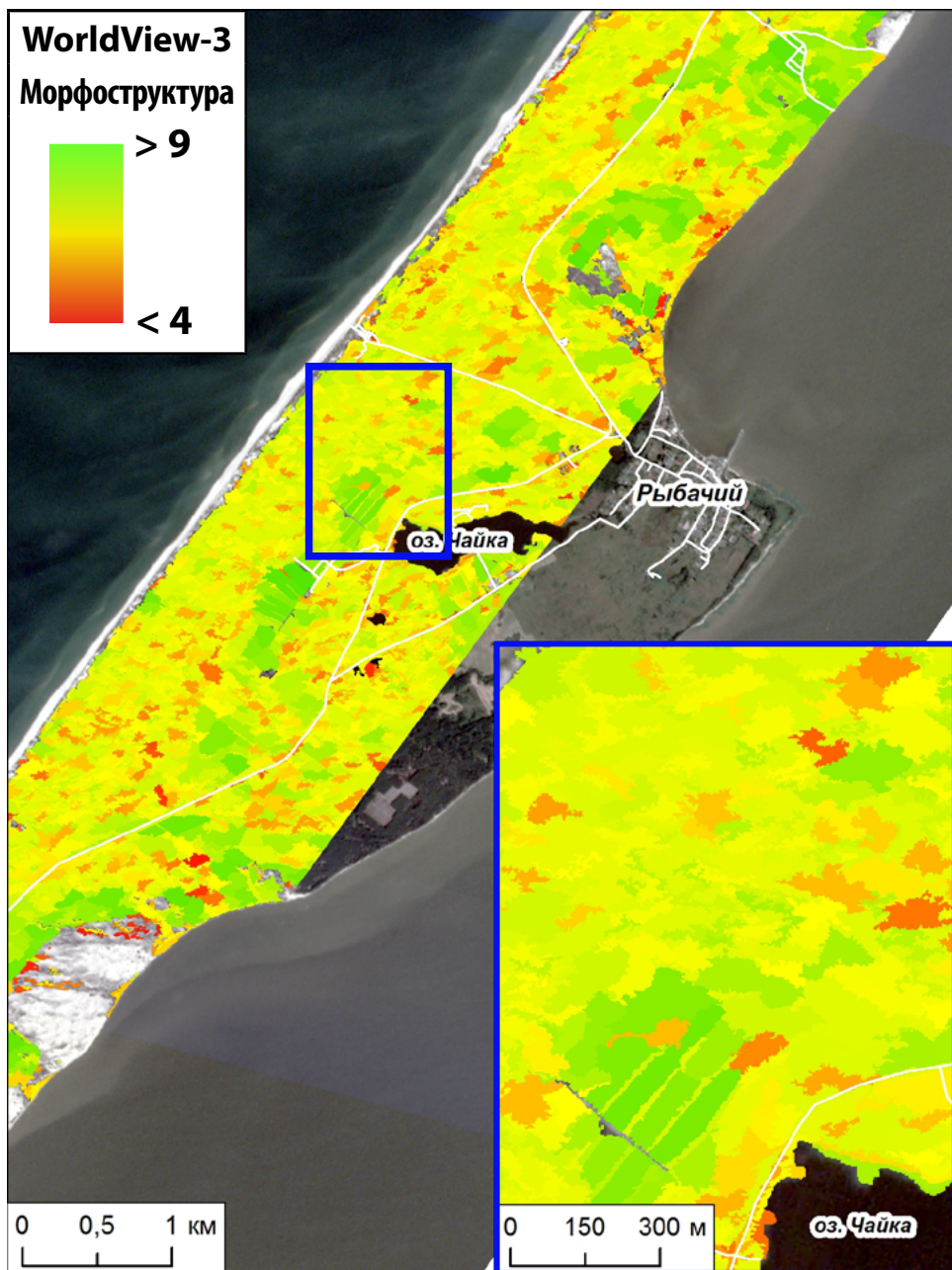
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ: Высота



РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ: Высота



РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ: Морфоструктура



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- **Возраст**

Из биометрических характеристик моделируется хуже всего.

WorldView-3 > PlanetScope ≈ Sentinel-2

- **Диаметр ствола**

Моделируется лучше возраста, но хуже высоты. Относительно высокие результаты для лиственных.

WorldView-3 ≈ Sentinel-2 > PlanetScope

- **Высота**

Из биометрических характеристик моделируется лучше всего.

Sentinel-2 >= WorldView-3 > PlanetScope

- **Сложность морфоструктуры**

Моделируется лучше биометрии, но только по WorldView-3.

WorldView-3 > PlanetScope ≈ Sentinel-2

- **В целом, все модели довольно схожи в плане производительности, особенно по критерию RMSE – в пределах 15-20% от разброса.**



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Е.А. Гаврилюк¹, А.Д. Никитина, С.В. Князева
ЦЭПЛ РАН, г. Москва

¹e-mail: egor@ifi.rssi.ru

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ №17-05-01129 «Оценка биометрических и морфоструктурных параметров лесных фитоценозов на основе детальной аэрокосмической съемки» (тематическая обработка данных) и ГЗ ЦЭПЛ РАН АААА-А18-118052400130-7 «Методические подходы к оценке структурной организации и функционирования лесных экосистем» (подготовка части исходных спутниковых данных).