



Факультет географии и
геоинформационных технологий

Геоинформационные технологии
и пространственное моделирование

Москва
2023

Анализ характеристик лесного покрова с применением фотограмметрических облаков точек на уровне отдельных деревьев

Петров Олег Григорьевич, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»



Лесные пожары

- Лесные пожары имеют отрицательное влияние на экологию, окружающую среду и социально-экономическое положение стран (Kala, 2023)
- Черный углерод и прекурсоры озона являются загрязнителями воздуха, поступающими в атмосферу из-за лесных пожаров, которые также являются причиной большого числа преждевременных смертей (Landrigan et. al., 2018)
- Короткоживущие загрязняющие вещества (SLCP), в которые входят черный углерод и озон, способствуют глобальному изменению климата, помимо чистой потери лесной биомассы, приводящей к чистым выбросам углекислого газа (Narita et al., 2021)
- Эффективное управление лесами позволяет уменьшить масштаб негативных последствий лесных пожаров (Abedi, 2022)



Reuters, Roman Kutukov

Управления лесами

- Для устойчивого управления лесами требуется подробная информация о состоянии лесов (Лесной..., 2006)
- Существуют проблемы с точностью, субъективностью и стоимостью полевого мониторинга лесов (White et. al., 2016)
- ВЛС (воздушное лазерное сканирование) как альтернативный метод мониторинга сопряжен с высокими затратами, по сравнению с методами ЦАФ (цифровой аэрофотограмметрии) (Cao et. al., 2019)
- Отсутствуют стандарты и передовые методы съемки и обработки данных ЦАФ лесов (White et. al., 2016)

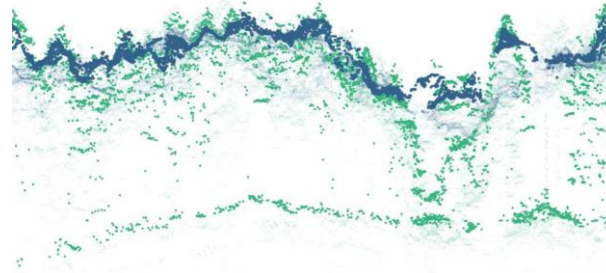


Рисунок 1. Сравнение трехмерных облаков точек, полученных ВЛС (синим) и ЦАФ (зеленым) (White et. al., 2016)

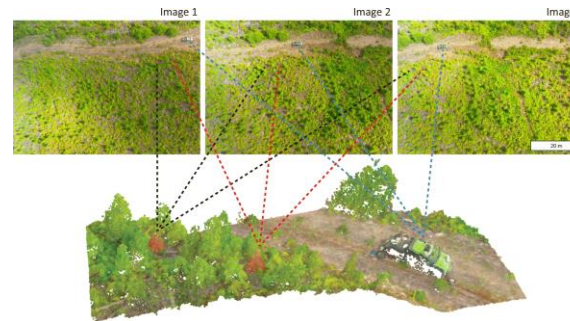
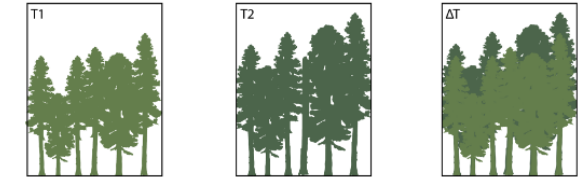


Рисунок 2. Упрощенное представление метода ЦАФ (White et. al., 2016)

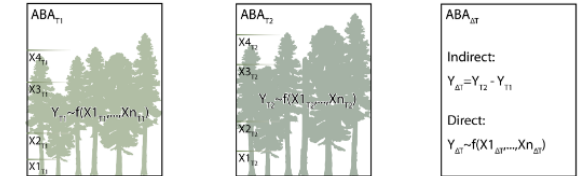
Forest stand at two points in time



CHM differencing



Area-based analysis



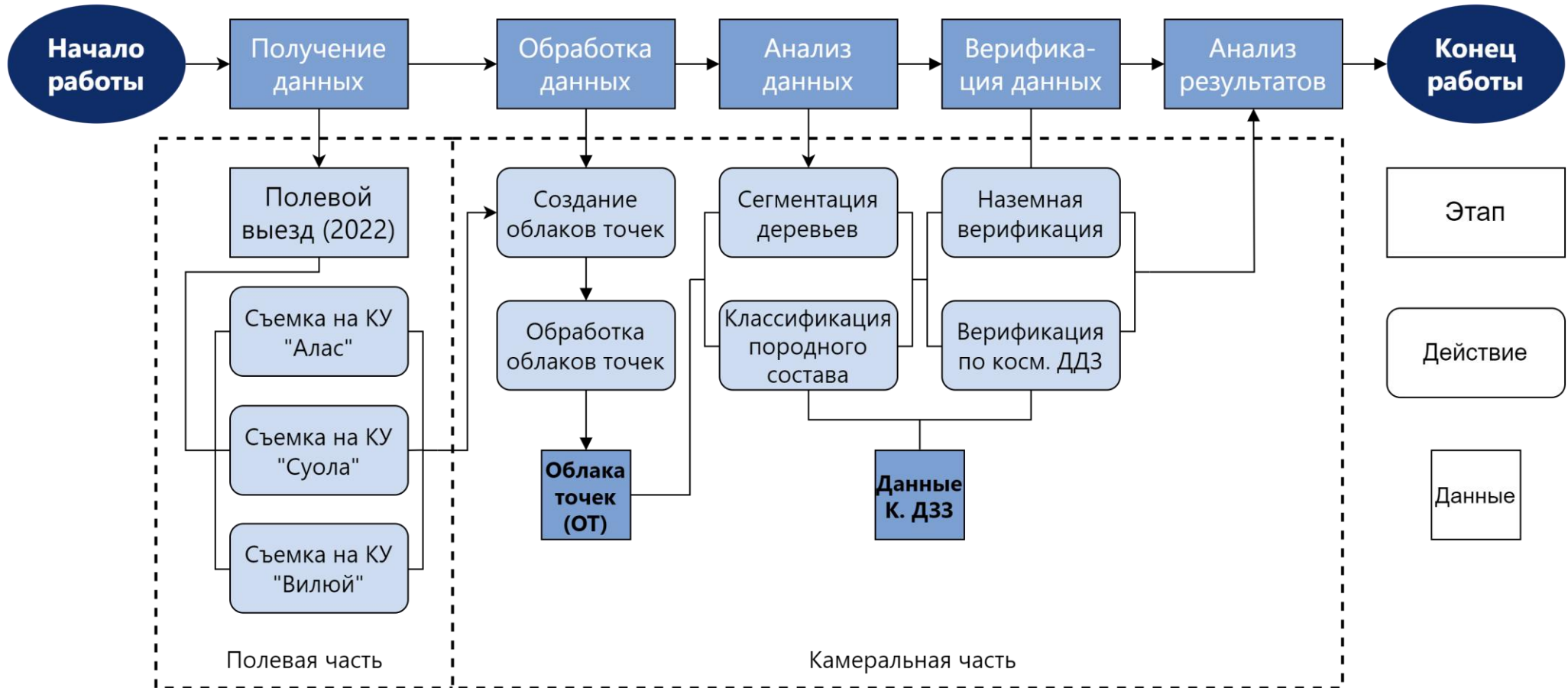
Individual tree-level analysis



Рисунок 3. Различные методы оценки инвентаризационных показателей леса (Tompalski et. al., 2019)



Последовательность действий при выполнении работы



Отдельные процессы обработки и анализа облаков точек



Рисунок 4. Процесс обработки снимков с БПЛА

Рисунок 5. Процесс идентификации и сегментации деревьев облака точек

Процесс идентификации и сегментации отдельных деревьев

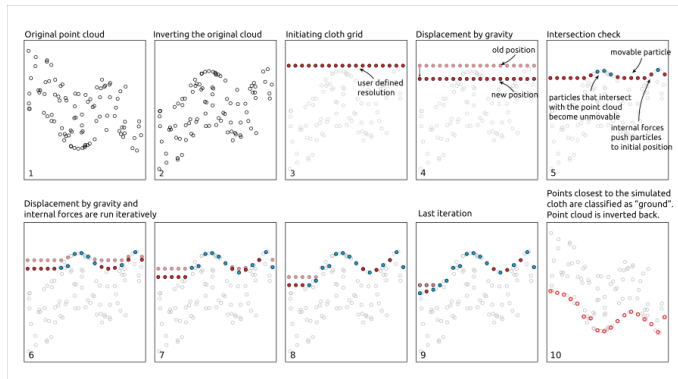


Рисунок 6. Cloth simulation filter [Zhang et al., 2016, Roussel et al., 2020]

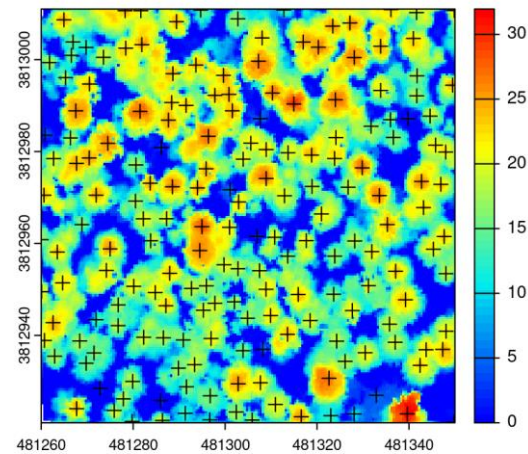


Рисунок 7. Local maximum filter [Roussel et al., 2020]

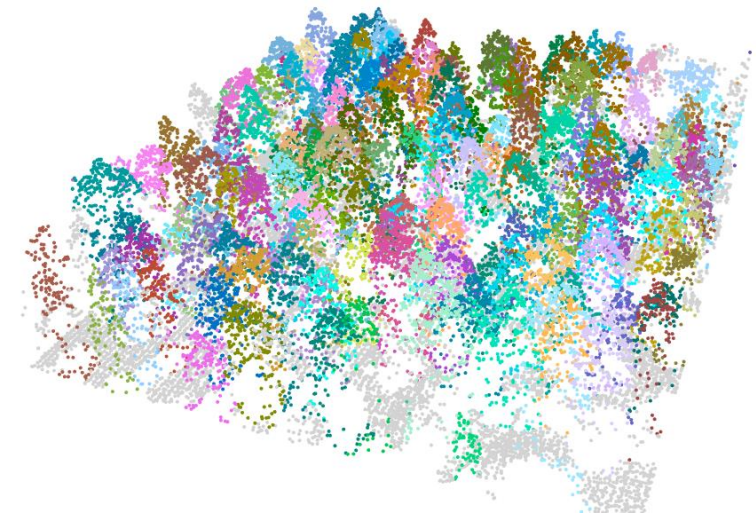


Рисунок 8. Tree segmentation [Dalponte et al., 2016]



Объекты исследования

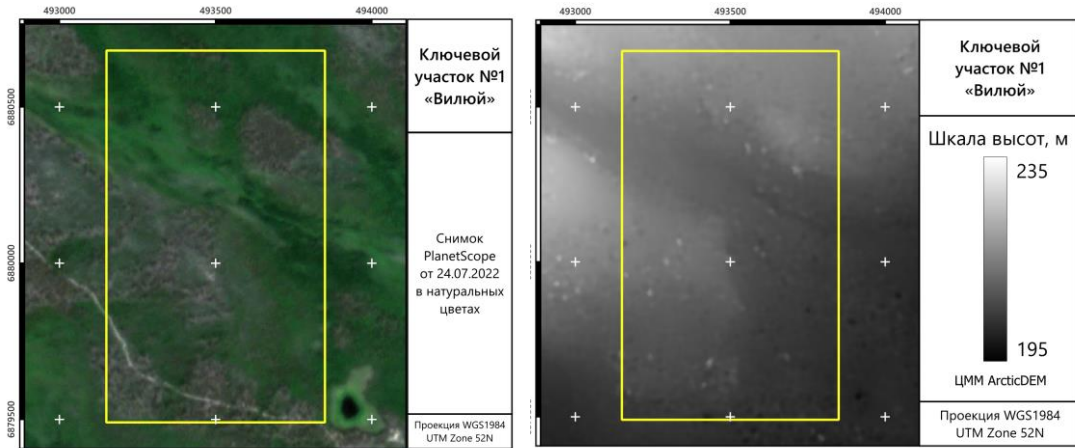


Рисунок 9. Ключевой участок «Вилуй»

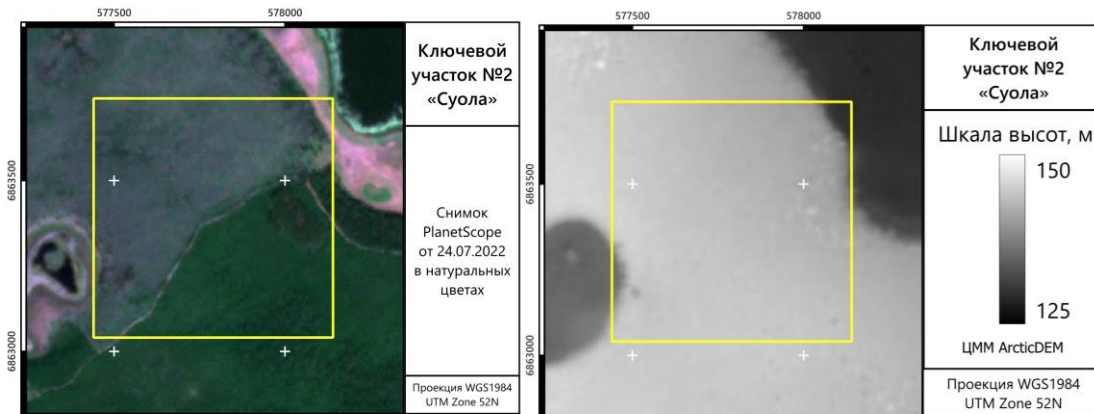


Рисунок 10. Ключевой участок «Суола»

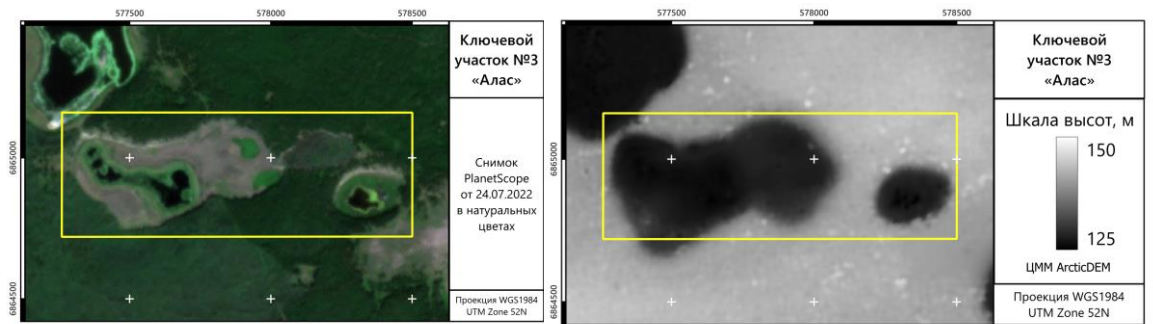


Рисунок 11. Ключевой участок «Алас»

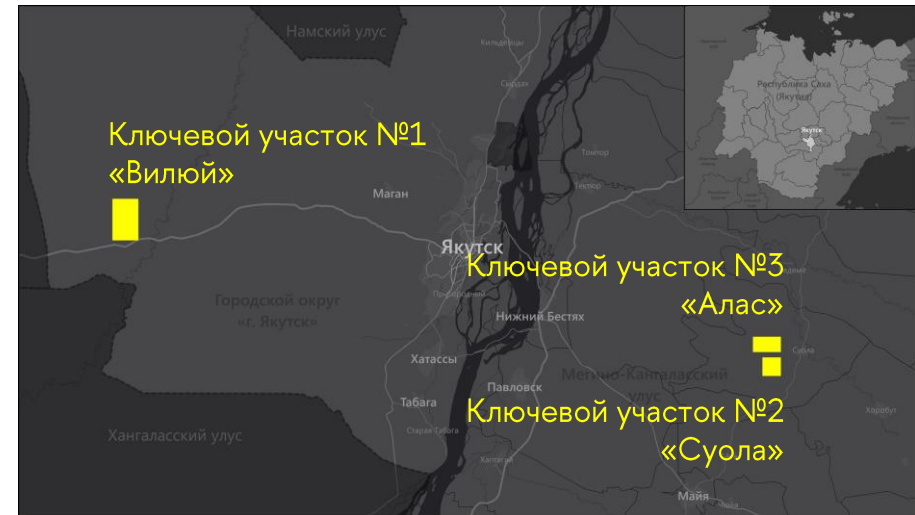


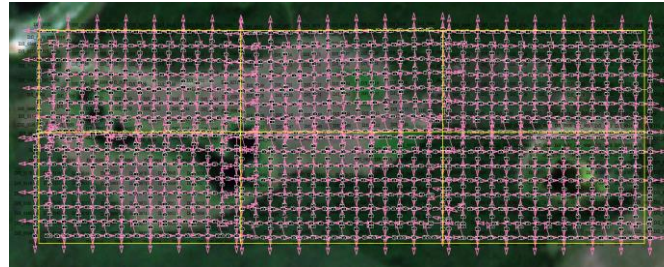
Рисунок 12. Ключевые участки



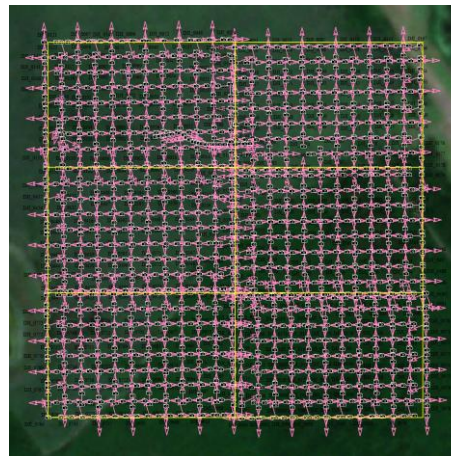
Съемка с БПЛА



Расположение снимков
с БПЛА на КУ «Вилюй»



Расположение снимков
с БПЛА на КУ «Алас»



Расположение снимков
с БПЛА на КУ «Суола»



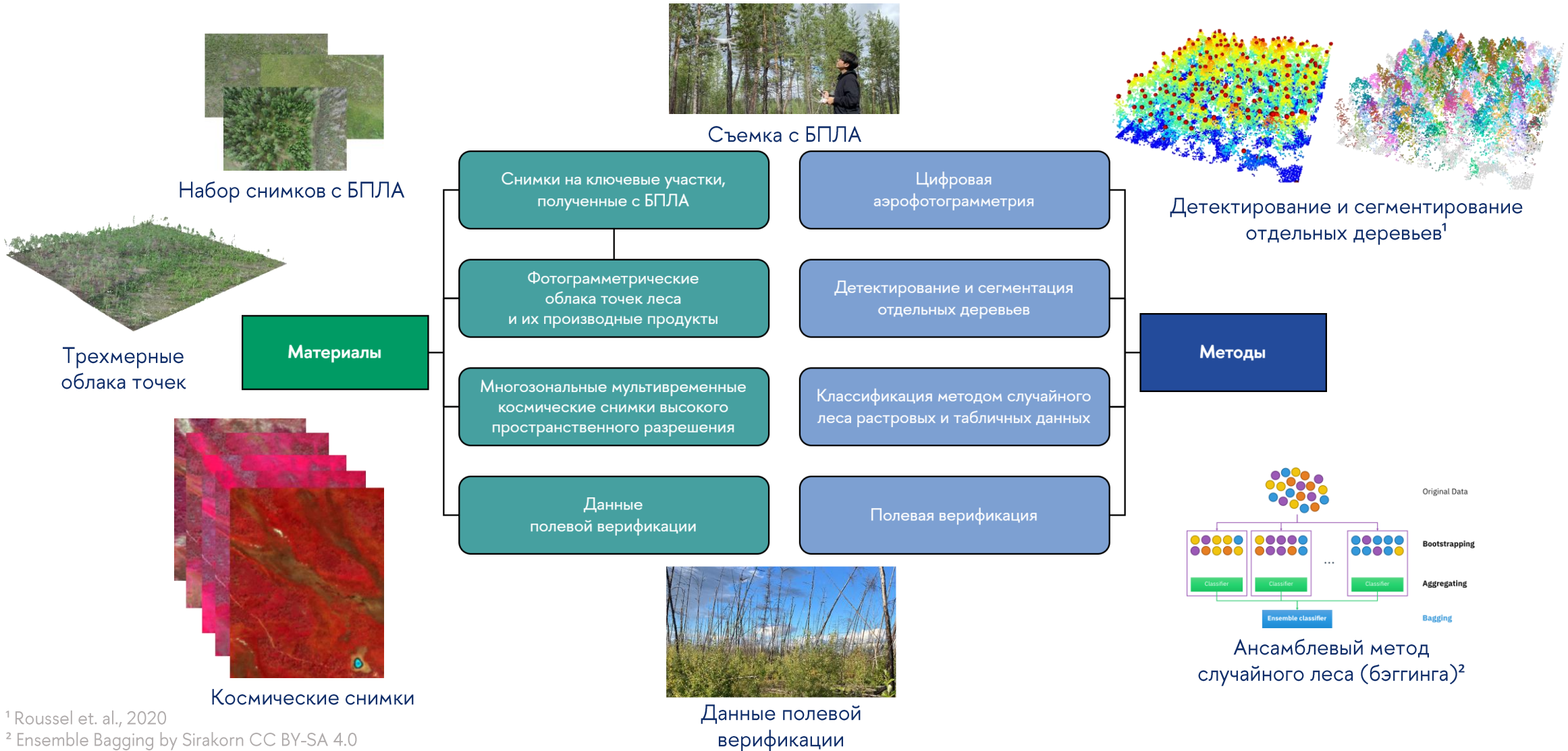
Пример снимка с БПЛА на КУ «Вилюй»



Пример снимка с БПЛА на КУ «Суола»

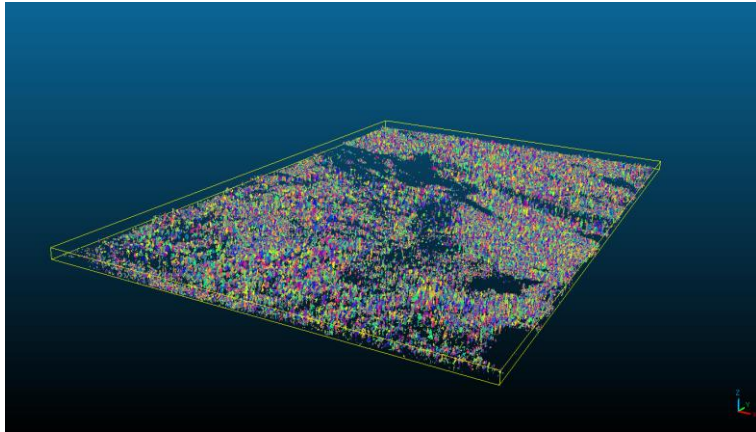


Пример снимка с БПЛА на КУ «Алас»



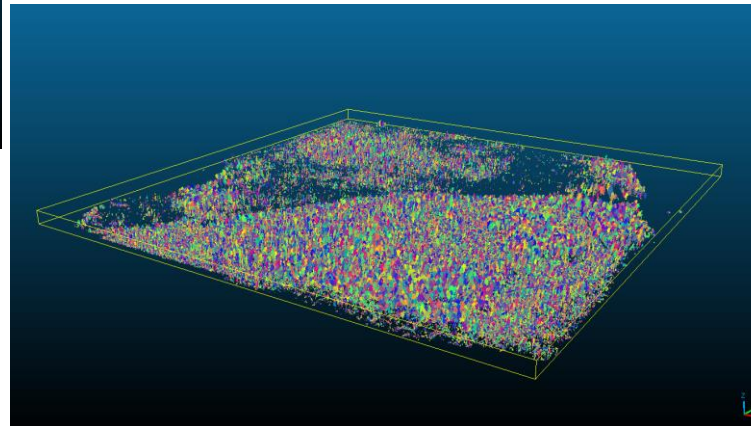
¹ Roussel et. al., 2020

² Ensemble Bagging by Sirakorn CC BY-SA 4.0



Трехмерное облако точек
сегментированных деревьев
ключевого участка «Виллюй»

Сегментация отдельных деревьев



Трехмерное облако точек
сегментированных деревьев
ключевого участка «Суола»

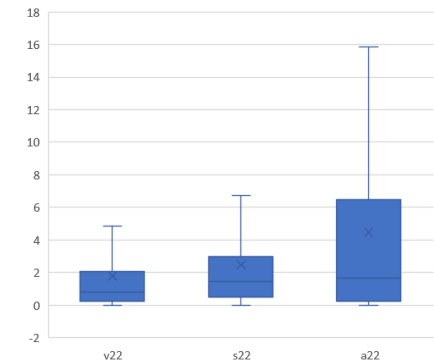
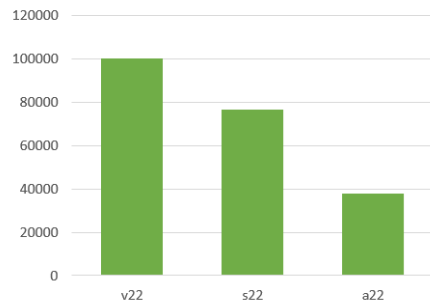
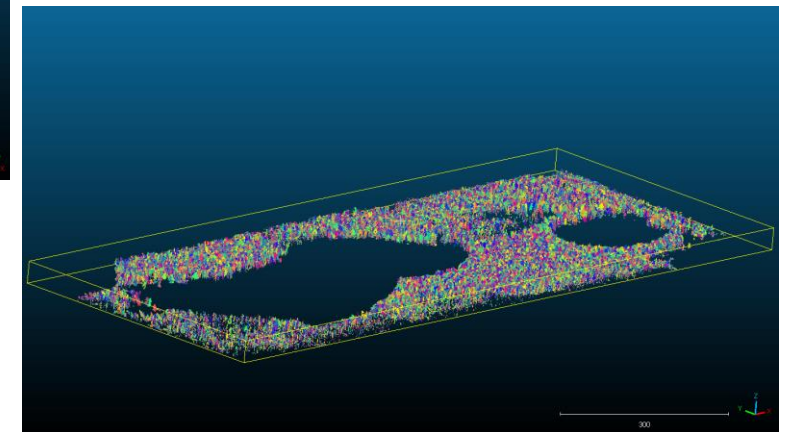


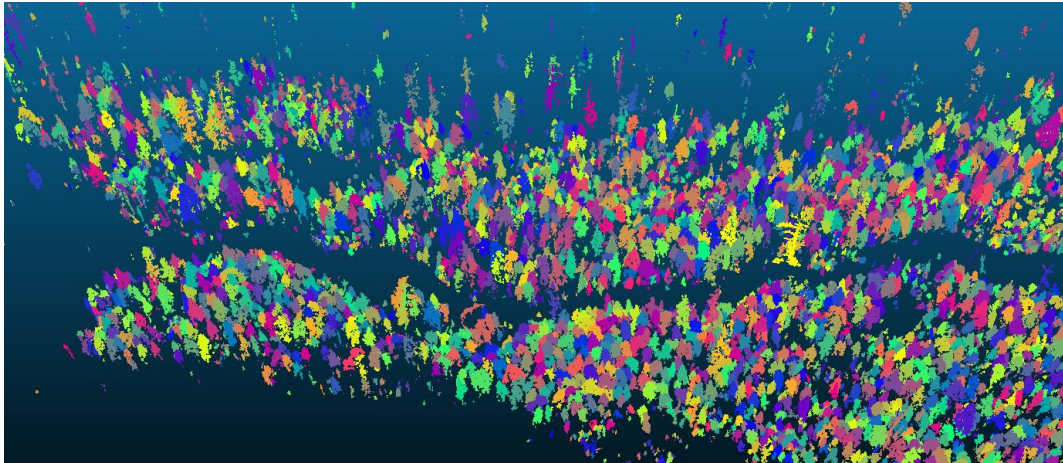
Диаграмма размаха площадей крон
на КУ «Виллюй», «Суола» и «Алас»



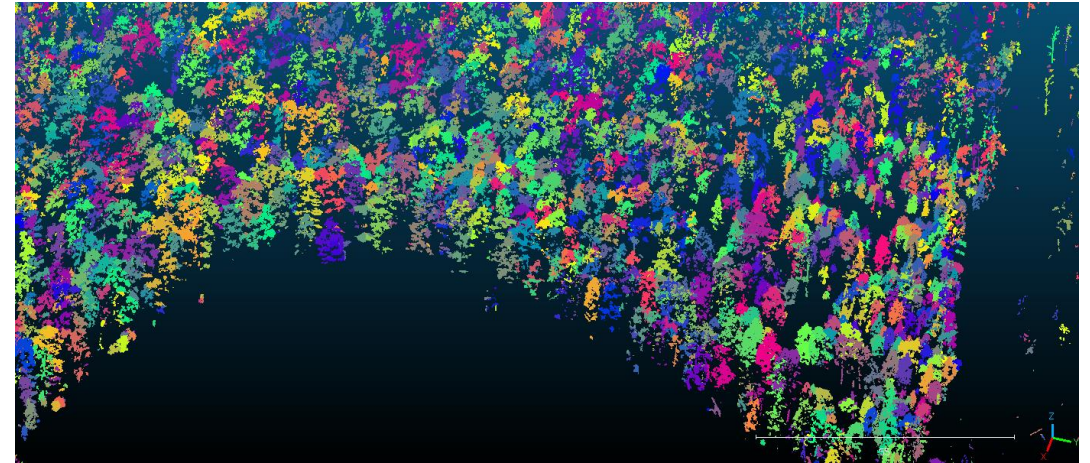
Количество деревьев
на КУ «Виллюй», «Суола» и «Алас»



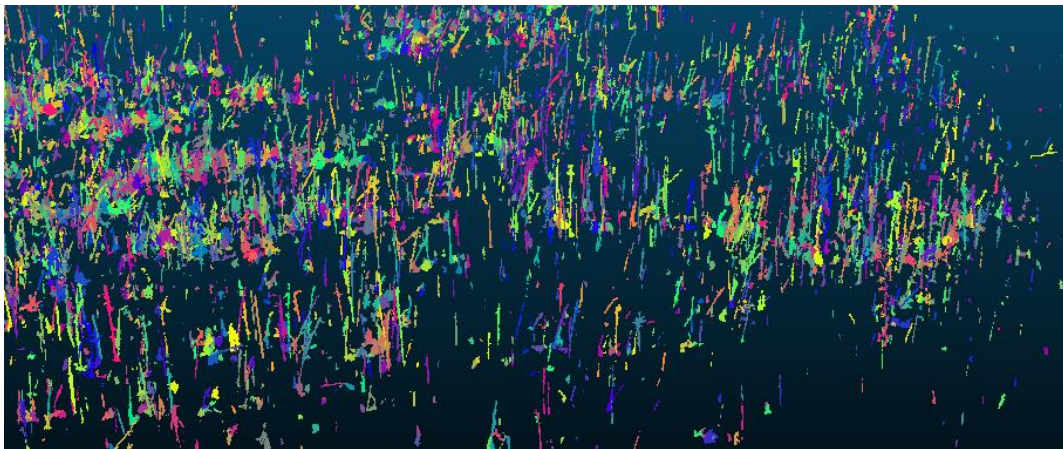
Трехмерное облако точек
сегментированных деревьев
ключевого участка «Алас»



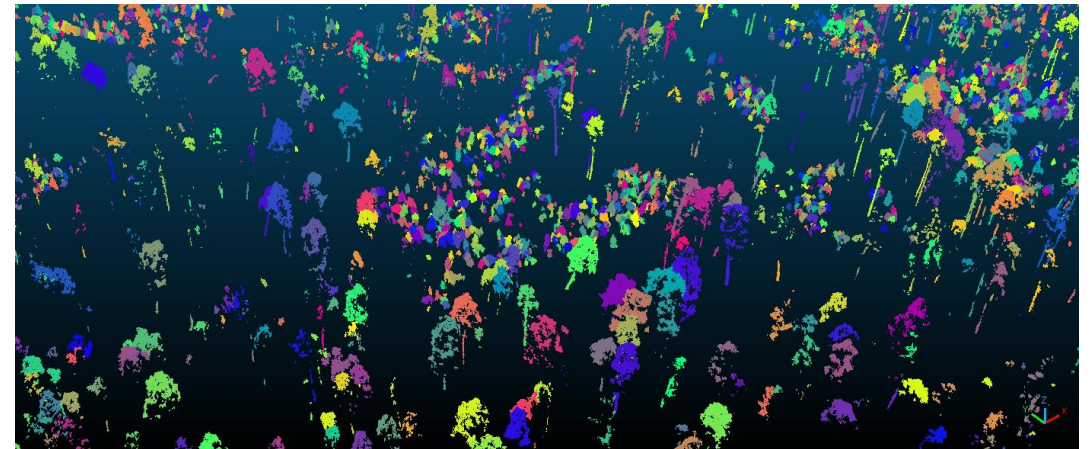
Безлесное болото и лиственничник на фрагменте трехмерного облака точек КУ «Виллой»



Лиственничник на границе аласа на фрагменте трехмерного облака точек КУ «Алас»



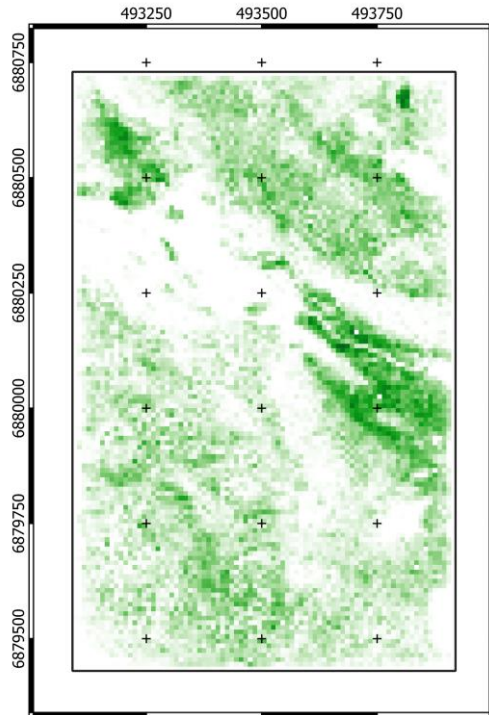
Сухостой и валёж на фрагменте трехмерного облака точек КУ «Суола»



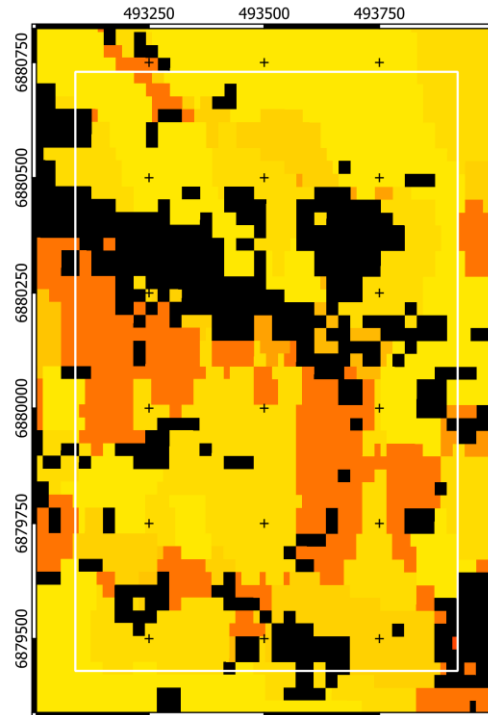
Сосняк с подростом на фрагменте трехмерного облака точек КУ «Виллой»



Границы прохождения пожаров



Проективное покрытие деревьев
КУ «Вилуй»

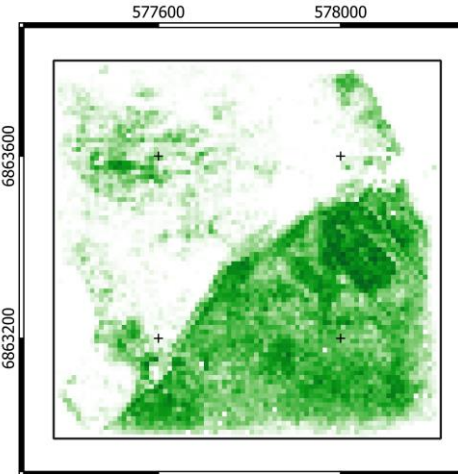
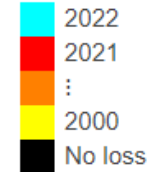


Потери леса на КУ «Вилуй»
(Hansen et al., 2013)

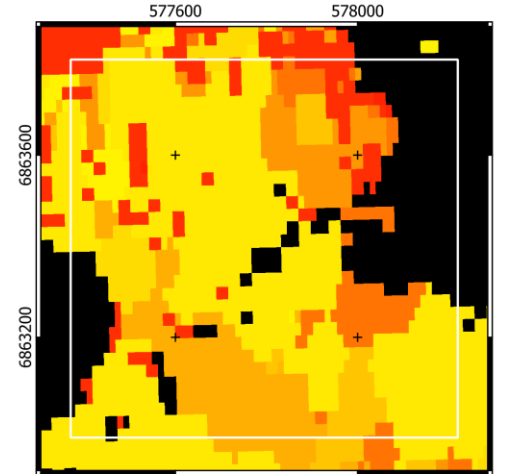
Проективное
покрытие, %



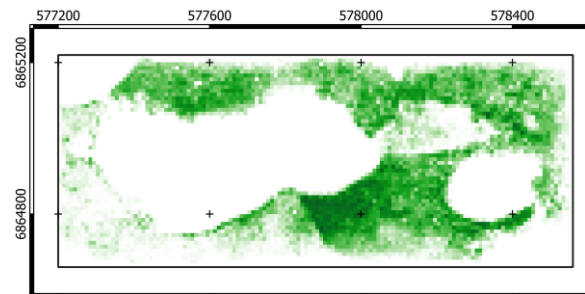
Потери леса,
год



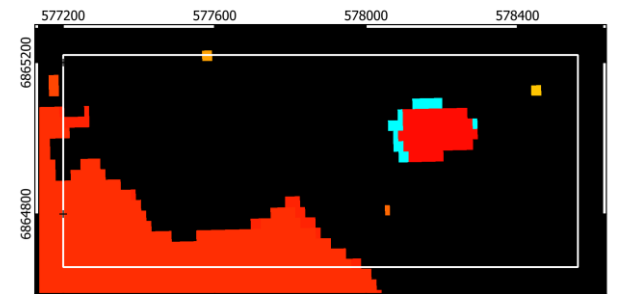
Проективное покрытие деревьев
КУ «Суола»



Потери леса на КУ «Суола»
(Hansen et al., 2013)



Проективное покрытие деревьев
КУ «Алас»



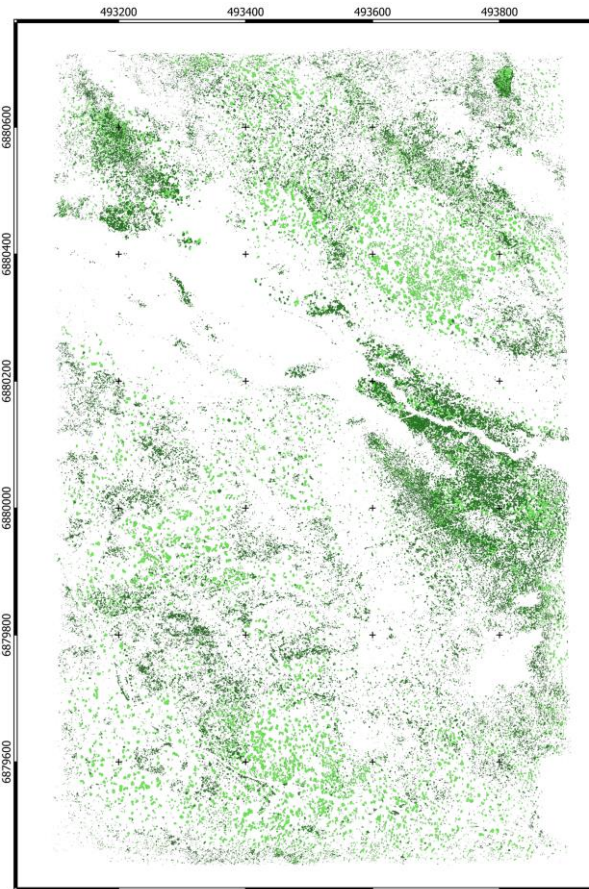
Потери леса на КУ «Алас»
(Hansen et al., 2013)



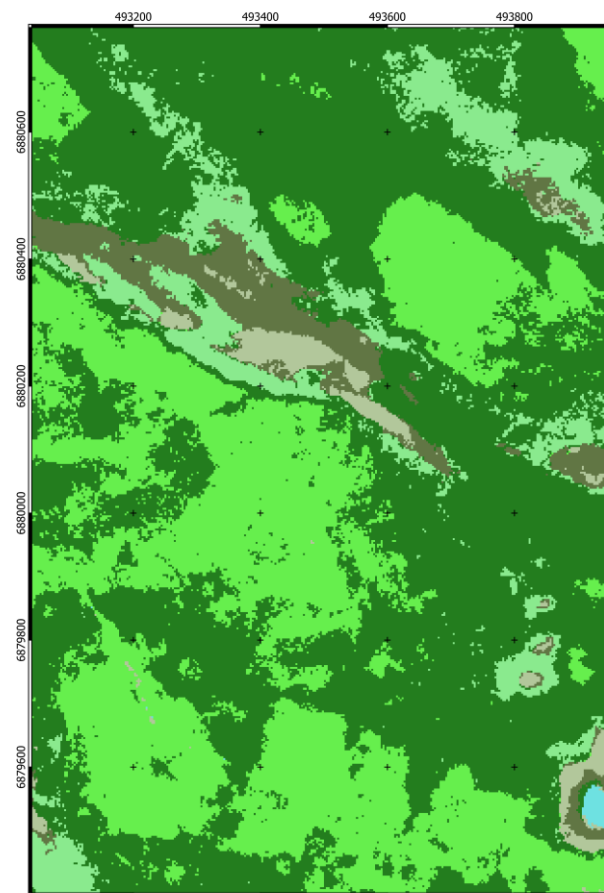
Классификация породного состава Ключевой участок «Вилюй»



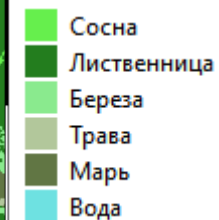
Космический снимок PlanetScope
24.07.22 на КУ «Вилюй»



Результат классификации породного
состава отдельных деревьев КУ «Вилюй»

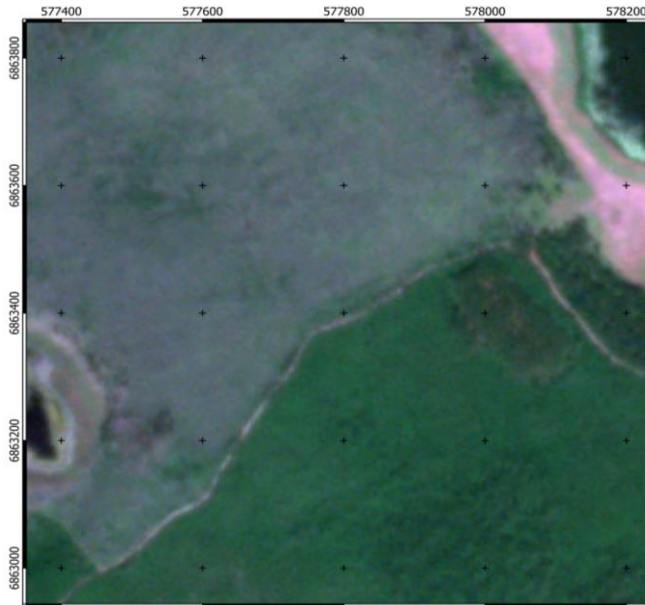


Результат классификации породного
состава по NDVI КУ «Вилюй»

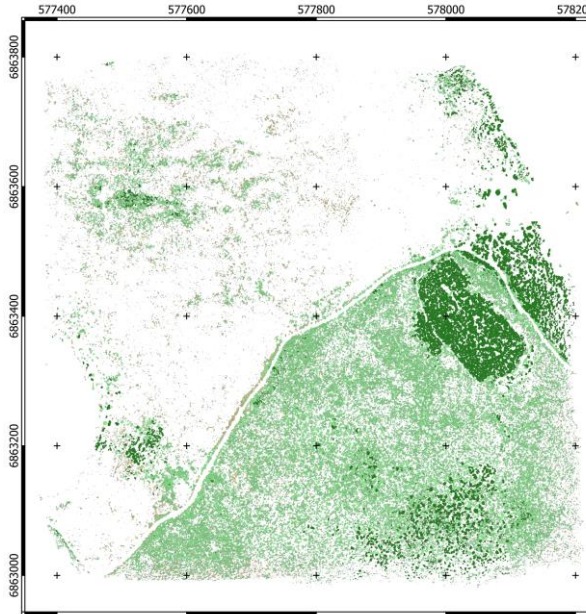




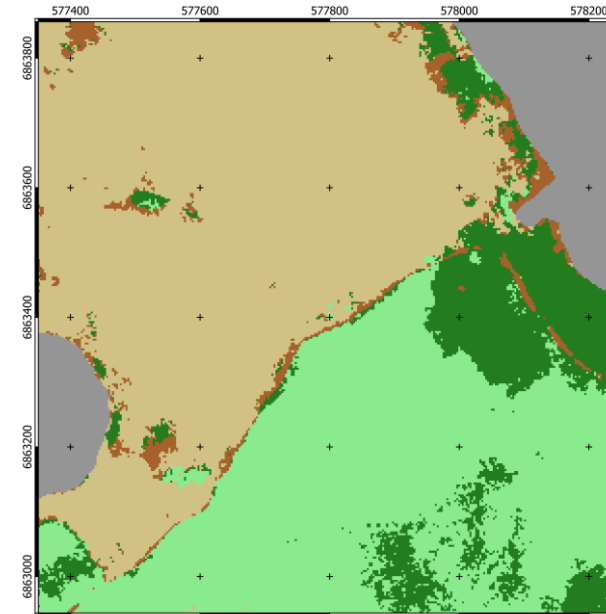
Классификация породного состава Ключевой участок «Суола»



Космический снимок PlanetScope 24.07.22
на КУ «Суола»



Результат классификации породного
состава отдельных деревьев КУ «Суола»



Результат классификации породного
состава по NDVI КУ «Суола»

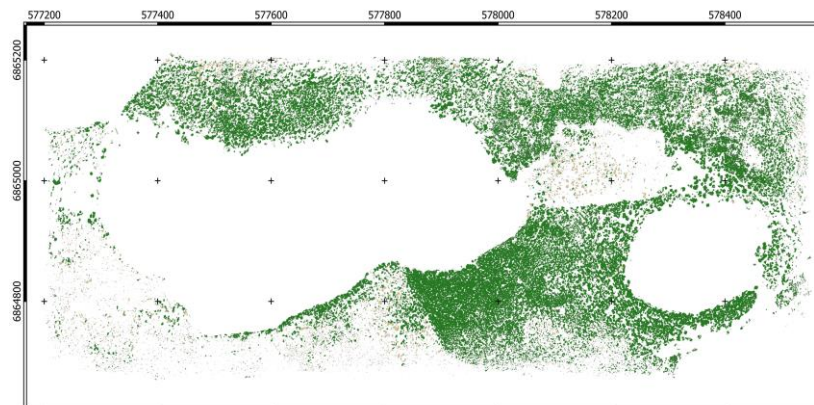
- Лиственница
- Береза
- Гарь
- Алас
- Дорога



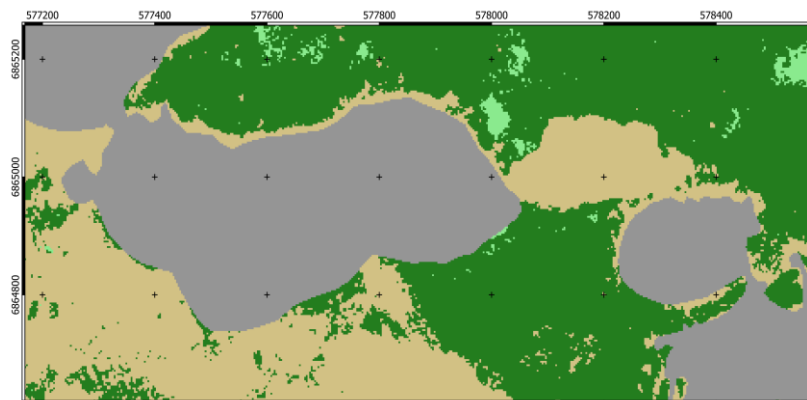
Классификация породного состава Ключевой участок «Алас»



Космический снимок PlanetScope 24.07.22
на КУ «Алас»



Результат классификации породного
состава отдельных деревьев КУ «Алас»

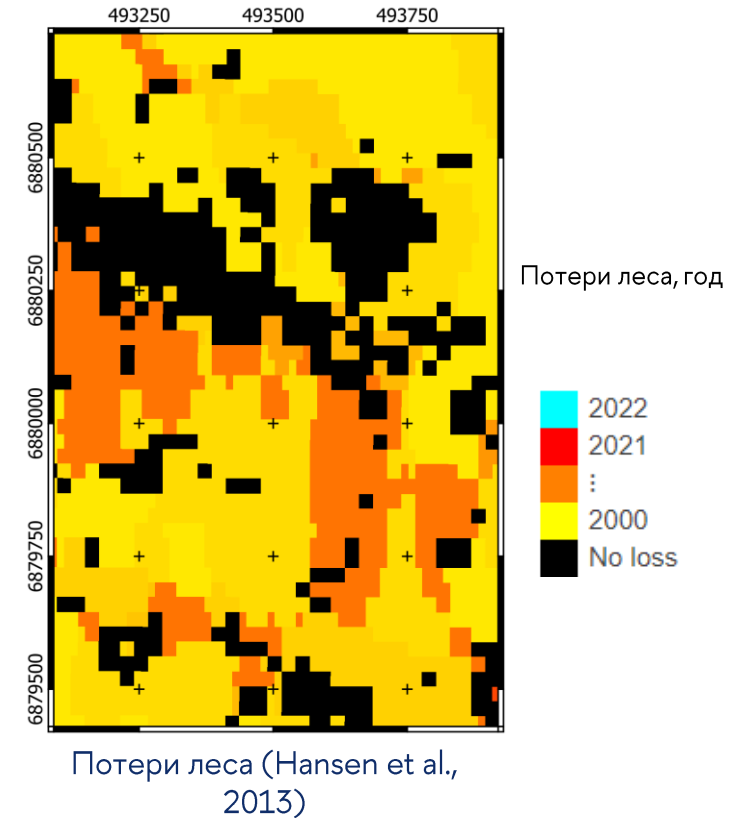
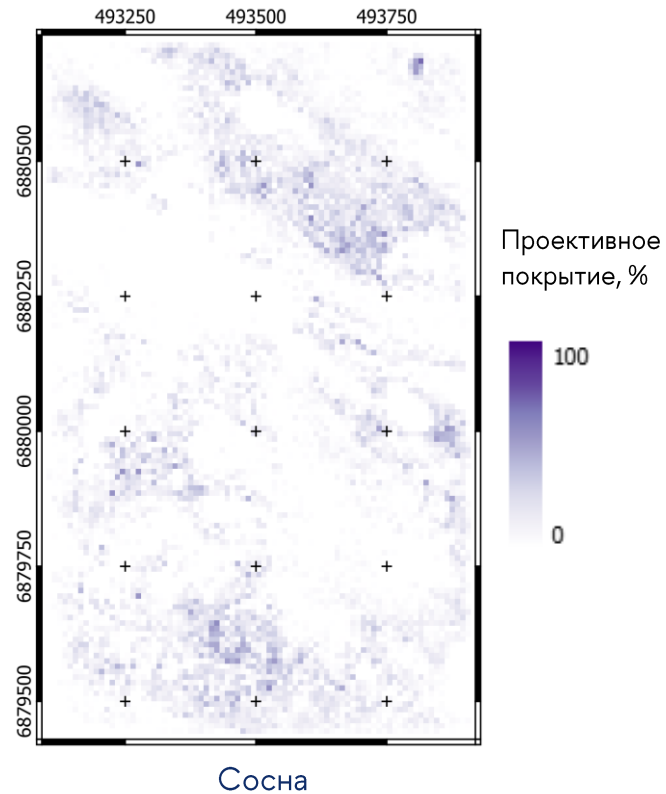
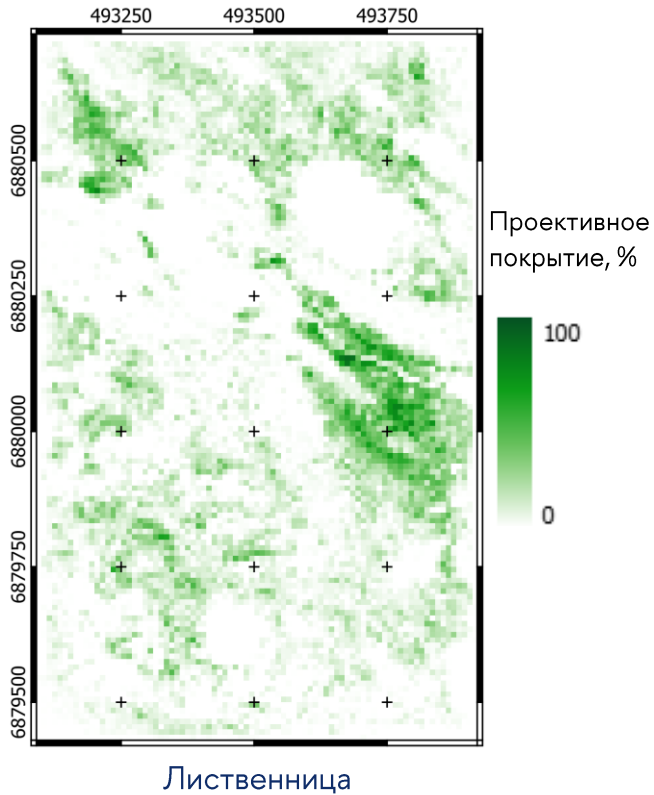


- Лиственница
- Береза
- Гарь
- Алас

Результат классификации породного
состава по NDVI КУ «Алас»



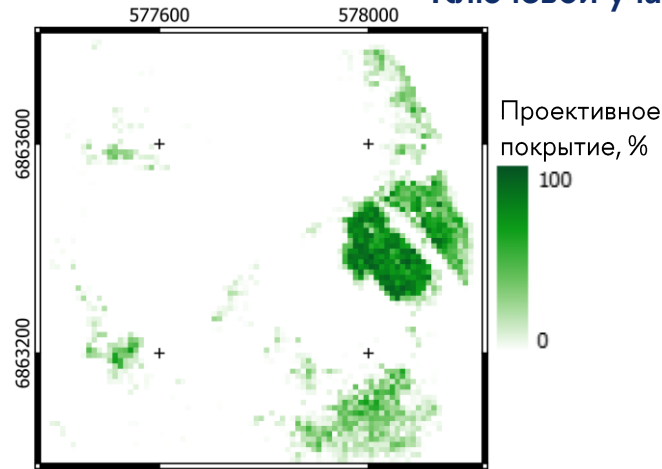
Проективное покрытие по породному составу Ключевой участок «Виллюй»



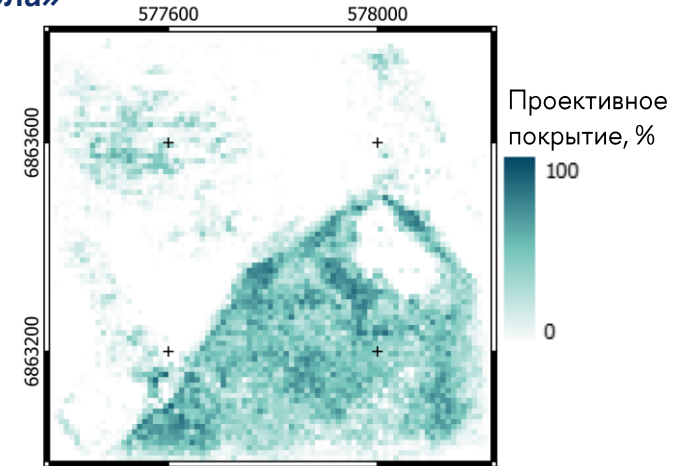


Проективное покрытие по породному составу

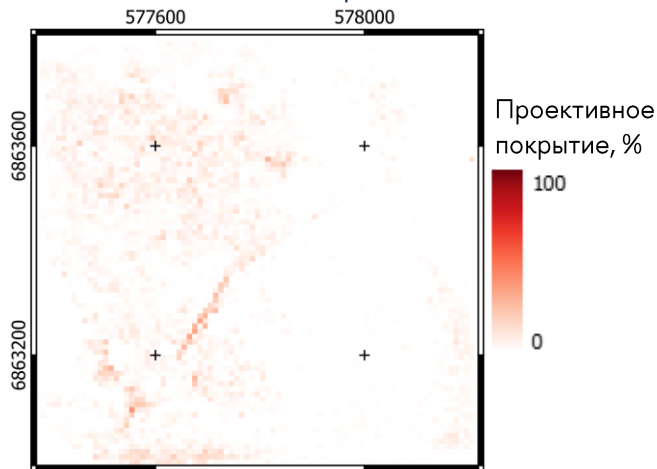
Ключевой участок «Суола»



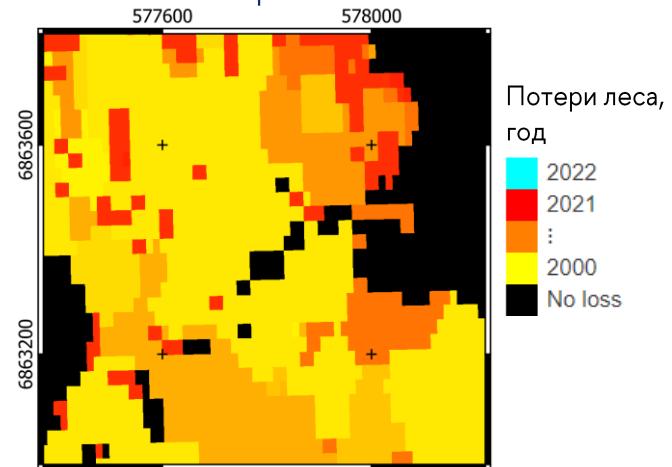
Лиственница



Береза



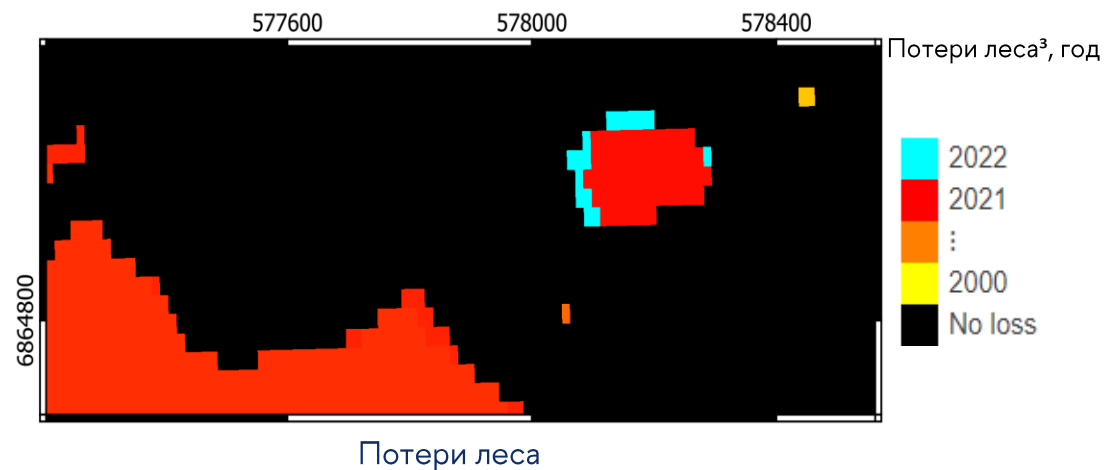
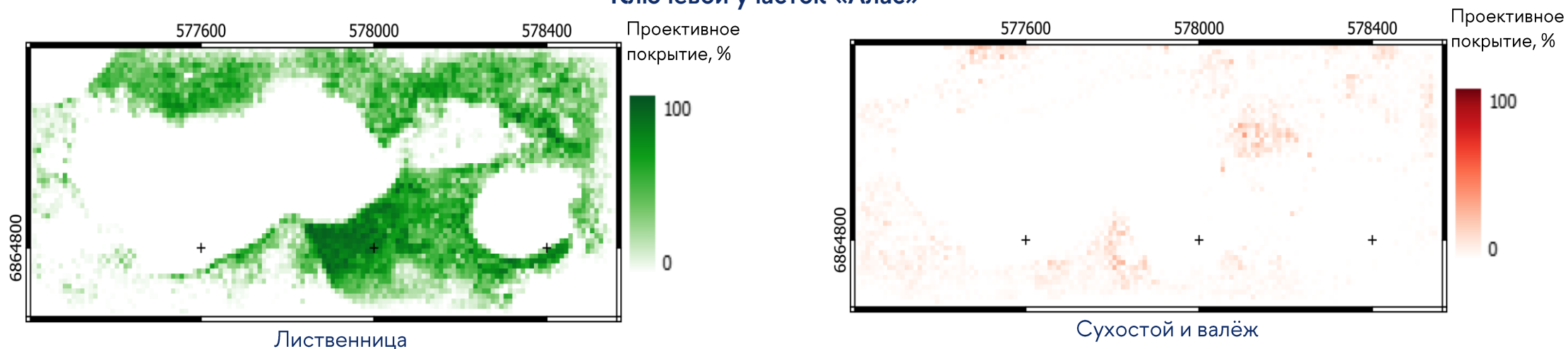
Сухостой и валёж



Потери леса (Hansen et al., 2013)

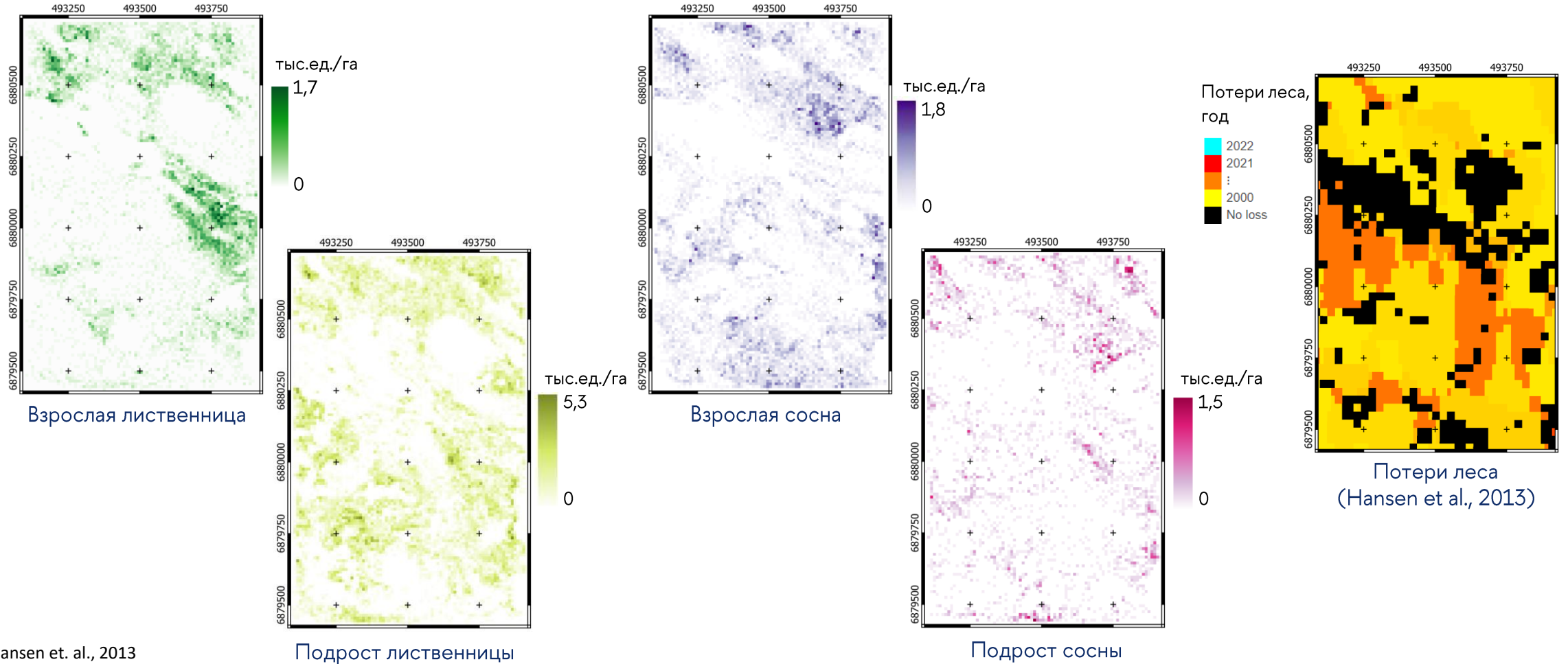


Проективное покрытие по породному составу Ключевой участок «Алас»



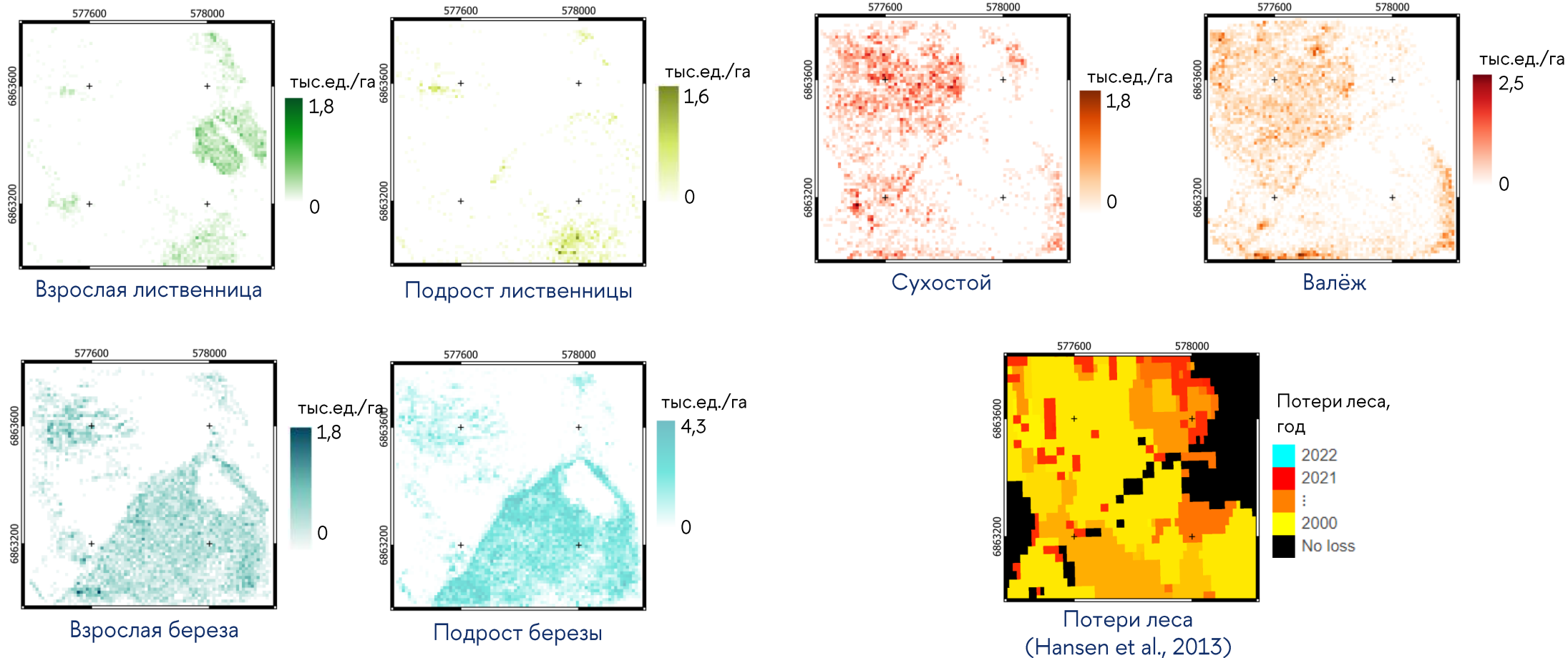


Густота древостоя по породному составу Ключевой участок «Вилюй»





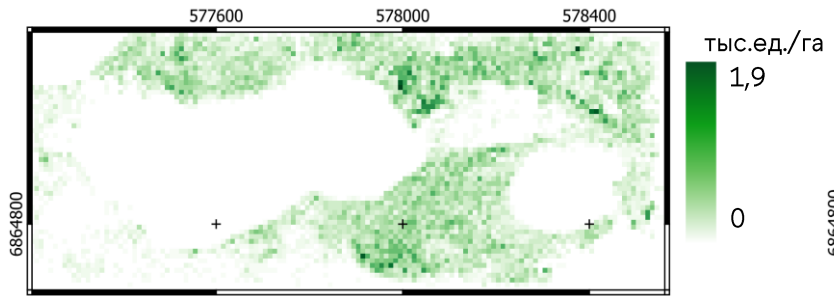
Густота древостоя по породному составу Ключевой участок «Суола»



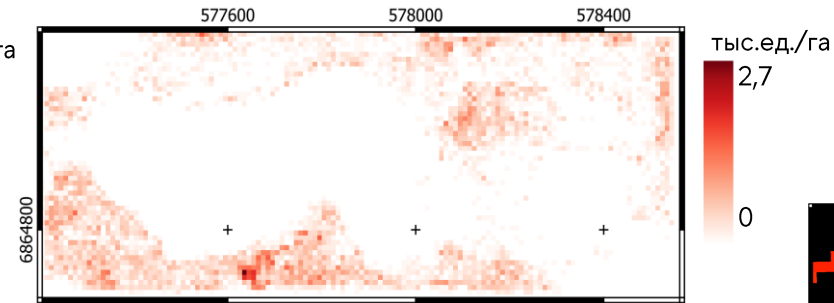


Густота древостоя по породному составу Ключевой участок «Алас»

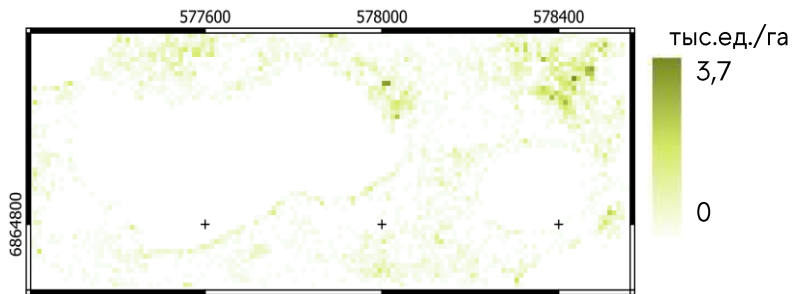
Взрослая лиственница



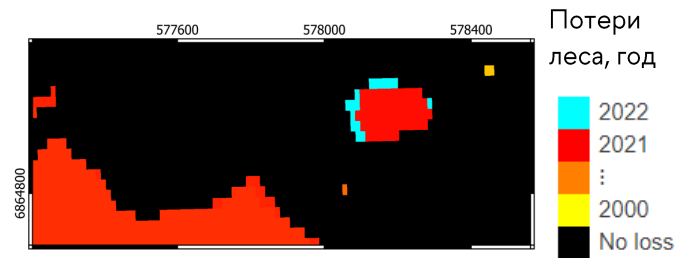
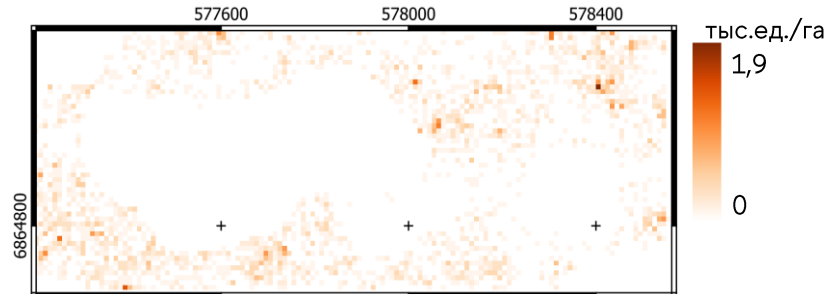
Сухостой



Подрост лиственницы



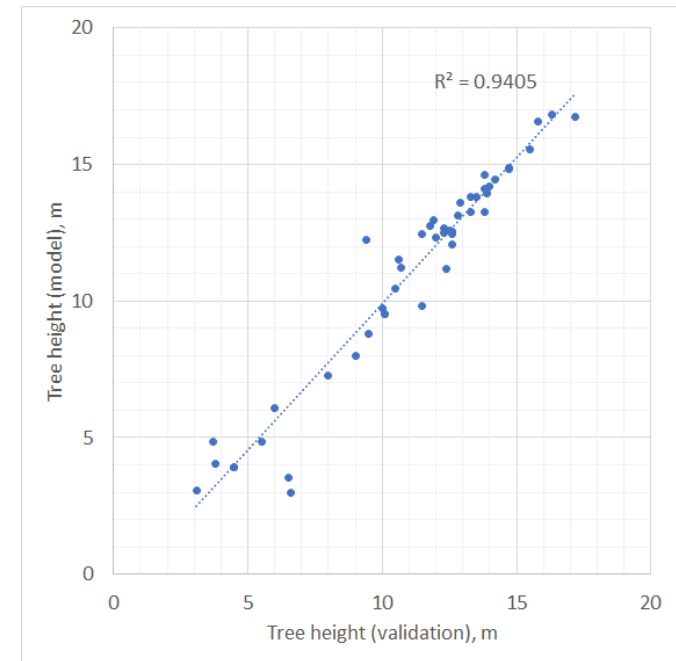
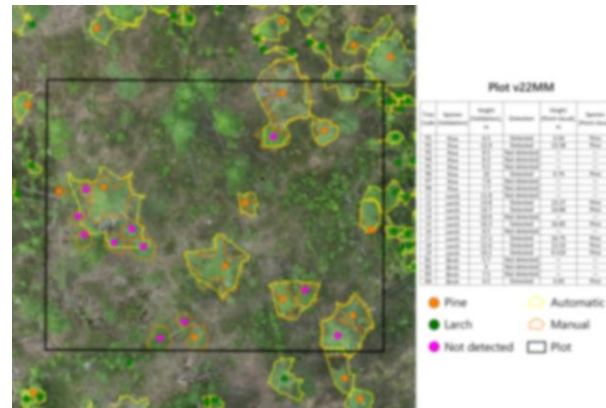
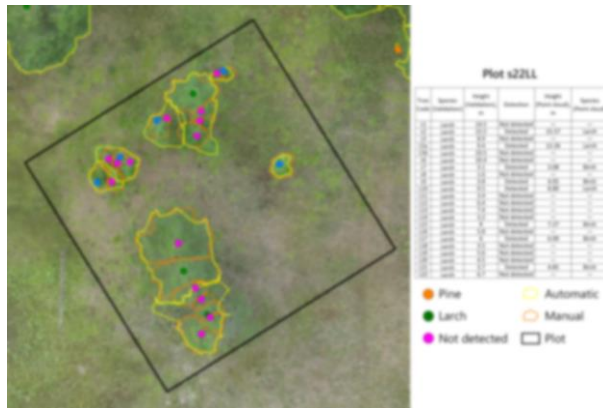
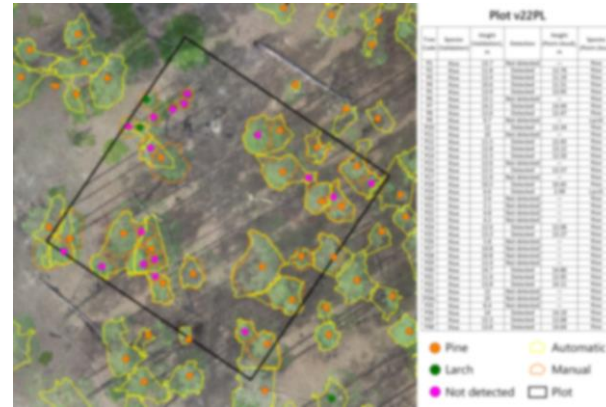
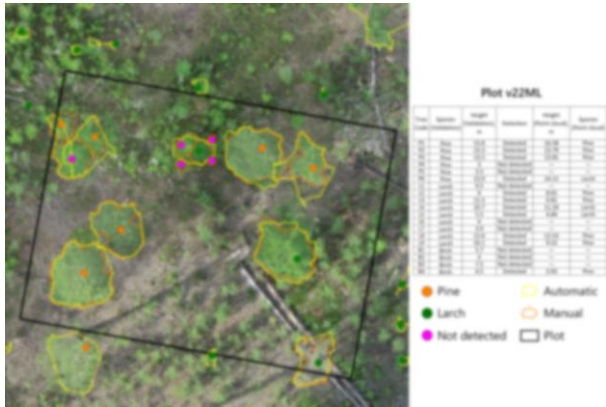
Валёж



Потери леса
(Hansen et al., 2013)



Полевая верификация определения высот деревьев

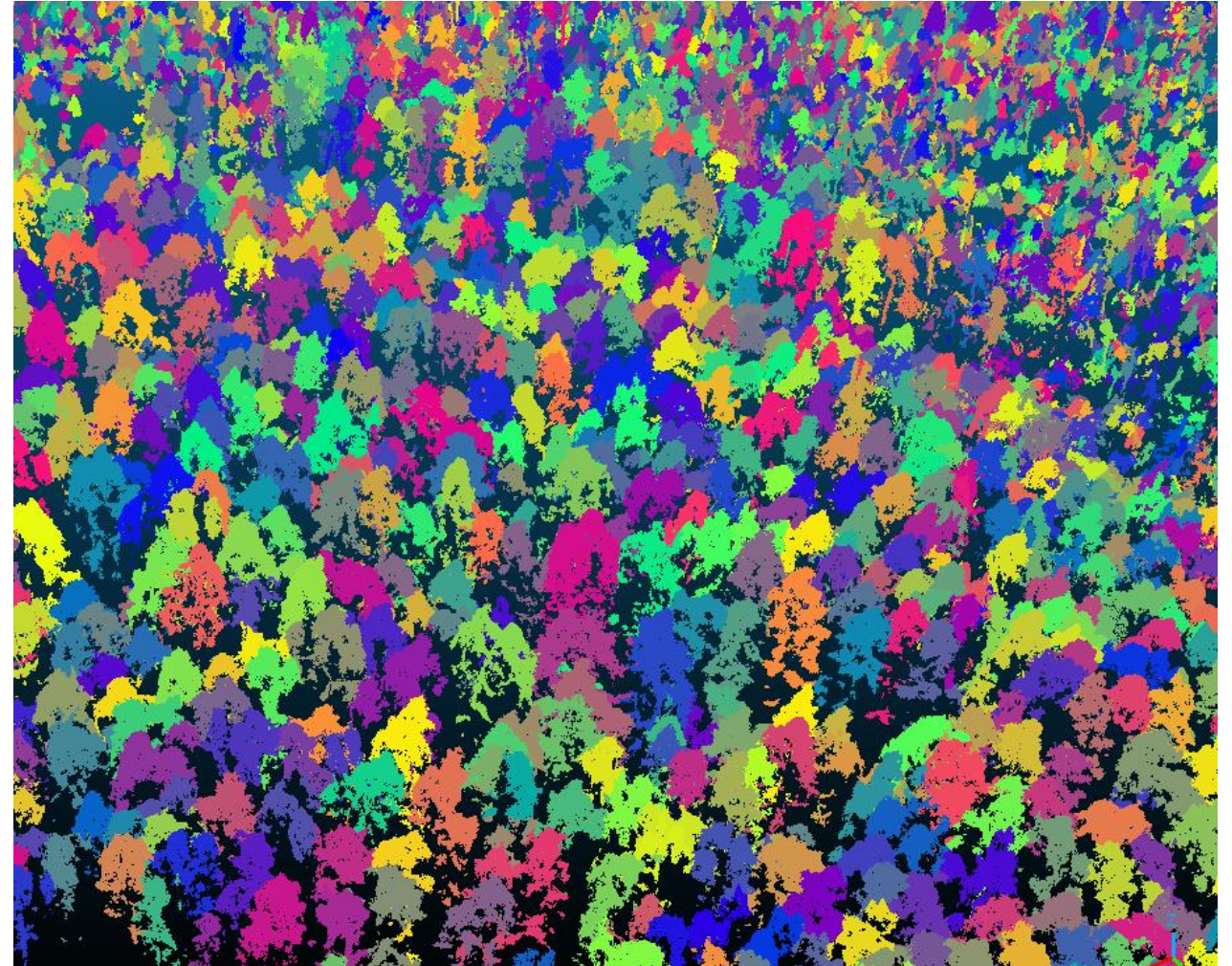


Высоты деревьев



Выводы

- Цифровая аэрофотограмметрия, как метод инвентаризации лесов, может применяться как способ получения информации о состоянии лесов, в том числе для анализа постпирогенного воздействия
- Достигается сопоставимая точность и эффективность при инвентаризации лесов воздушной лазерной съемкой в зависимости от требуемых таксационных показателей и требований к точности результатов
- Использование снимков с БПЛА и трехмерных облаков точек позволяют вести мониторинг лесовосстановления, проводить анализ хода роста и идентифицировать породный состав





Факультет географии и
геоинформационных технологий

Геоинформационные технологии
и пространственное моделирование

Москва
2023

Анализ характеристик лесного покрова с применением фотограмметрических облаков точек на уровне отдельных деревьев

Петров Олег Григорьевич, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»



Список использованных в презентации источников

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 28.04.2023) // СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 15.06.2023).
2. Abedi, R. (2022). Application of multi-criteria decision making models to forest fire management. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 10(1), 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.02.005>
3. Cao, L., Liu, H., Fu, X., Zhang, Z., Shen, X., & Ruan, H. (2019). Comparison of UAV LiDAR and Digital Aerial Photogrammetry Point Clouds for Estimating Forest Structural Attributes in Subtropical Planted Forests. *Forests*, 10(2), 145. <https://doi.org/10.3390/f10020145>
4. Hansen, M. C., Potapov, P. v., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. v., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
5. Kala, C. P. (2023). Environmental and socioeconomic impacts of forest fires: A call for multilateral cooperation and management interventions. *Natural Hazards Research*, 3(2), 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.04.003>
6. Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. (Nil), Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J. I., Breyse, P. N., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A. M., Cropper, M. L., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines, A., ... Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*, 391(10119), 462–512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
7. Narita, D., Gavrilyeva, T., & Isaev, A. (2021). Impacts and management of forest fires in the Republic of Sakha, Russia: A local perspective for a global problem. *Polar Science*, 27, 100573. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2020.100573>
8. Roussel, J.-R., Auty, D., Coops, N. C., Tompalski, P., Goodbody, T. R. H., Meador, A. S., Bourdon, J.-F., de Boissieu, F., & Achim, A. (2020). lidR: An R package for analysis of Airborne Laser Scanning (ALS) data. *Remote Sensing of Environment*, 251, 112061. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112061>
9. Tompalski, P., Coops, N. C., White, J. C., Goodbody, T. R. H., Hennigar, C. R., Wulder, M. A., Socha, J., & Woods, M. E. (2021). Estimating Changes in Forest Attributes and Enhancing Growth Projections: a Review of Existing Approaches and Future Directions Using Airborne 3D Point Cloud Data. *Current Forestry Reports*, 7(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s40725-021-00135-w>
10. White, J. C., Coops, N. C., Wulder, M. A., Vastaranta, M., Hilker, T., & Tompalski, P. (2016). Remote Sensing Technologies for Enhancing Forest Inventories: A Review. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 42(5), 619–641. <https://doi.org/10.1080/07038992.2016.1207484>