

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет

Анализ характеристик лесов на основе радиолокационных и оптических данных дистанционного зондирования на примере центральной Якутии

А. А. Созонтова
globus.propil@gmail.com

в.н.с., к.г.н. О. В. Тутубалина

Москва, 2022

Актуальность

Леса – половина территории России

Оценка углерода в лесах для исследований изменения климата.

Инвентаризация в лесном хозяйстве

Большой объем данных дистанционного зондирования и развитие машинного обучения – уточнение и разработка новых методик географических исследований



ИКИ РАН



greenpeace.ru

Используемые материалы

- Полевые описания (июль-август 2019)
- Материалы съемки с БПЛА (июль-август 2019)
- 6 радиолокационных снимков ALOS-2 PALSAR-2 с мая по октябрь 2019
- 7 радиолокационных снимков Sentinel-1 SAR с марта по октябрь 2019



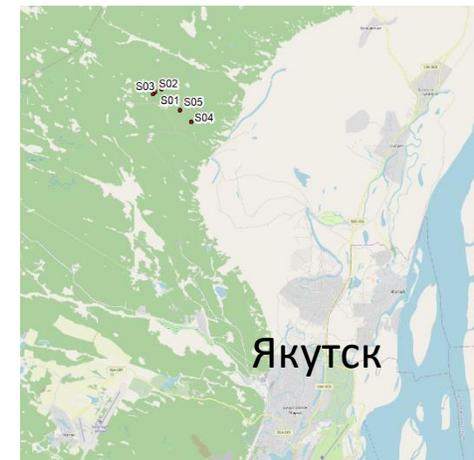
Радиолокационные данные



Материалы с БПЛА



Оптические снимки

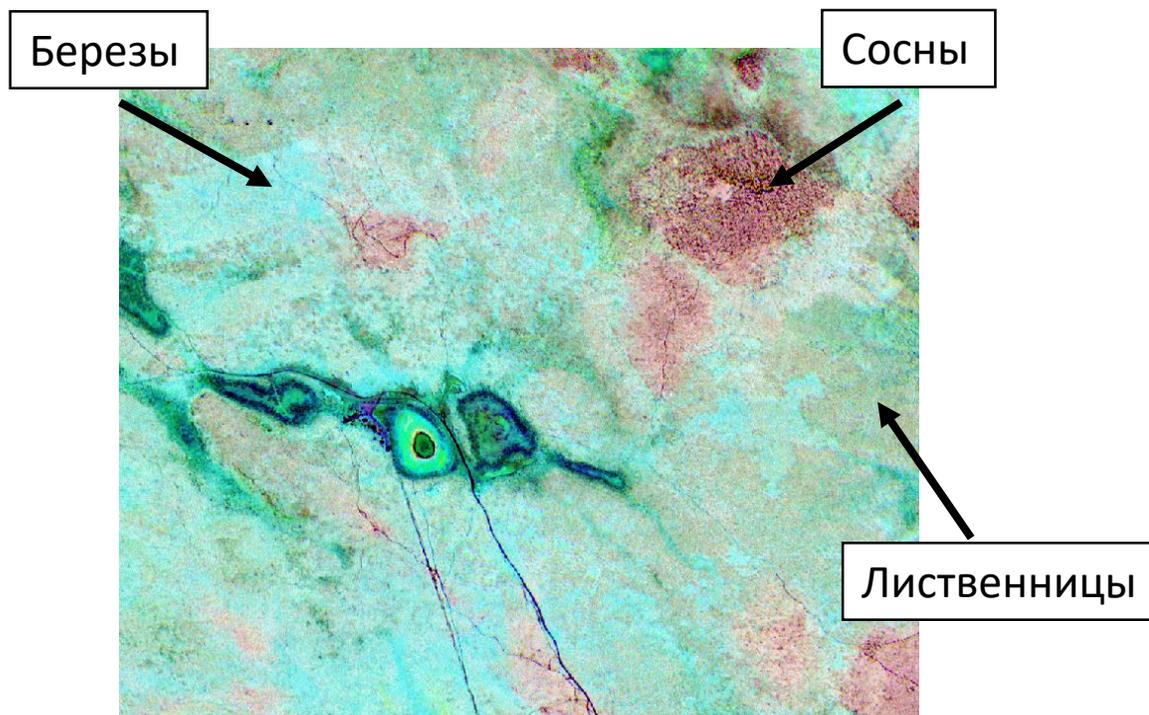


Респ. Саха (Якутия)

- Космические оптические снимки (Sentinel-2 MSI), в т.ч. сверхвысокого пространственного разрешения (WorldView-2, WorldView-3)
- Метеоданные

Определение породного состава лесов

Формирование обучающей выборки



R – NDVI, май, WorldView-3

G – NDVI, июль, WorldView-2

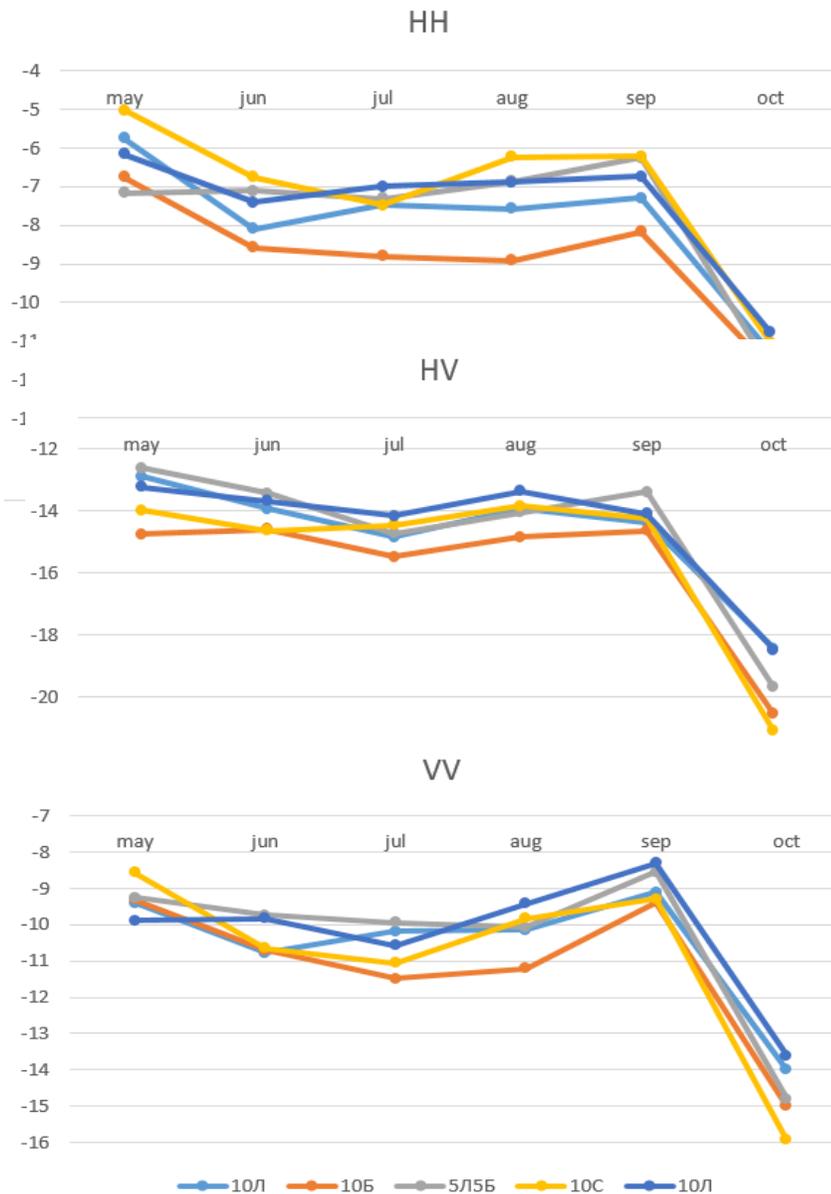
B – NDVI, август, WorldView-2

1. Полевые данные
- + 2. Результаты беспилотной съемки
- + 3. Снимки сверхвысокого разрешения

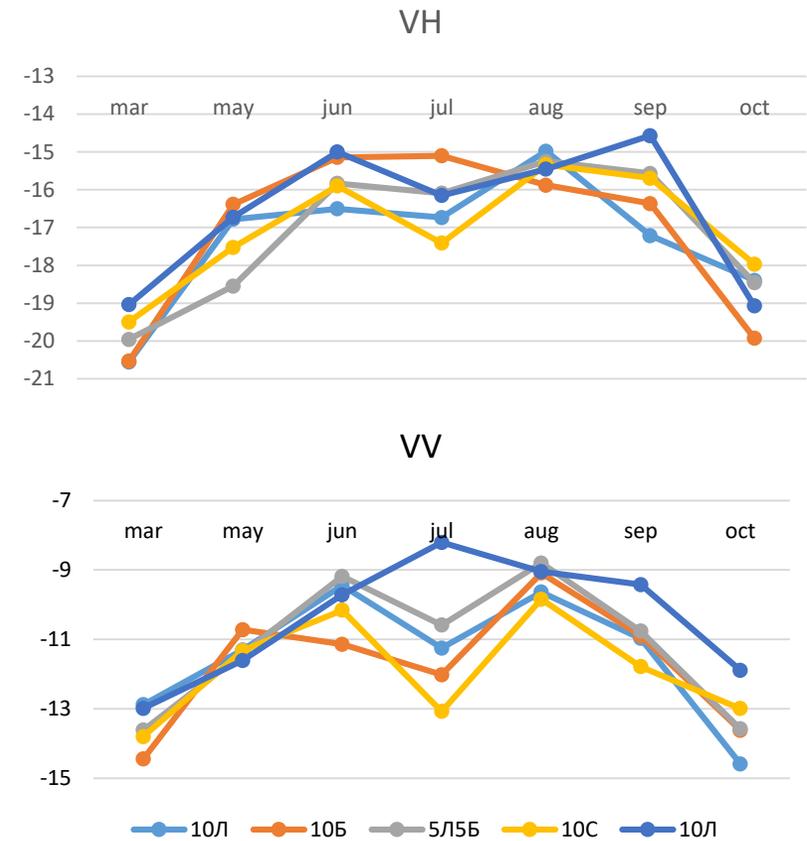
- Сосновые леса – вечнозеленые, самые яркие весной
- Березовые леса – самые яркие летом
- Лиственничные леса покрываются хвоей весной и ярче сосновых летом

Радиолокационные сигналы

ALOS-2 PALSAR-2 L-band



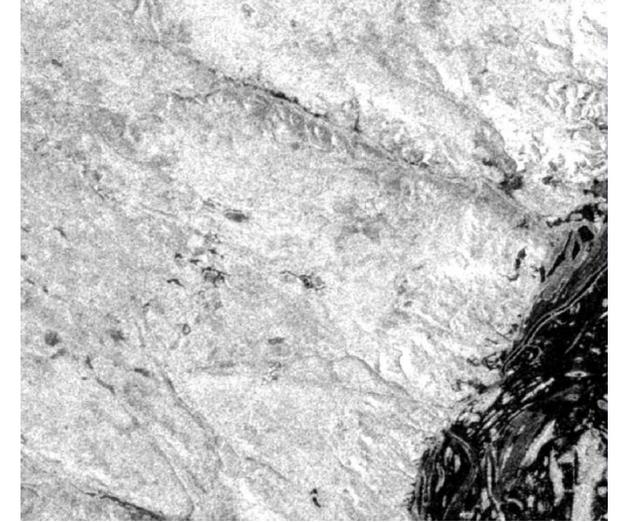
Sentinel-1 SAR C-band



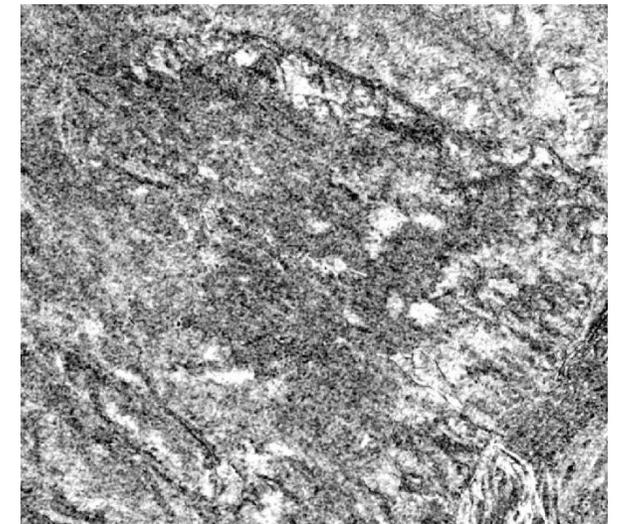
- ALOS-2: Березовые леса (оранж.) отделяются во всех поляризациях, Сосновые леса (желт.) - в HH-поляризации
- Sentinel-1: сигналы более изменчивы, но и больше смешаны

Производные радиолокационные параметры

- Поляриметрические декомпозиции
разложение сигнала на однократное,
двукратное и объемное рассеяния
- Когерентности пар снимков
корреляция значений сигналов за разные
даты
- Радиолокационные индексы
отношения поляризаций

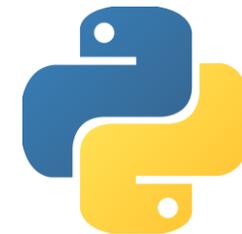


Объемное рассеяние, октябрь (ALOS-2 PALSAR)

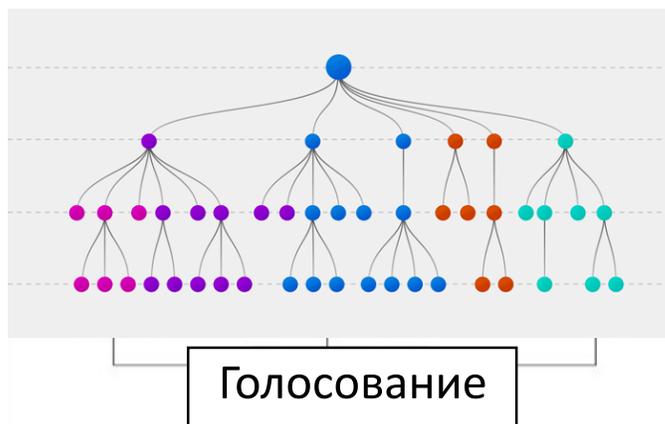


Когерентность в HH-поляризации, май – июнь (ALOS-2 PALSAR)

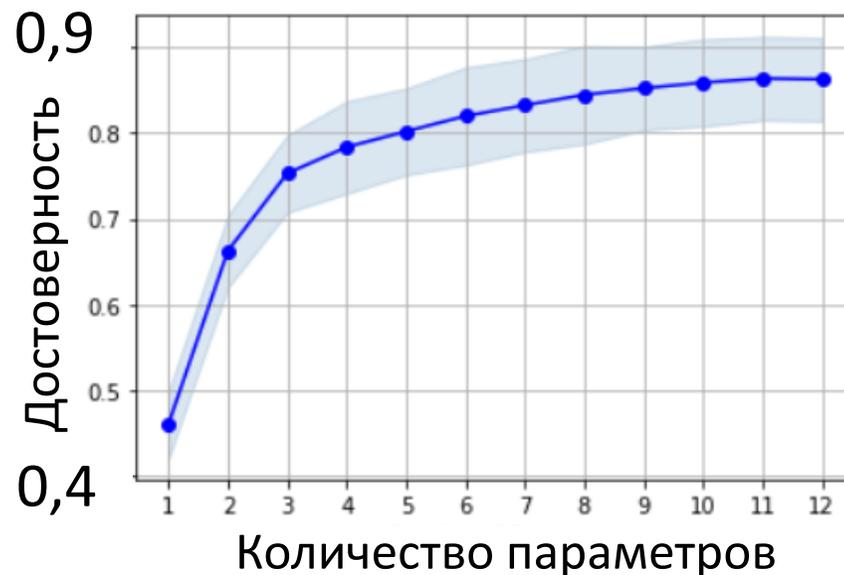
Отбор лучших параметров



Алгоритм
«Random
Forest»

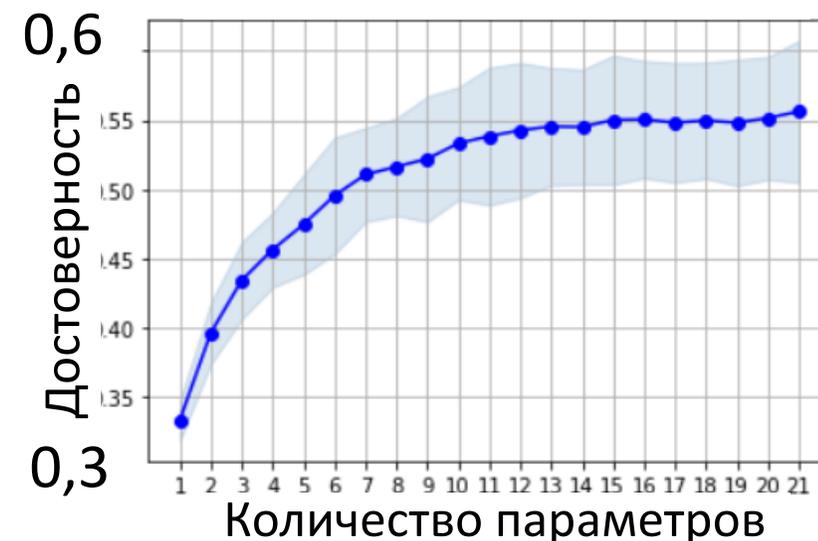


ALOS-2 PALSAR-2 L-band



Достоверность: 86 %

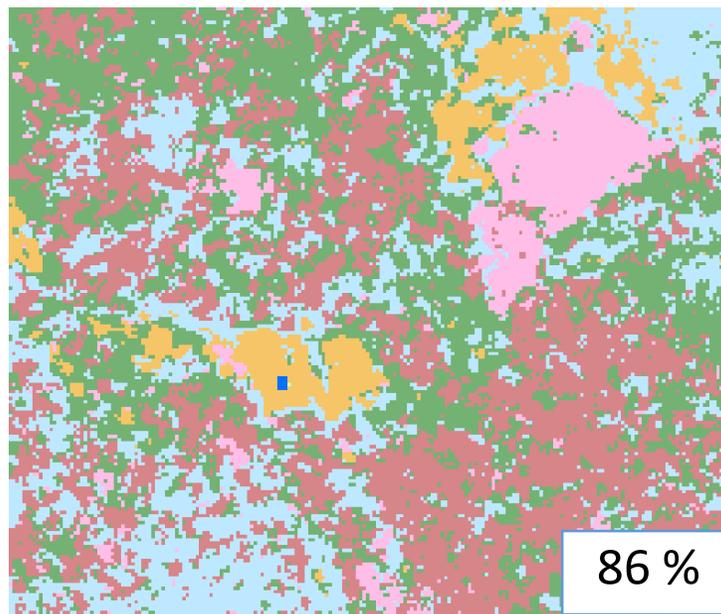
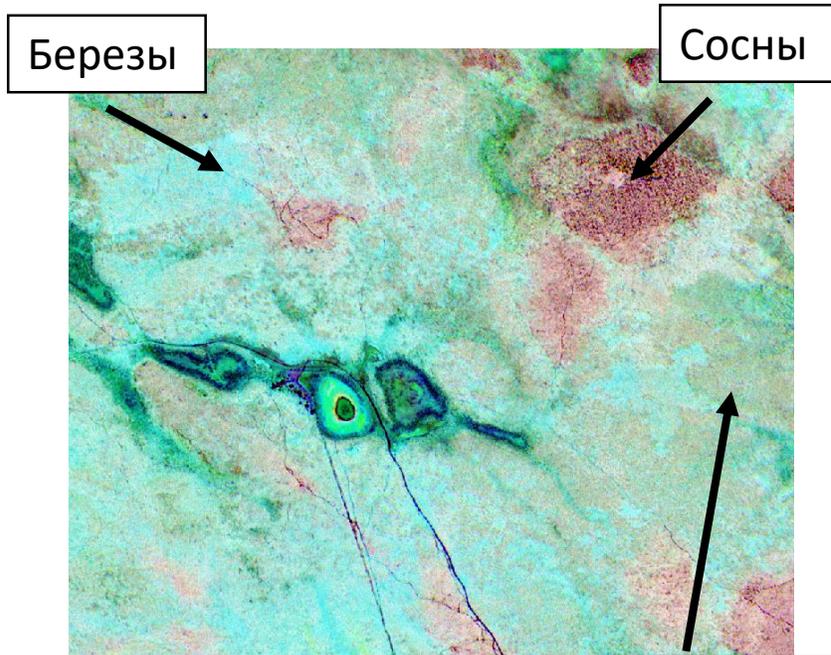
Sentinel-1 SAR C-band



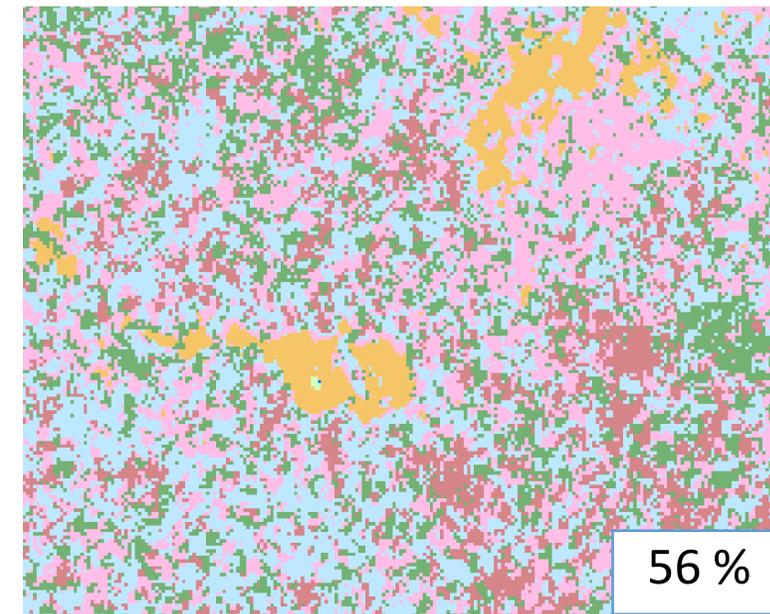
Достоверность: 56 %

- Наиболее ценные параметры: объемное рассеяние (лето, осень), когерентности в разных поляризациях для летних и осенних месяцев; кросс-поляризации
- Когерентности \approx **фенология**,
объемное рассеяние \approx **разнообразие геометрической структуры древостоя**

Породный состав



ALOS-2 PALSAR-2 L-band

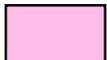
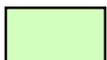


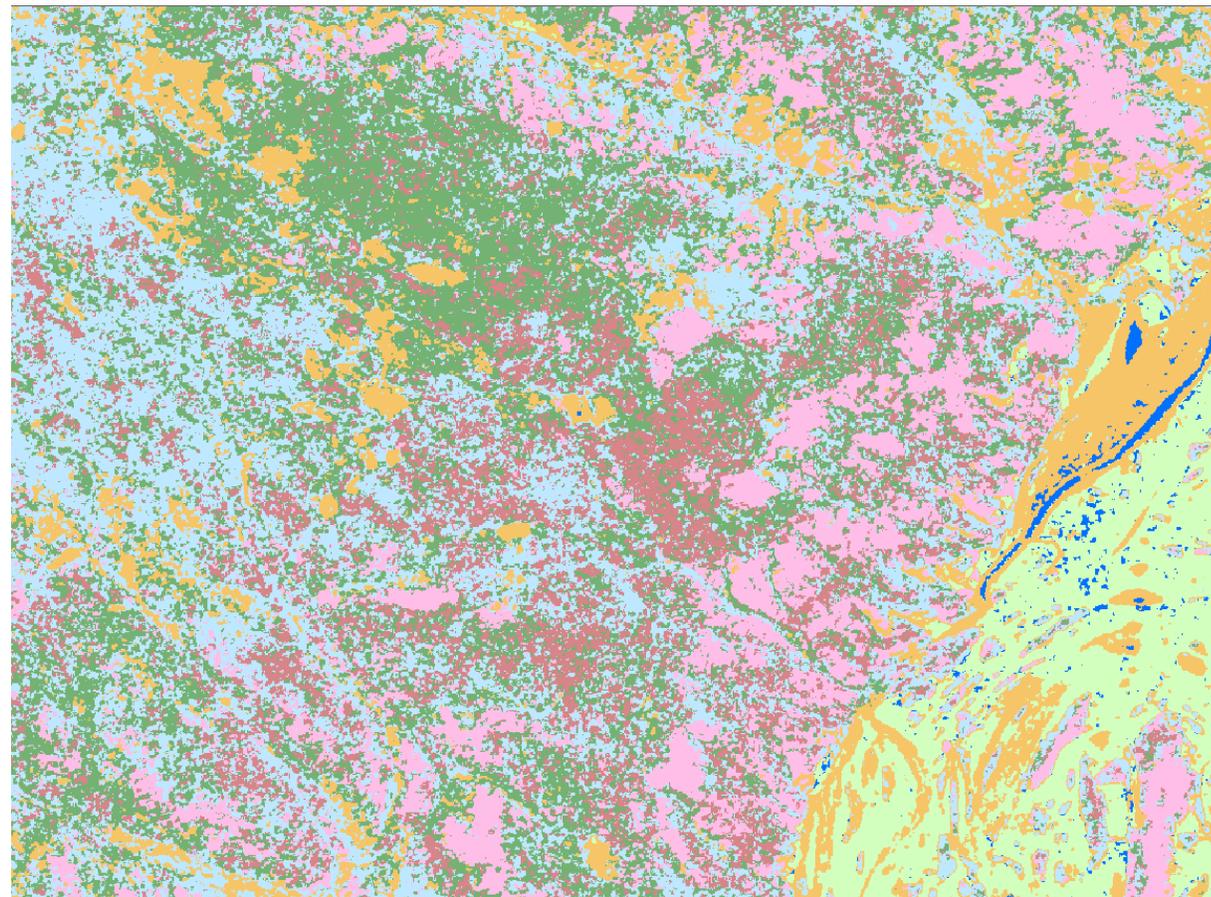
Sentinel-1 SAR C-band

- Длинноволновые данные ALOS-2 PALSAR-2 лучше разделяют леса по породному составу
- Коротковолновые данные Sentinel-1 SAR имеют потенциал в выделении лесной растительности без определения породного состава



Породный состав

| | | |
|------|--|----------------------------------|
| 97 % |  | Сосновый лес |
| 81 % |  | Лиственный лес |
| 68 % |  | Березово-лиственный лес |
| 81 % |  | Березовый лес |
| 97 % |  | Болота и заболоченные территории |
| 99 % |  | Травянистая растительность |
| 99 % |  | Водные объекты |



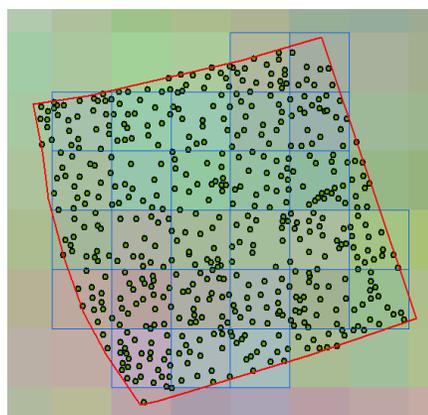
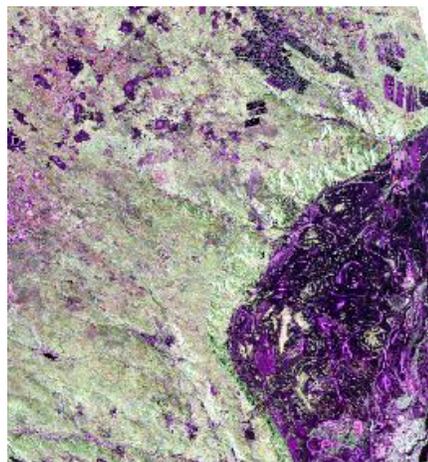
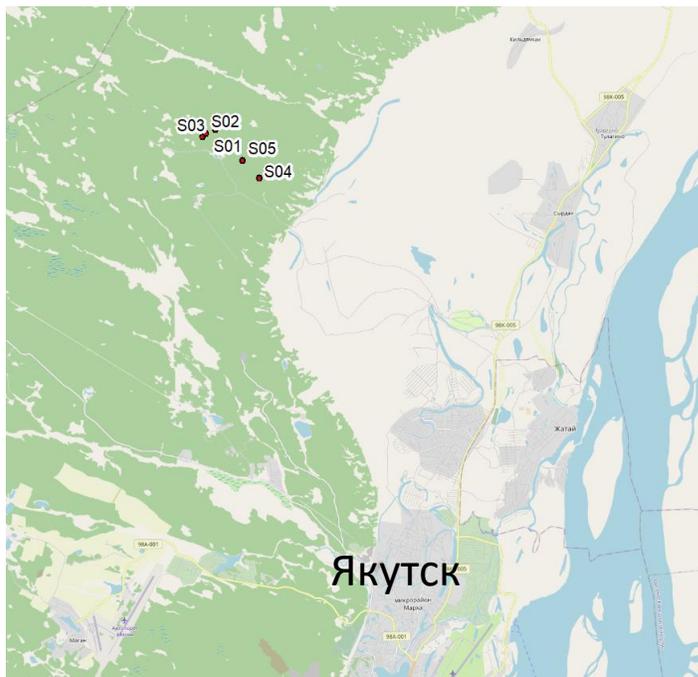
Достоверность: 86 %

- Ошибки преимущественно в классах лиственного, лиственно-березового и березового леса
- Заливные луга ошибочно относятся к болотам



Оценка запасов древесины

Оценка запасов древесины



- БПЛА: отдельные деревья и запасы древесины для каждого (на основе полевых измерений)
- Радиолокационные сигналы и производные параметры



- Суммирование запасов внутри каждого пиксела



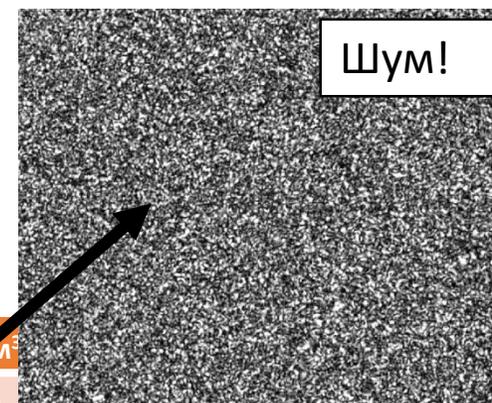
ArcGIS

Регрессионный анализ



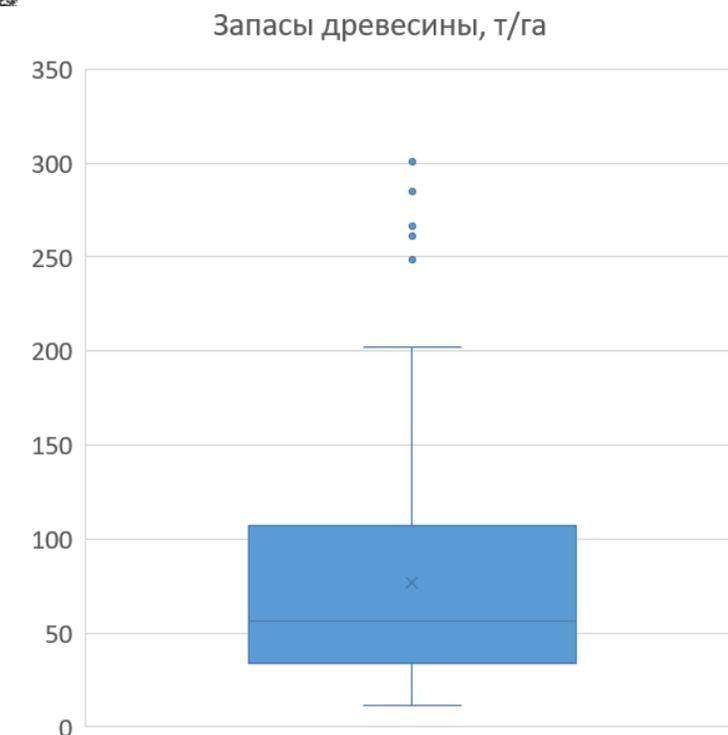
ALOS-2 PALSAR L-band

Sentinel-1 SAR C-band

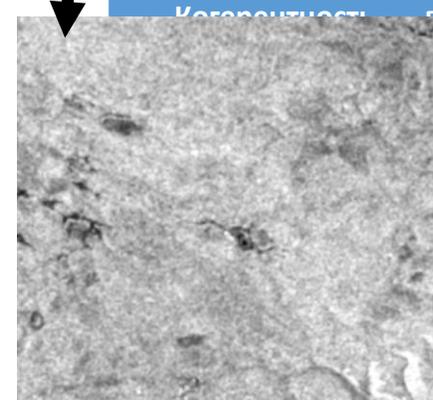


| Данные | R ² | СКО (м ³ /га) |
|---|----------------|--------------------------|
| Объемное рассеяние, октябрь | 0.463 | ±43.0 |
| VH-поляризация, октябрь, линейные ед. изм. | 0.3 | ±49.2 |
| Когерентность в HH-поляризации, май-октябрь | 0.294 | ±49.4 |
| VH-поляризация, октябрь, дБ | 0.262 | ±50.5 |
| Когерентность в VV-поляризации, май-октябрь | 0.258 | ±50.6 |

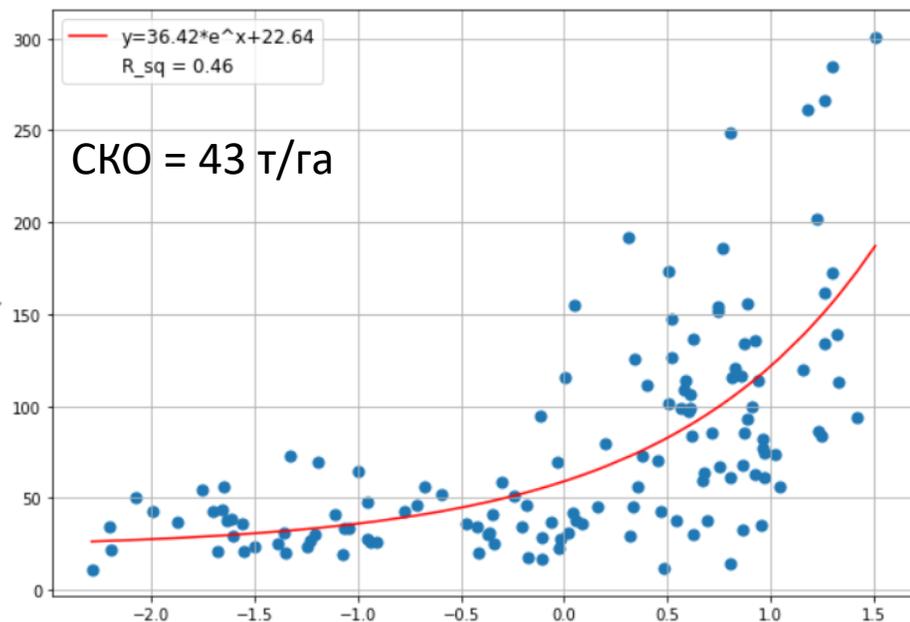
| Данные | R ² | СКО (м ³ /га) |
|--|----------------|--------------------------|
| Когерентность в VH-поляризации, август-октябрь | 0.228 | ±46.7 |
| Когерентность в VH-поляризации, март-октябрь | 0.226 | ±46.7 |
| Когерентность в VV-поляризации, май-июнь | 0.215 | ±47.1 |
| VV – VH, июль | 0.203 | ±47.4 |
| VV-поляризация, июль, линейные ед. | 0.189 | ±47.9 |



- L-диапазон чувствительнее
- Отрицательные температуры!
- Полнополяризованные данные предпочтительны, в противном случае VH-поляризация



Оценка запасов древесины



Объемное рассеяние, октябрь (ALOS-2 PALSAR)

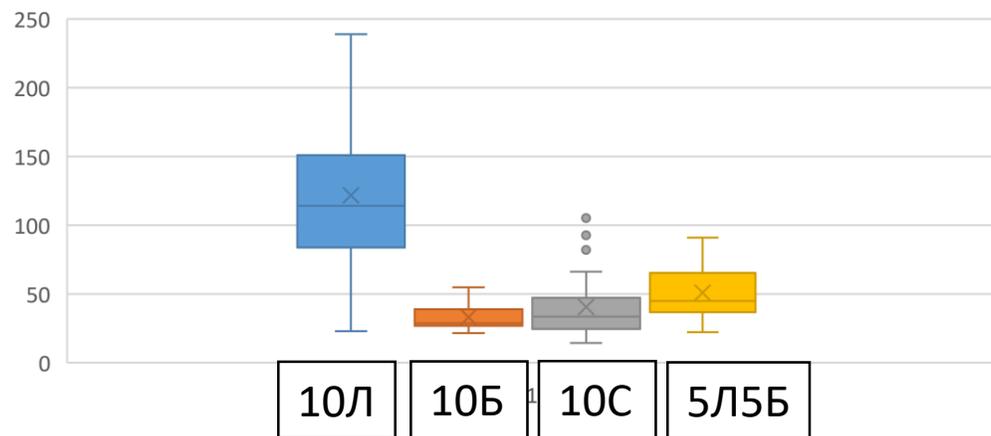
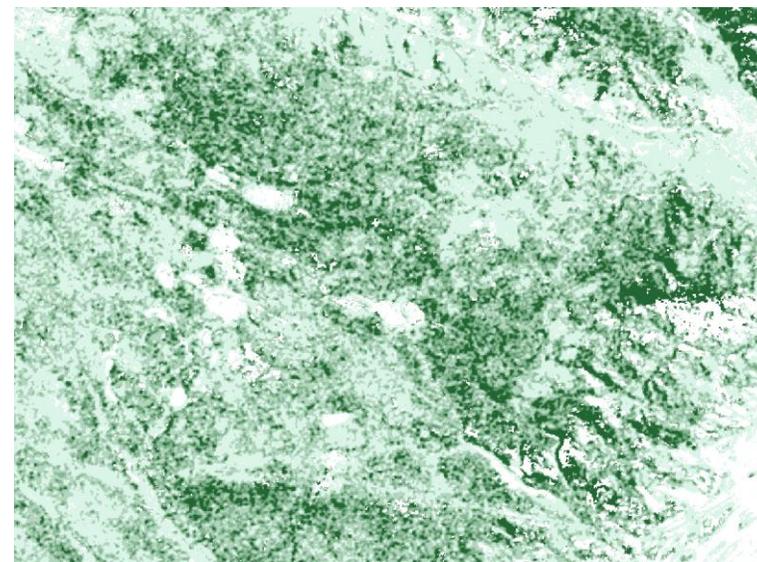
Запасы на площадках

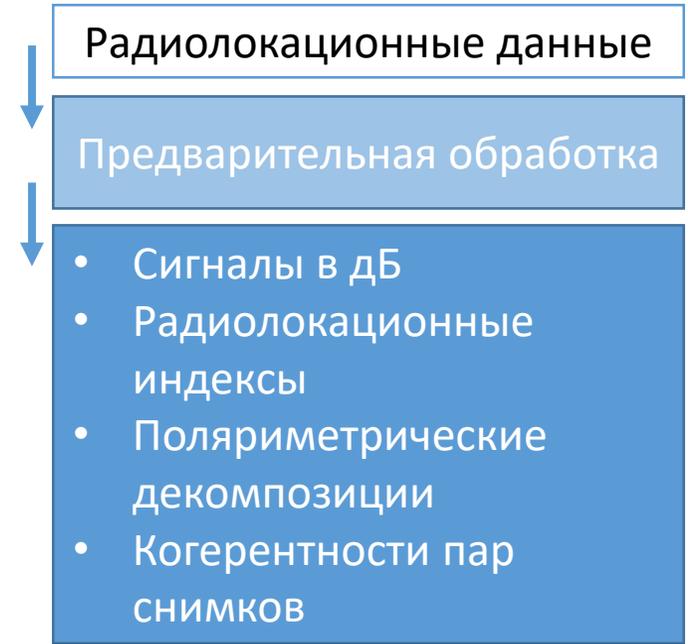
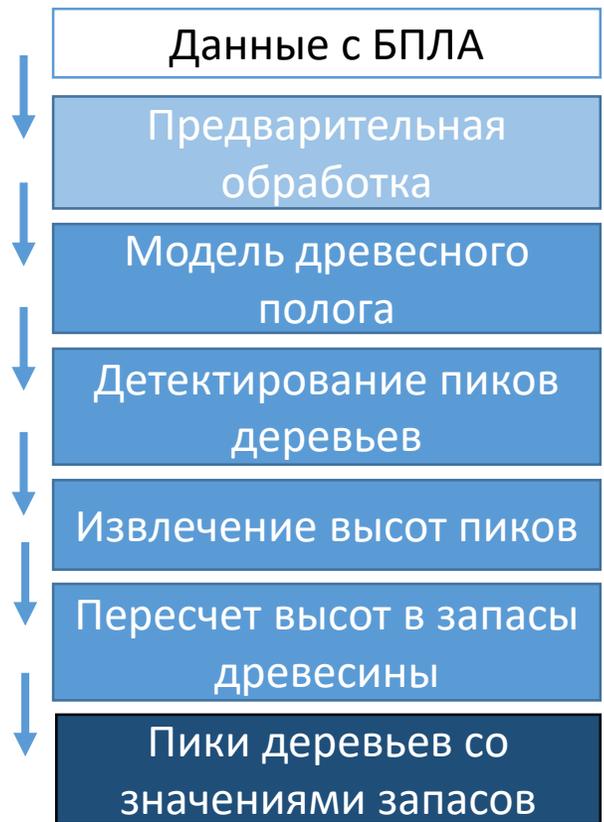
- Сосновый лес
- Лиственный лес
- Березово-лиственный лес
- Березовый лес
- Болота и заболоченные терр.
- Травянистая растительность
- Водные объекты



Запасы древесины, т/га

- более 200
- 150 - 200
- 100 - 150
- 60 - 100
- 40 - 60
- менее 40





Оценка запасов древесины

Выводы

Снимки *ALOS-2 PALSAR-2* могут быть использованы для классификации породного состава и оценки запасов древесины. Наиболее ценными являются производные признаки (результат декомпозиции или когерентности); наиболее чувствительными являются снимки, полученные при отрицательной температуре воздуха

Данные *Sentinel-1 SAR* в этой задаче не смогут заменить данные *ALOS-2 PALSAR-2*, что связано с короткой длиной волны, но также и отсутствием полнополяризованного режима. Тем не менее, они могут быть использованы для создания маски леса

Внедрение методов машинного обучения позволяет автоматизированно отбирать наиболее чувствительные к оценке запасов древесины и классификации породного состава радиолокационные параметры

Спасибо!

Работа выполнена по российско-британскому проекту «Мультиплатформенный дистанционный мониторинг воздействия изменения климата на северные леса России». Проект финансируют Британский Совет (грант Institutional Links № 352397111) и Министерство науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61618X0099)

