

Характеристика многолетней динамики лесных экосистем Ханты-Мансийского автономного округа с использованием временных рядов спутниковых данных и методов машинного обучения

Выполнил:

Аспирант 4 курса Х-Вио ТюмГУ
Московченко М. Д.

Научный руководитель:

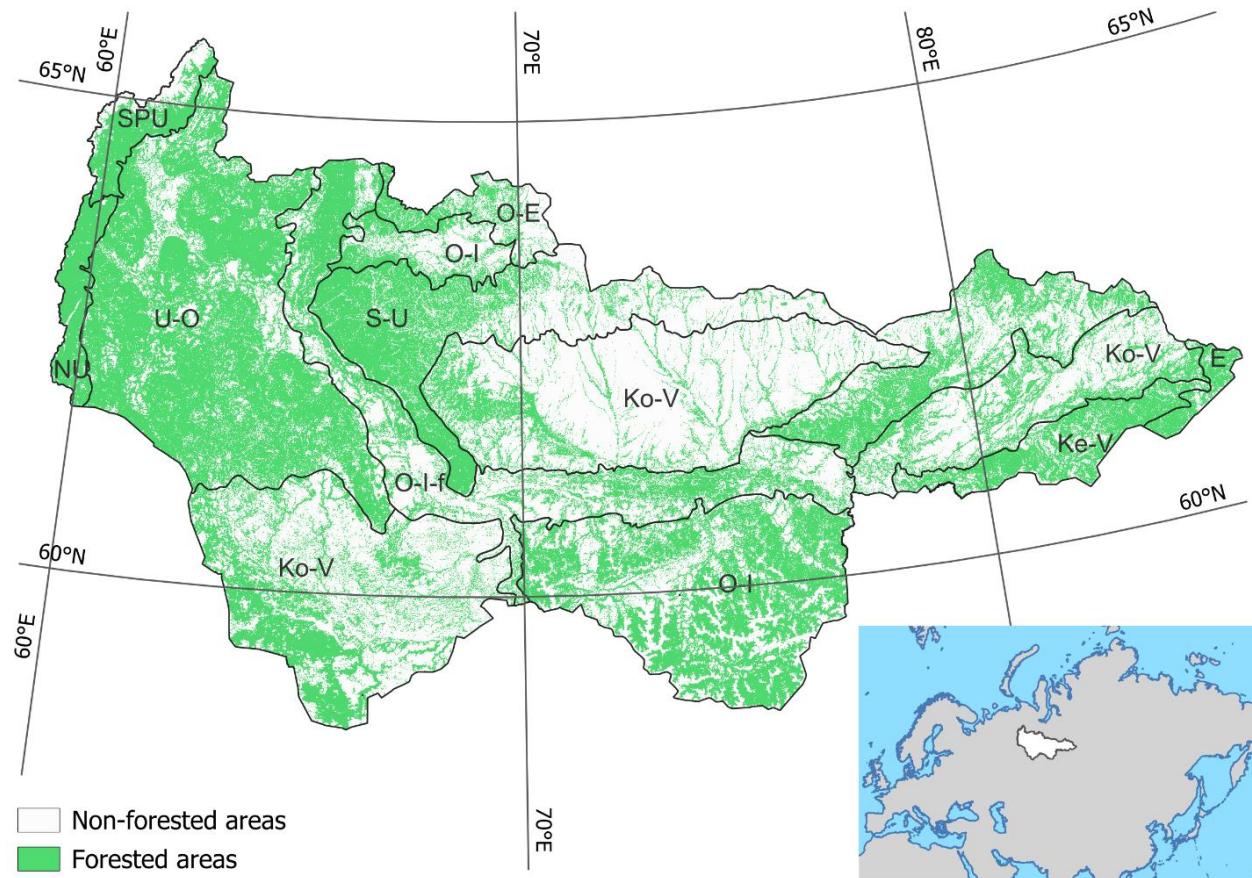
к.г.н., доцент, зав. лабораторией
Юртаев Андрей Александрович

АКТУАЛЬНОСТЬ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

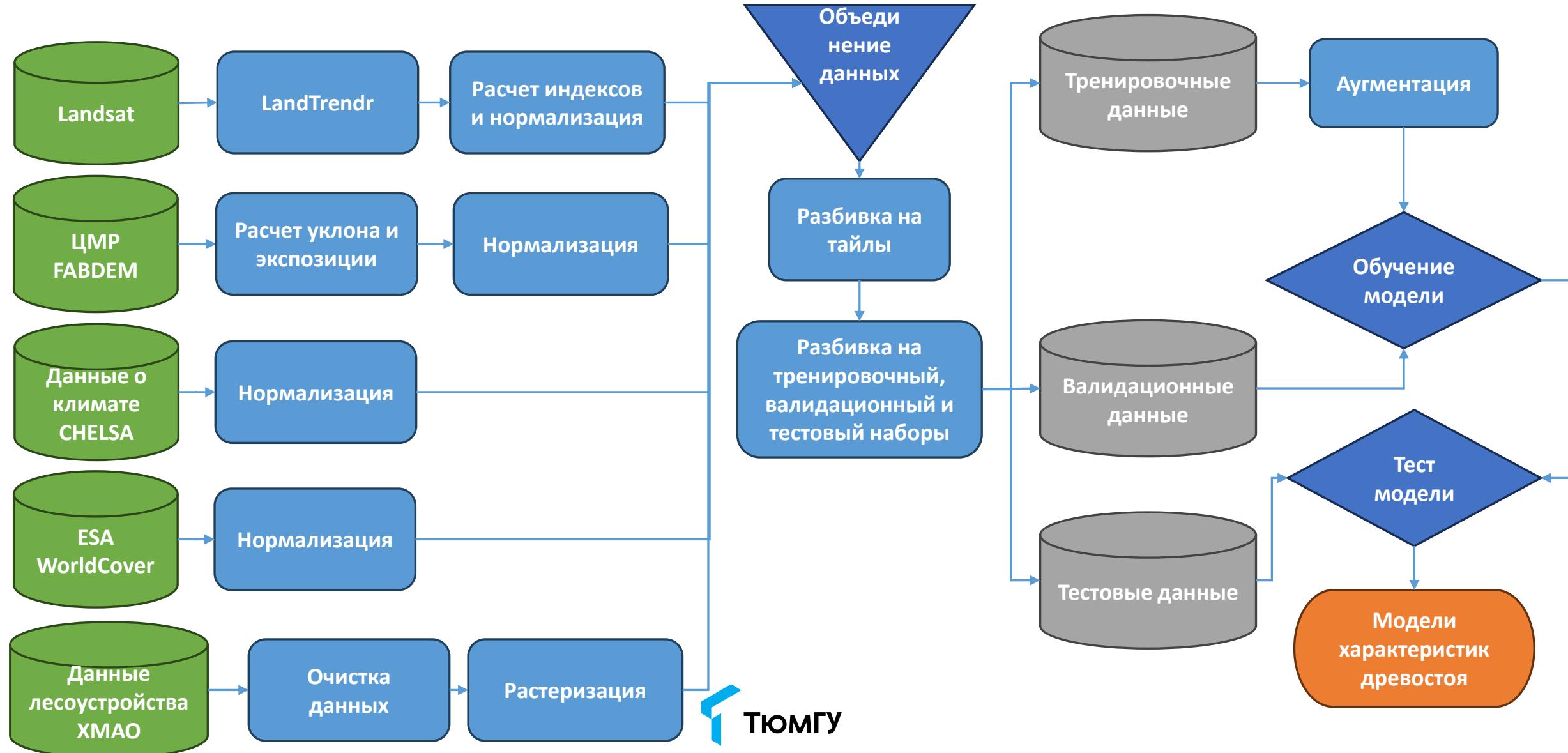
- Темпы изменения климата в Западной Сибири превышает среднемировые показатели
- Продолжается расширение инфраструктуры, в том числе нефтегазовых месторождений
- Последствия: увеличение частоты, силы и площадей пожаров, распространение на север насекомых-вредителей, изменение границ ареалов, деградация многолетней мерзлоты и т.д.
- Важна количественная оценка изменений лесных экосистем на региональном уровне
- Цель: моделирование 5 характеристик лесных экосистем на территории ХМАО с 1984 по 2024
- Созданы ежегодные карты преобладающей породы деревьев, бонитета, типа леса, запаса древесины и возраста древостоя
- Проанализированы основные тенденции в изменении структуры лесов
- Проведена оценка точности полученных моделей
- Проанализирован вклад предикторов в моделирование

ИССЛЕДУЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ

- Площадь - 534,8 тыс. км², 55,2% территории – леса
- Преобладают сосна обыкновенная, реже сосна кедровая, ель и лиственница, мелколиственные породы – береза и осина
- Преобладают леса IV и V класса бонитета
- Преобладающие группы типов леса – торфяно-болотная и сфагновая, ягодниковая, брусничная и долгомошно-хвощевая

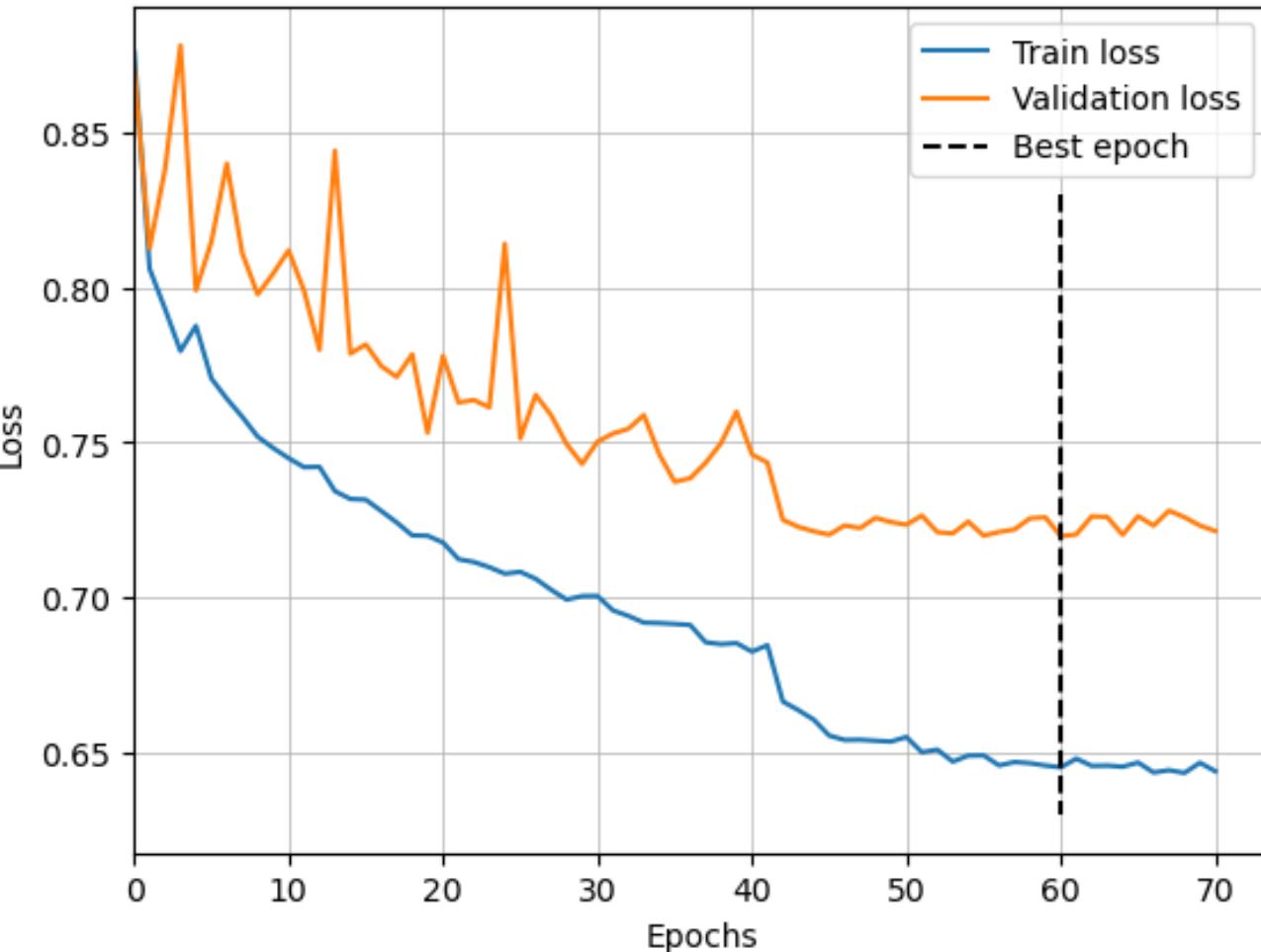


ДАННЫЕ И ИХ ОБРАБОТКА



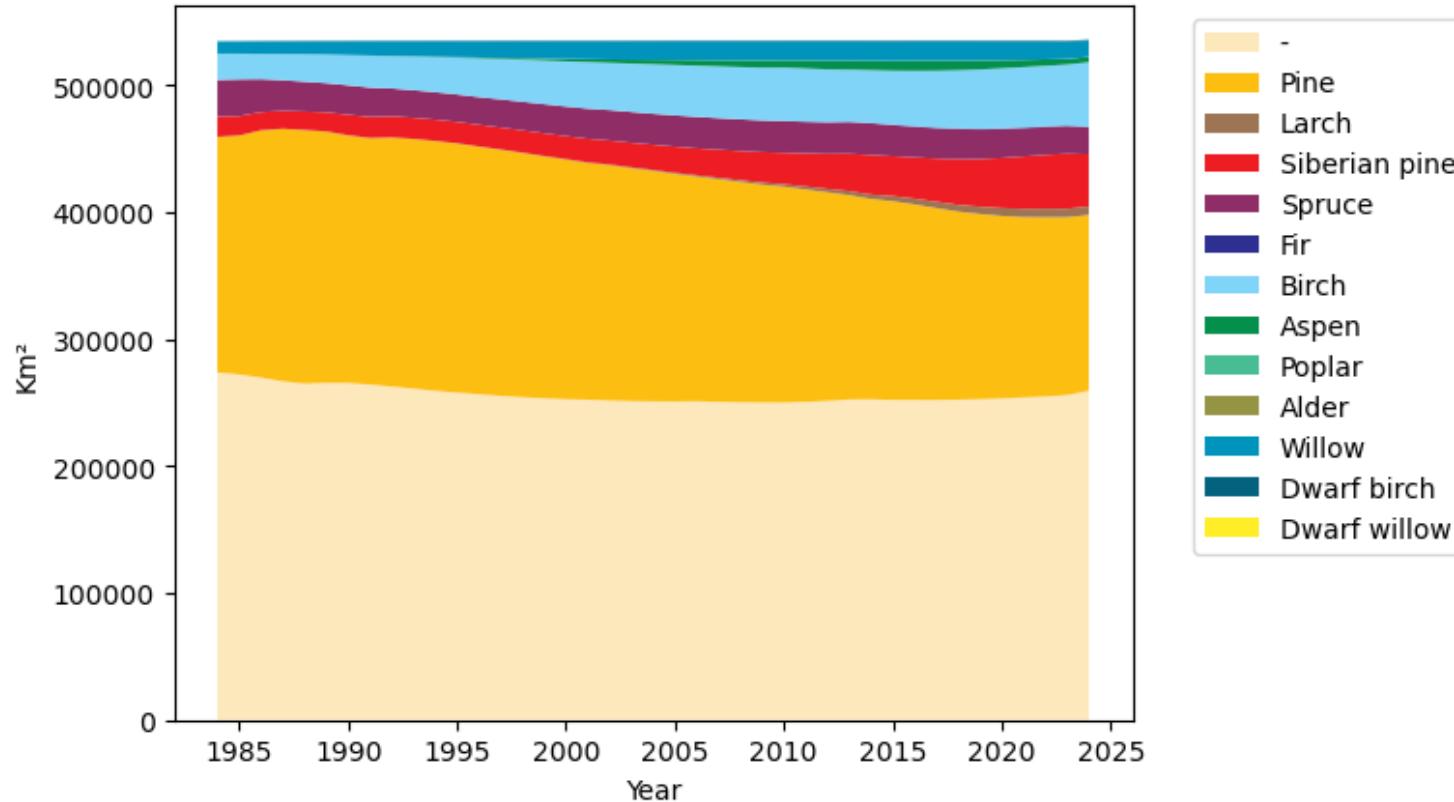
МЕТОДЫ

- 5 моделей – для преобладающей породы деревьев, бонитета, типа леса, запаса древесины и возраста древостоя
- Архитектура SegFormer
- Обучение в течение 100 эпох (итераций) с ранней остановкой
- Аугментация данных – случайная обрезка, изменение размера и отражение по горизонтали
- Функции потерь (loss) – категориальная перекрестная энтропия (сегментация) и среднеквадратичная ошибка (регрессия)



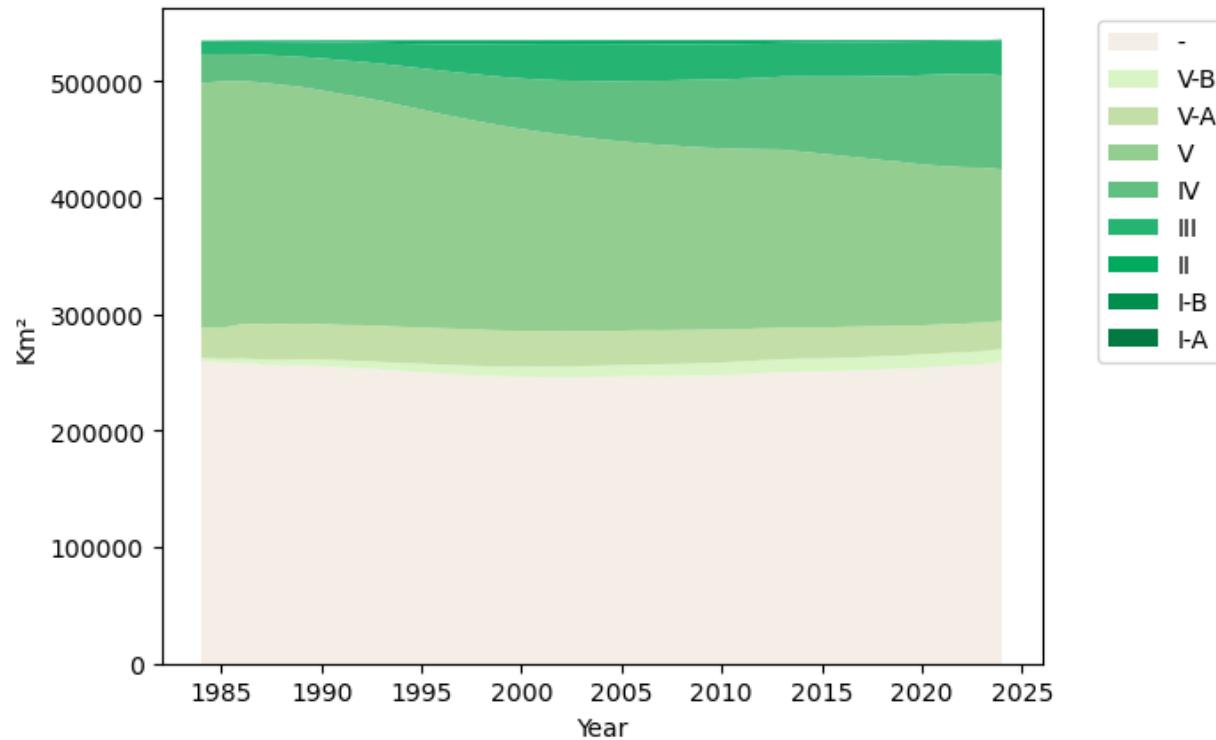
ПРЕОБЛАДАЮЩАЯ ПОРОДА

- Площадь безлесных территорий практически не изменилась
- Доля сосновых лесов сократилась с 34.7% до 25.8%
- Доля мелколиственных лесов увеличилась с 3.9% до 10.3%
- Также увеличилась доля кедровников, лиственничных и пихтовых лесов
- Замещение сосновых лесов мелколиственными наблюдается в большинстве ландшафтных областей
- Вероятно, связано с увеличением частоты и силы пожаров



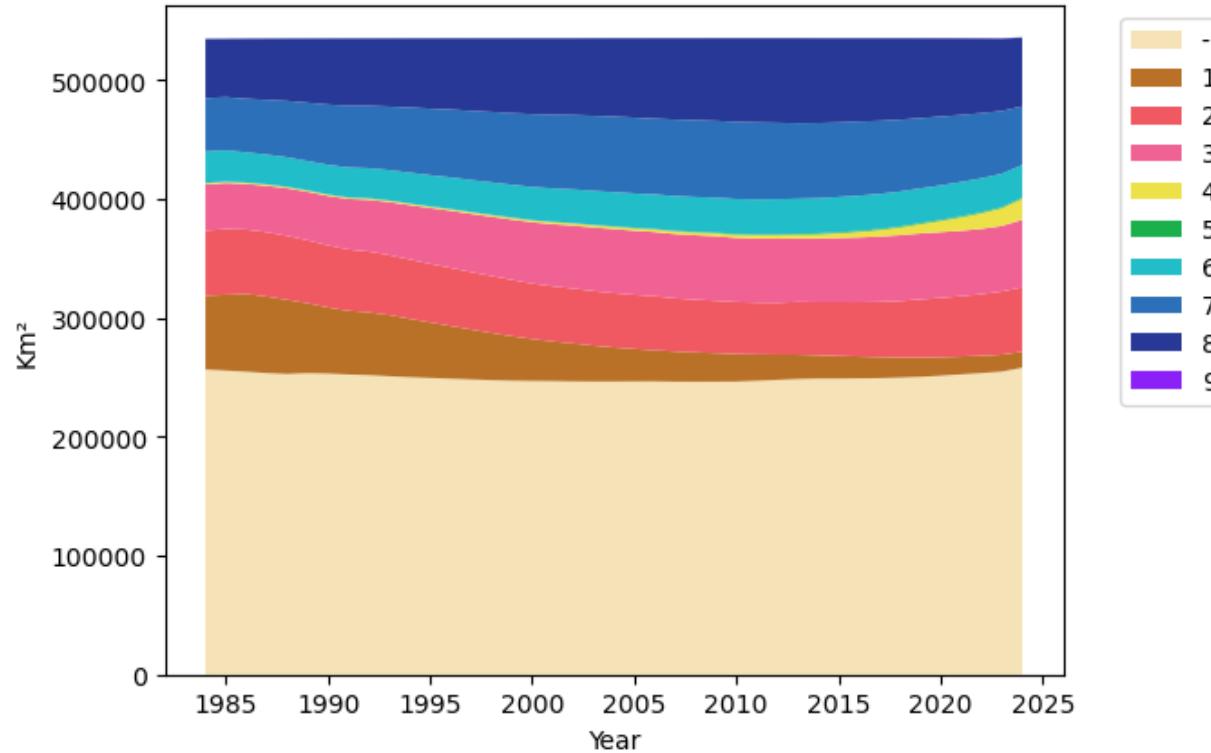
БОНИТЕТ

- Наибольшая площадь – IV и V класс бонитета
- V класс бонитета – доля сократилась с 39.3% до 24.3%
- IV класс бонитета – доля выросла с 4.6% до 15.1%
- III класс бонитета – доля выросла с 2% до 5.6%
- V-a, V-b и II классы бонитета – площадь практически не изменилась
- Урал – переход V-a и V-b классов в V класс, северные области – увеличение доли IV класса, южные области – увеличение доли IV и III класса



ТИП ЛЕСА

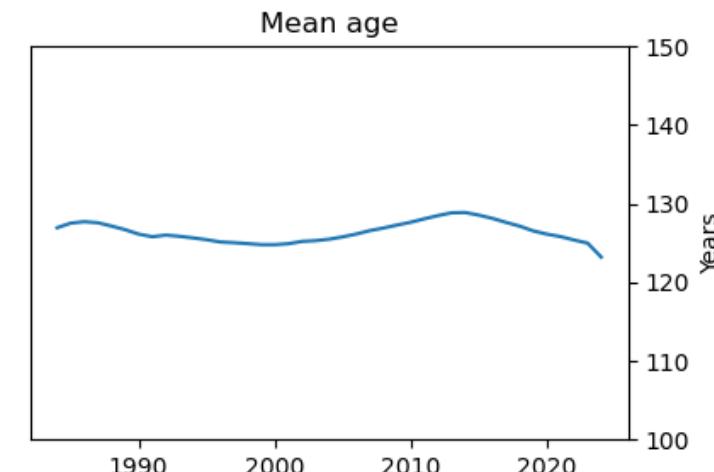
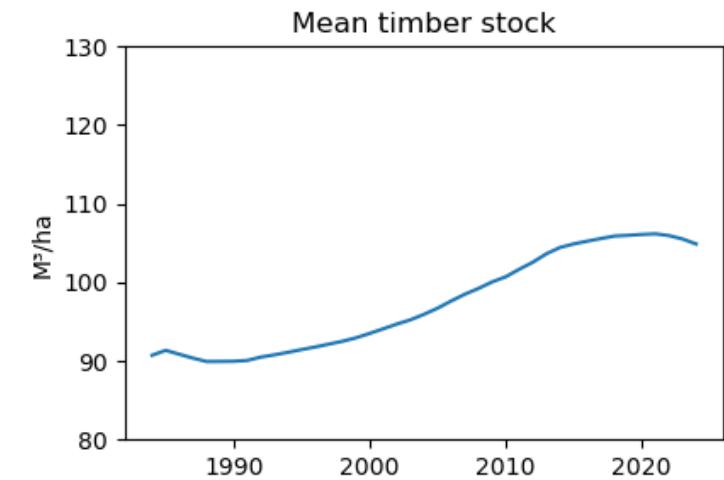
- Нагорная группа типов леса – сокращение с 11.6% до 2.5%
- Лишайниковые леса в северной тайге
- Остальные группы – небольшое увеличение площади, либо нет изменений
- Лишайниковый покров – восстанавливается наиболее долго, лишайниковые сосняки – повышенная горимость



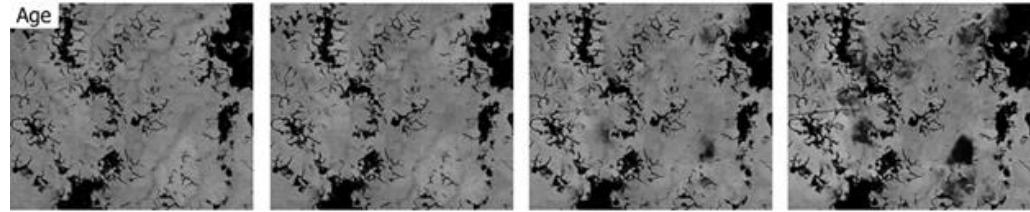
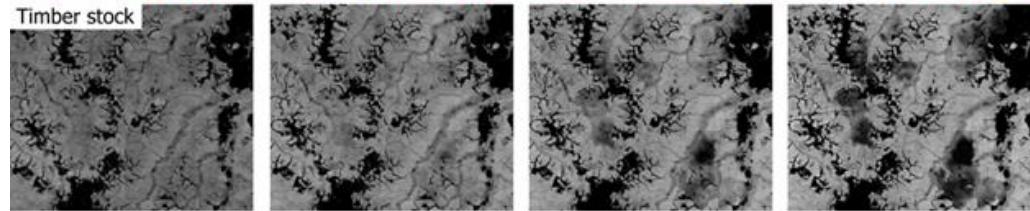
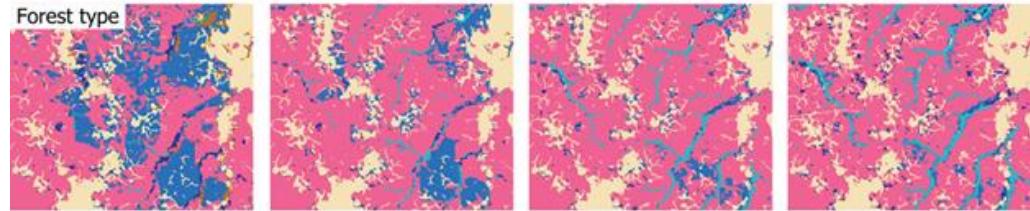
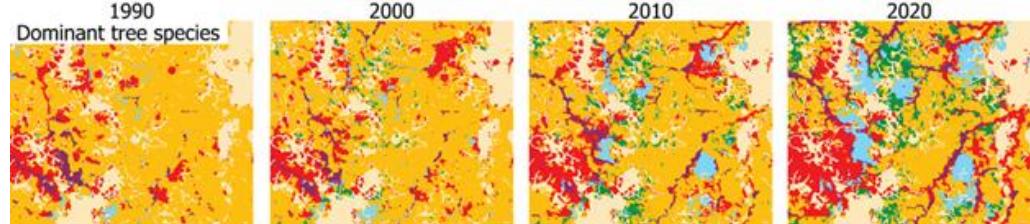
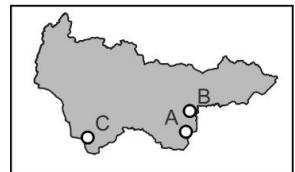
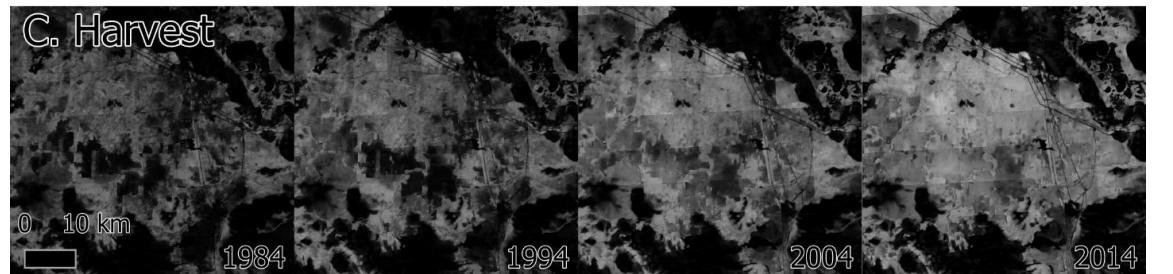
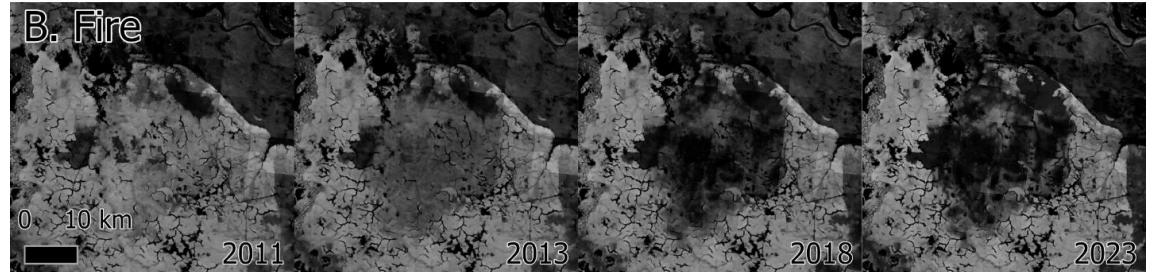
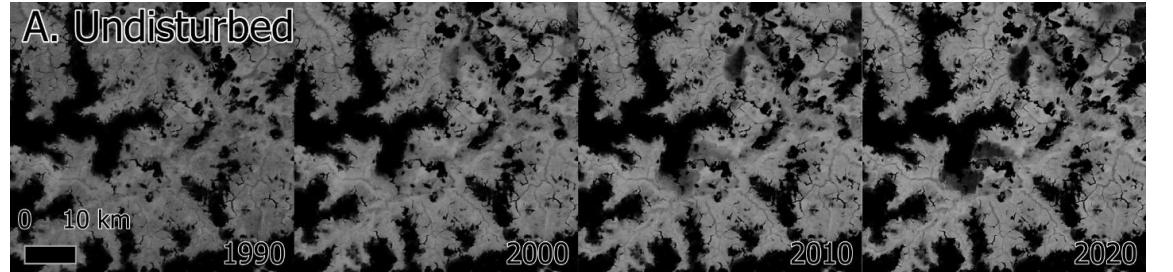
Группы типов леса:
1 – нагорная, 2 – брусличная, 3 – ягодниковая,
4 – травяно-зеленомошная, 5 – разнотравная,
6 – крупнотравно-приручьевая,
7 – долгомошно-хвощевая,
8 – торфяно-болотная и сфагновая, 9 – кустарниковая

ЗАПАС ДРЕВЕСИНЫ И ВОЗРАСТ

- Средний запас древесины увеличивался - с 90.7 м³/га до 104.9 м³/га
 - Наиболее интенсивный рост – южные Обско-Иртышская и Обско-Иртышская пойменная ландшафтные области
 - Наблюдается и в бореальных лесах других регионов, связано с увеличением температур и продолжительности вегетационного периода
-
- Средний возраст – оставался в диапазоне 120-130 лет
 - Наиболее сложный для моделирования параметр



ПРИМЕРЫ



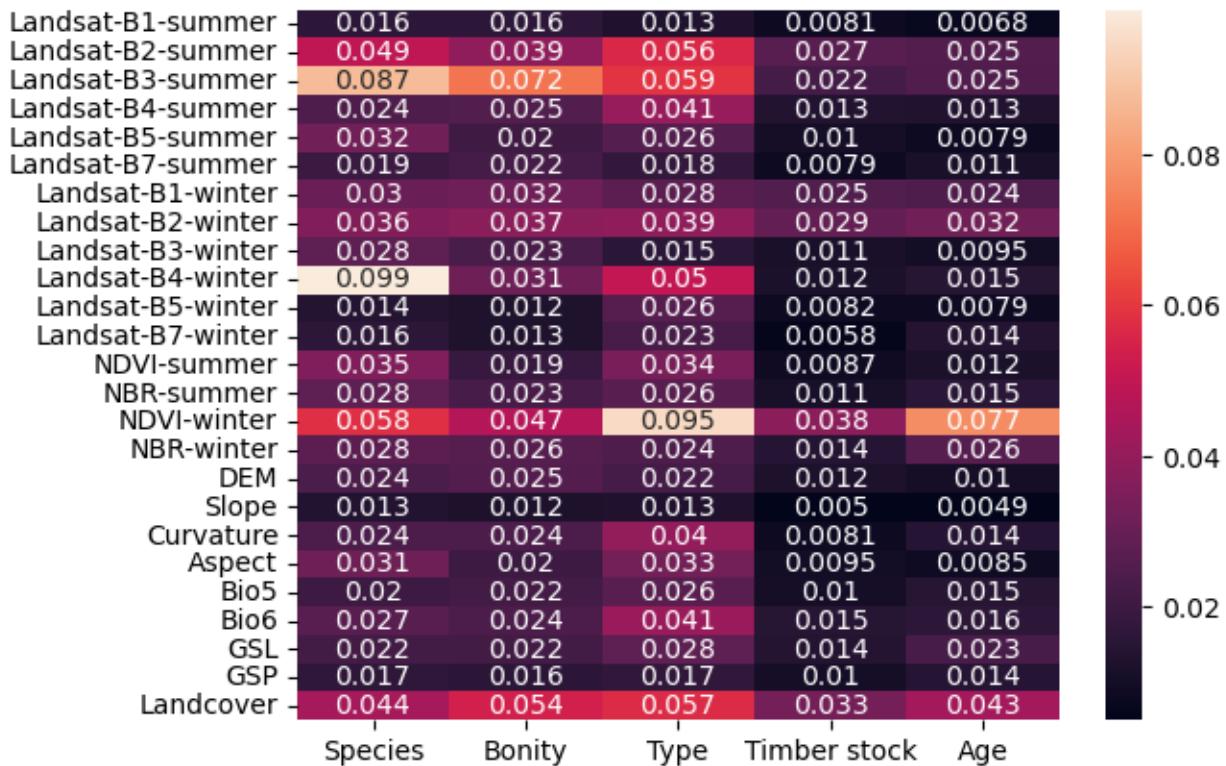
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

		Dominant tree species			Bonity			Forest type		
		Train	Validation	Test	Train	Validation	Test	Train	Validation	Test
Loss		0.602877	0.664098	0.674055	0.64518	0.719703	0.719556	0.720454	0.80489	0.804572
k-1 accuracy	micro-average	0.769747	0.743513	0.741641	0.739405	0.710124	0.710117	0.727634	0.697532	0.695981
	macro-average	0.448063	0.423815	0.413615	0.480388	0.441682	0.434159	0.48845	0.439234	0.43289
k-2 accuracy	micro-average	0.909251	0.892886	0.889311	0.901456	0.882522	0.882314	0.876653	0.851069	0.852394
	macro-average	0.66724	0.639675	0.641962	0.747806	0.703817	0.69896	0.70667	0.647391	0.641542
F1	micro-average	0.769747	0.743513	0.741641	0.739405	0.710124	0.710117	0.727634	0.697532	0.695981
	macro-average	0.449512	0.419698	0.407089	0.48997	0.44512	0.438453	0.489165	0.436419	0.43054

	Timber stock			Age		
	Train	Validation	Test	Train	Validation	Test
Loss	1515.039	1658.585	1668.277	1962.581	2057.857	2066.245
MAE	23.99307	25.04919	25.25334	27.5249	28.24993	28.50969
RMSE	38.66687	40.43425	40.63316	44.10225	45.1667	45.30227
R2	0.716719	0.703592	0.701662	0.701427	0.684081	0.688254

ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ПРЕДИКТОРОВ

- Данные ДЗ3 – наибольшая роль, особенно зеленый, красный, ближний инфракрасный каналы, в первую очередь за летний период
- Наличие RedEdge каналов могло бы повысить точность моделирования, минус – малый временной охват
- NDVI зимнего периода играет большую роль
- Данные о рельефе, климате – вспомогательная роль, в первую очередь – при определении типов леса
- Данные о ландшафтном покрове – неожиданно высокая важность, позволяют отделить лесные территории от безлесных



ДИНАМИКА ЗАПАСА УГЛЕРОДА

- По методике РОБУЛ
- 1984-2000 – с 4357 до 4657 Тг С
- 2000-2020 – с 4657 до 4740 Тг С
- 2020-2024 – с 4740 до 4644 Тг С
- Другие оценки:
- 8374.6 Тг С во всей Западной Сибири – Щепащенко, 1998
- ESA CCI Global Forest Above Ground Biomass – 3057 Тг С в 2007, 2670-2680 Тг С – с 2015 по 2022

