



РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА
КЛИМАТИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА

Двадцать вторая международная конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»



Формирование базы данных пространственного распределения древесных пород на тестовом полигоне «Ляльский» (Республика Коми) по материалам БПЛА-съёмок

Мыльникова Т.А., Елсаков В.В.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

Москва, ИКИ РАН, 11-15 ноября 2024 г.

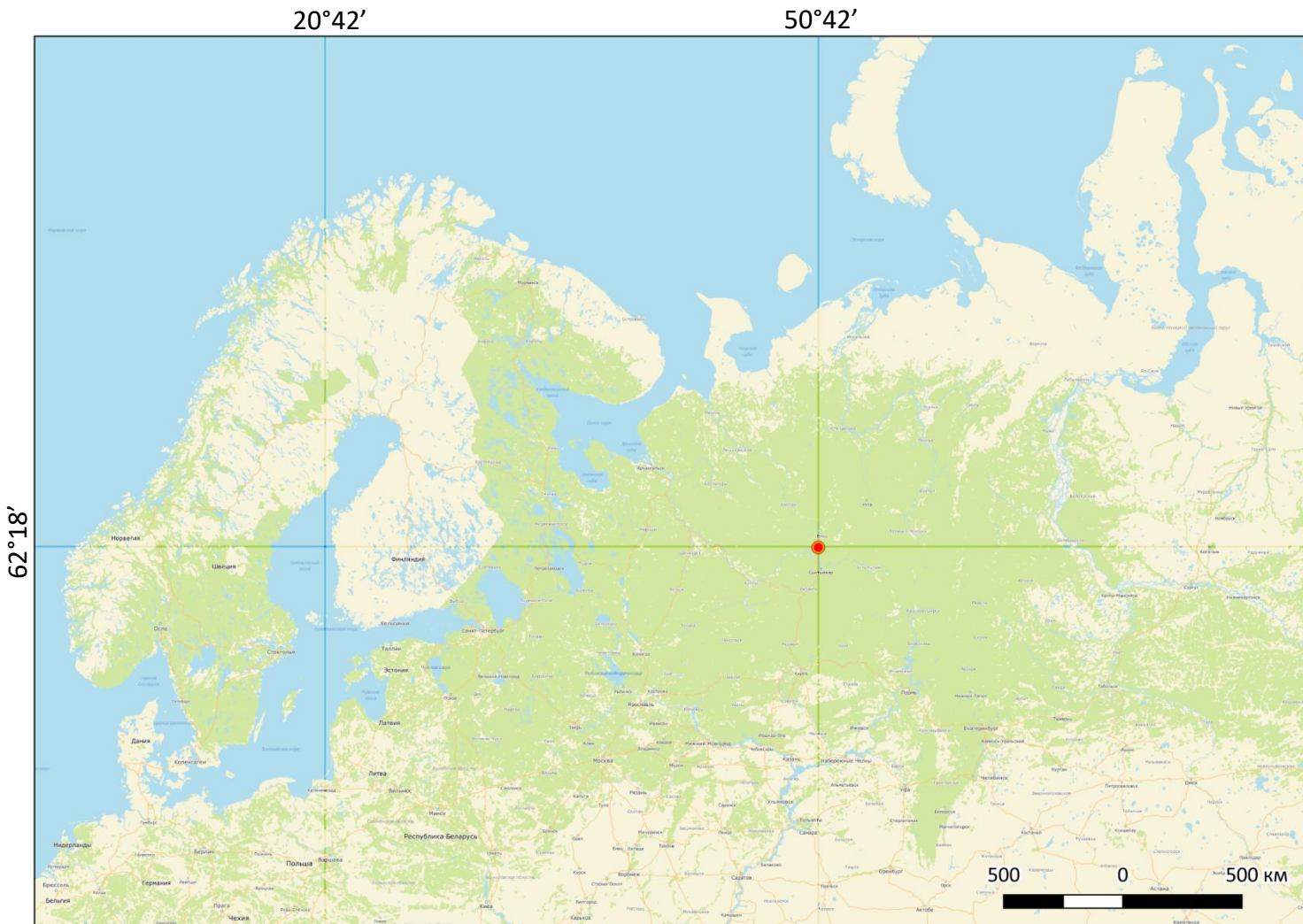
БПЛА в лесоэкологических исследованиях

- Инвентаризация лесов;
- Моделирование запасов углерода;
- Детектирование влияния вредителей и болезней;
- Анализ породного состава;
- Мониторинг пожаров и анализ их последствий;
- Построение баз данных различной направленности и др.

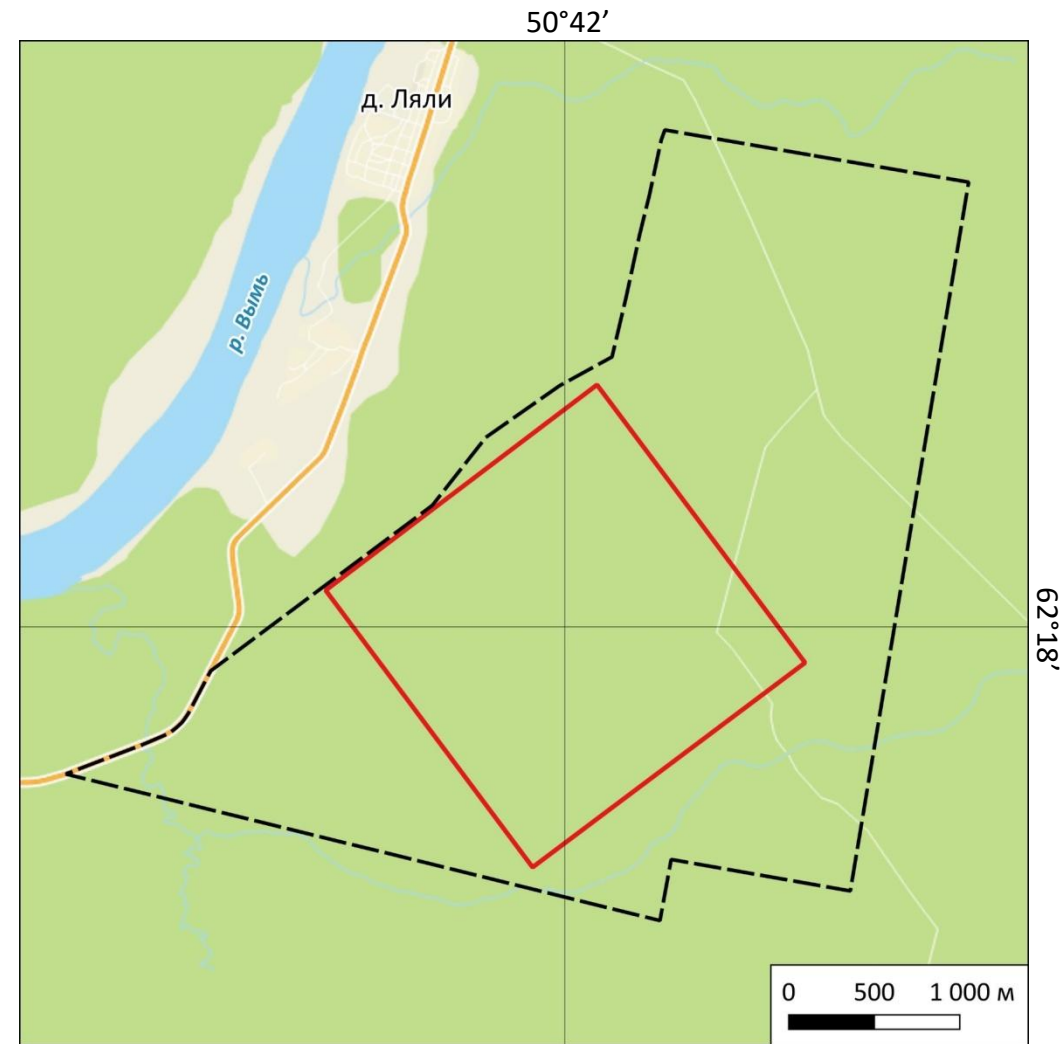
Цель – разработка и анализ алгоритма для автоматизированного построения базы данных по пространственному распределению древесных пород на основании обработки материалов спектральной БПЛА-съёмки.



Район исследования

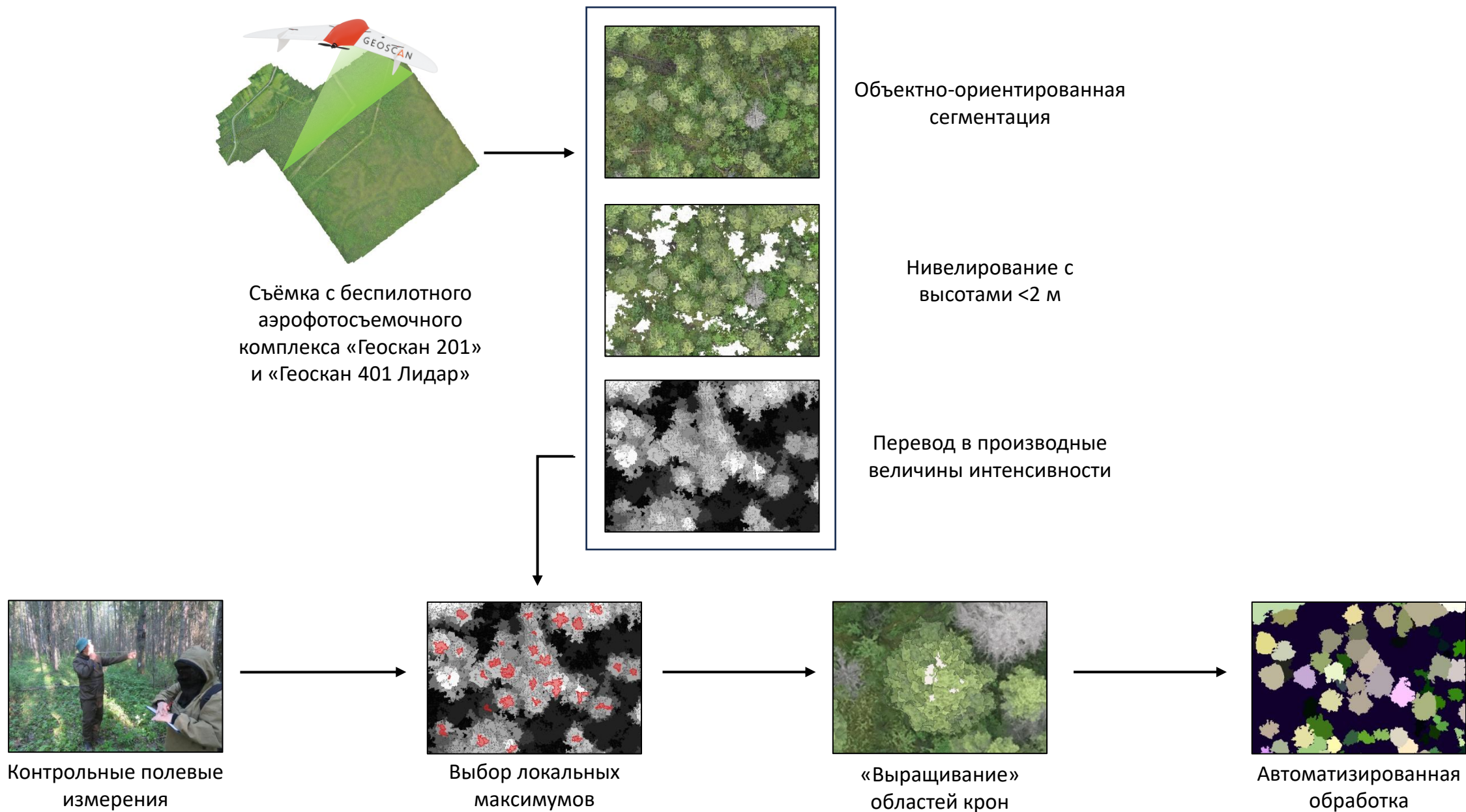


В масштабе Северо-европейской таёжной провинции
Евразийской таёжной (хвойно-лесной) области



Чёрный пунктирный контур – граница заказника «Ляльскый»,
красный контур – граница тестового полигона

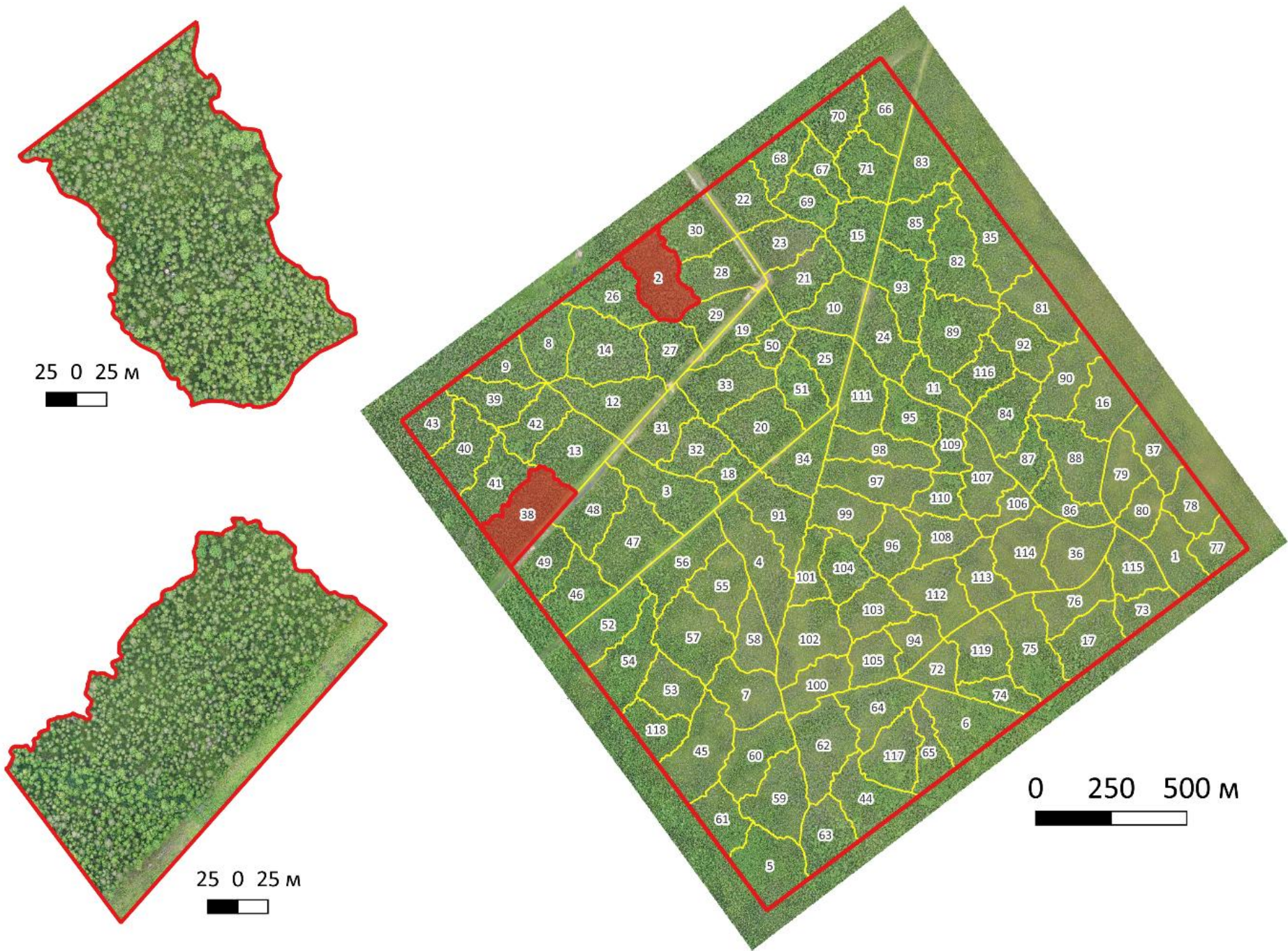
Методика автоматизированного выделения крон деревьев



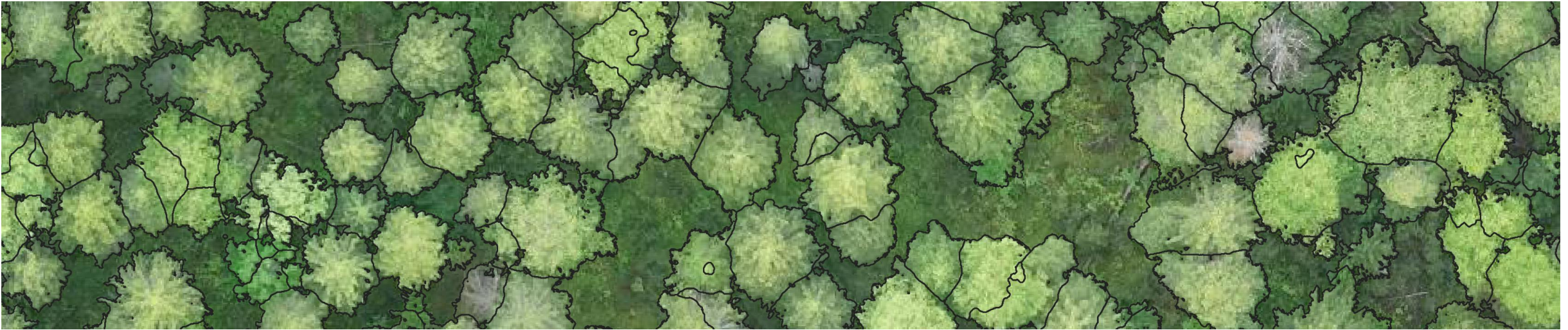
Методика определения породного состава

| | |
|----------------------------|--|
| Сухостой | $\frac{Red\ Edge_{летнее} - Blue_{летнее}}{Red\ Edge_{летнее} + Blue_{летнее}} \leq 0,537$ |
| Берёза | $(NDVI_{летнее} - NDVI_{осеннее}) \geq 0,081$ |
| Осина | $NDVI_{летнее} \geq 0,893$ |
| Сосна | $\frac{Red_{офп} - Green_{офп}}{Red_{офп} + Green_{офп}} \geq -0,173$ |
| Темнохвойные (ель и пихта) | $\frac{Red_{офп} - Green_{офп}}{Red_{офп} + Green_{офп}} < -0,173$ |

*Red Edge, Blue – каналы мультиспектральной БПЛА съемки;
 Red_{офп} и Green_{офп} – каналы ортофотоплана RGB съемки БПЛА



Выделение отдельных крон деревьев



После процесса сегментации на участках выделено порядка 3-4 тыс. элементов, определенных как кроны и части крон отдельных деревьев. Лиственные породы в отдельных случаях формировали в пределах одного дерева множество объектов, что существенно влияло на ошибку определения их количества.

В результате объединения излишних выделенных элементов количество лиственных деревьев на участках было снижено в 1,17 – 2,29 раз. Количество элементов других пород было снижено в гораздо меньшей степени (сухостой: 1,2-1,1 раз, сосна: 0,77-1,1 раз, ель и пихта: 0,99-1,16 раз).

Разделимость выделенных классов по спектральным величинам по критерию R (числитель) и преобразованной дивергенции D_{ij}^T (знаменатель)

| Породы | Осина | Берёза | Сосна | Ель | Пихта |
|-----------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------------|
| Сухостой | 2,54/2000 | 1,94/1941 | 1,36/1928 | 1,75/1886 | 2,0/1809 |
| Осина | - | 0,97/1776 | 2,94/2000 | 1,51/1970 | 1,03/1923 |
| Берёза | | - | 1,65/1950 | 1,24/1788 | 1,24/1742 |
| Сосна | | | - | 1,24/1106 | 1,65/1525 |
| Ель | | | | - | 0,39/148 |

Уровни делимости по критериям R^* и D_{ij}^{T**} представлены в градах (по Дейвис и др., 1983):

1* - низкий ($R < 1.0$);

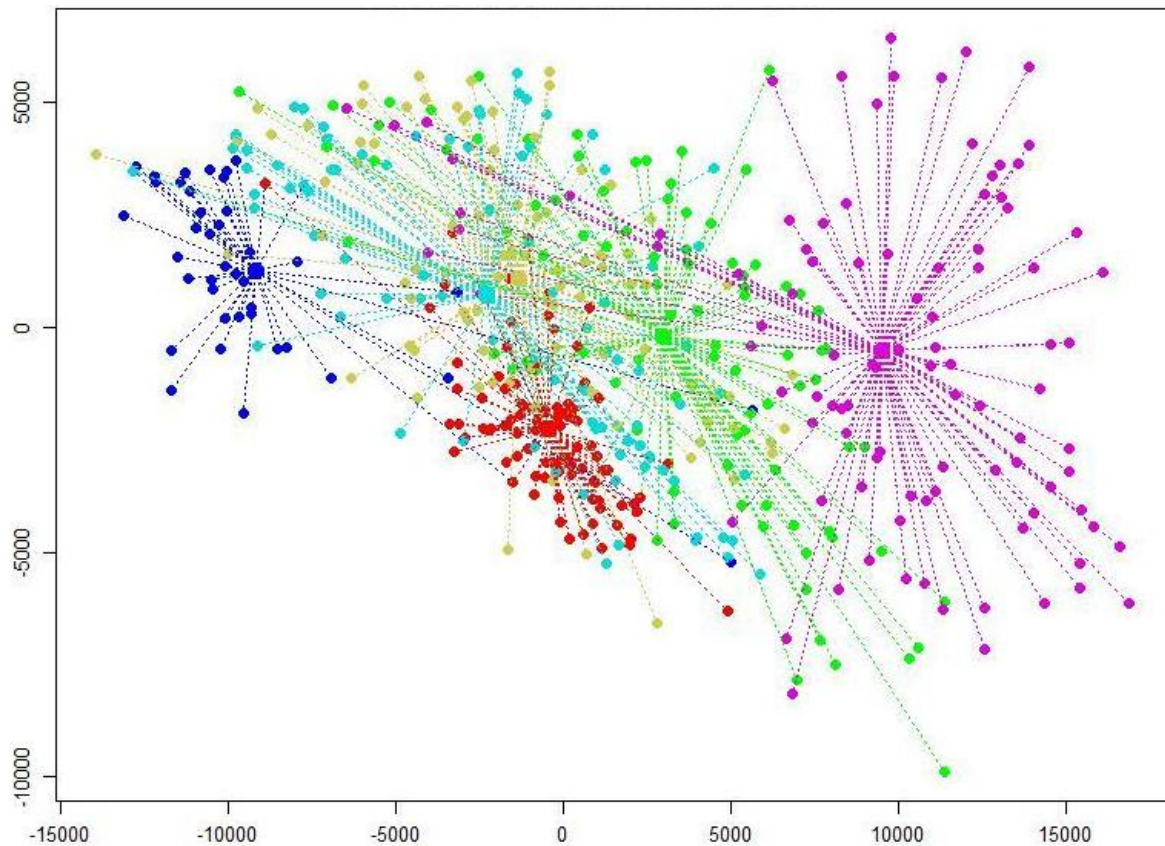
2 - средний ($R = 1.0 \div 1.96$);

3 - хороший ($1.96 < R$) делимость.

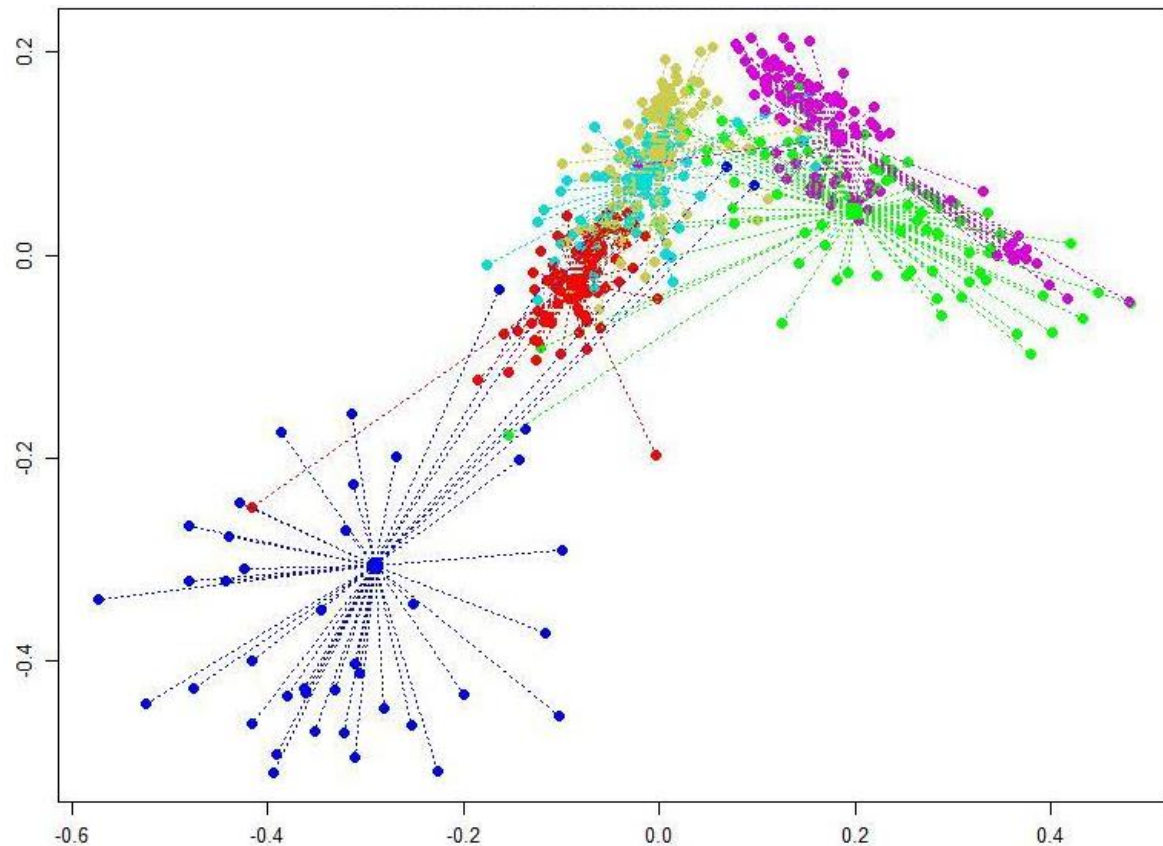
1** - делимость классов плохая ($D_{ij}^T < 1700$);

2 - средняя ($D_{ij}^T \in [1700 \div 1900]$);

3 - хорошая ($D_{ij}^T > 1900$).



А



Б

Ординационные диаграммы многомерного неметрического шкалирования (NMS), по величинам мультиспектральных летних и осенних съемок модельных деревьев (А), по набору рассчитанных индексов (Б). Цветом обозначены модельные деревья различных пород: сухостой (●), берёза (●), осина (●), сосна (●), ель (●), пихта (●)

Сходимость определения крон деревьев по модельному участку автоматизированным и экспертным методами

| | | Автоматизированная обработка БПЛА | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------------------------|-------|--------|-------|-------------|--------|-------|
| Экспертная оценка | Порода | Сухостой | Осина | Береза | Сосна | Ель (пихта) | Итого | UA |
| | Сухостой | 76 | 0 | 2 | 10 | 2 | 90 | 84,4% |
| | Осина | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 7 | 71,4% |
| | Береза | 4 | 36 | 657 | 38 | 60 | 795 | 82,6% |
| | Сосна | 10 | 0 | 6 | 544 | 10 | 570 | 95,4% |
| | Ель (пихта) | 26 | 8 | 124 | 259 | 752 | 1 169 | 64,3% |
| | Итого | 116 | 49 | 791 | 851 | 824 | 2631 | |
| | РА | 65,5% | 10,2% | 83,1% | 63,9% | 91,3% | Total: | 77,3% |
| UA - показатель точности пользователя (User's accuracy); РА – показатель точности производителя (Producer's accuracy) | | | | | | | к: | 67,5% |

Сходимость определения крон деревьев по модельному участку автоматизированным и экспертным методами

| | | Автоматизированная обработка БПЛА | | | | | |
|--|-------------|-----------------------------------|------------|-------|-------------|--------|-------|
| Экспертная оценка | Порода | Сухостой | Лиственные | Сосна | Ель (пихта) | Итого | UA |
| | Сухостой | 76 | 4 | 10 | 26 | 116 | 65,5% |
| | Лиственные | 2 | 700 | 6 | 132 | 840 | 83,3% |
| | Сосна | 10 | 38 | 544 | 259 | 851 | 63,9% |
| | Ель (пихта) | 2 | 60 | 10 | 752 | 824 | 91,3% |
| | Итого | 90 | 802 | 570 | 1169 | 2631 | |
| | РА | 84,4% | 87,3% | 95,4% | 64,3% | Total: | 78,8% |
| UA - показатель точности пользователя (User's accuracy); РА – показатель точности производителя (Producer's accuracy) | | | | | | к: | 69,3% |

Заключение

- Полученные спектрозональные съемки БПЛА позволяют статистически обоснованно выделять кроны отдельных пород автоматизированными методами с построением тематических карт.
- Оценка сходимости материалов инструментальных и дистанционных измерений, проведенные автоматизированными алгоритмами ГИС-анализа, показала ошибку определения пород в пределах 13%. Наиболее полное разделение отмечено в отношении сухостоя.
- Разреживание полога крон при продвижении к крайним границам ареала должно увеличивать межкроновые промежутки (для модельных участков на межкроновые участки приходилось 37,2 и 36,1% площади изображения) и повышать точность выделения крон деревьев.

Спасибо за внимание!

Работа выполнена в рамках важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).