

Оценка состояния среднетаежных лесов Якутии на основе данных наземных и беспилотных наблюдений

ГОММЕРШТАДТ О.М.
СТАСЬКО А.А.

КАФЕДРА РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА



Цель

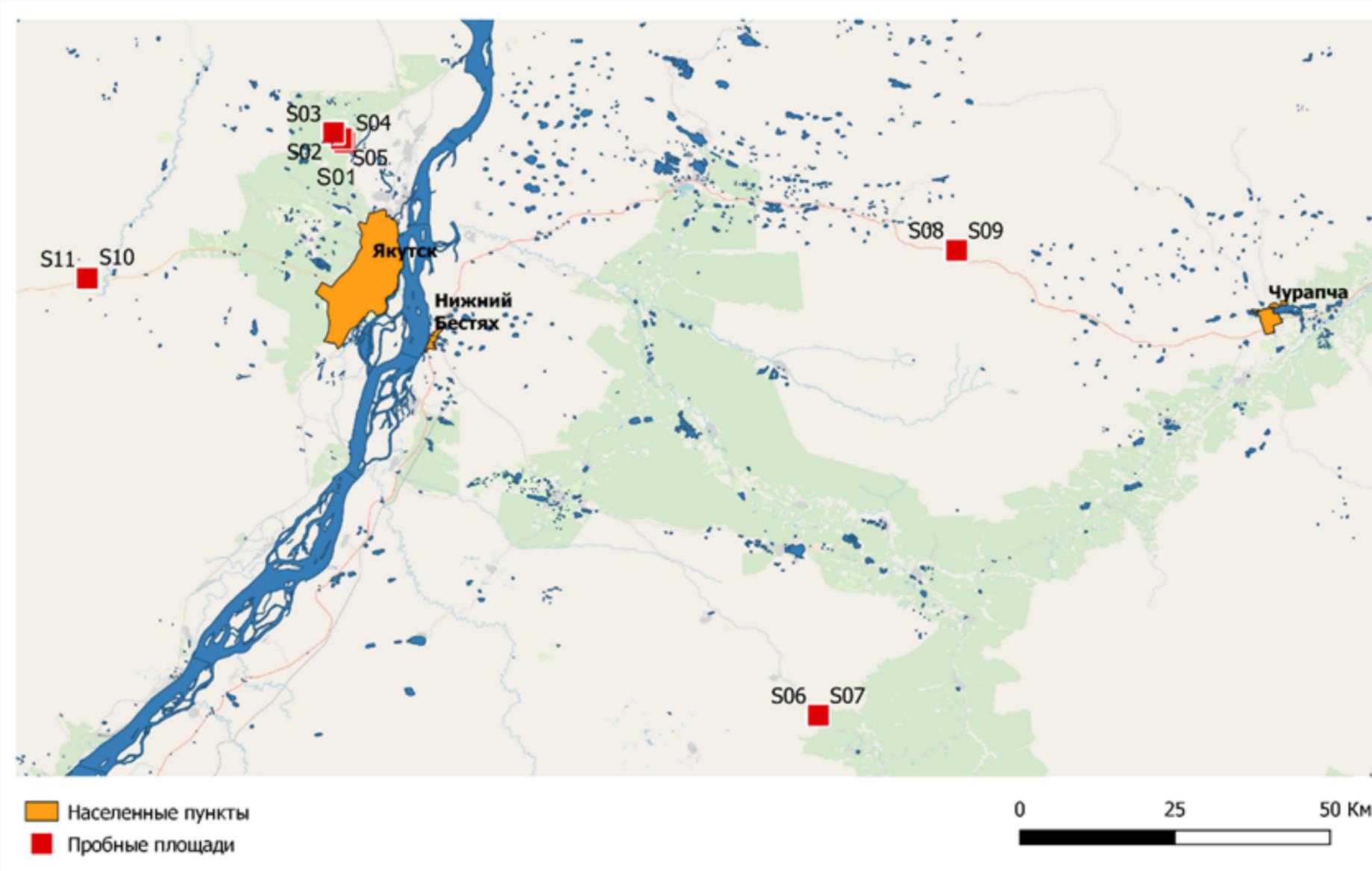
получение таксационных характеристик лесов Центральной Якутии на основе данных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и оценка их состояния в условиях изменения климата.

Задачи

- Разработка методики обработки данных, полученных с БПЛА;
- Получение таксационных характеристик лесов Центральной Якутии с помощью БПЛА и их сопоставление с результатами наземных наблюдений.
- Оценка запасов стволовой древесины различных пород деревьев на модельных площадках.
- Оценка возможности использования наземных морфометрических данных в сочетании с данными дистанционного зондирования.

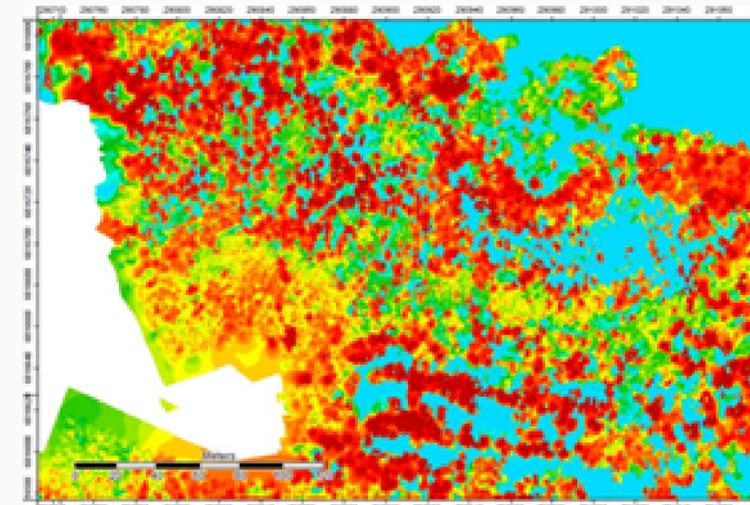
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

16 - 20 ноября 2020, ИКИ РАН



Объекты исследования

№ площадки	Название ассоциации
S01	Арктоусово-брусничный шиповниковый лиственничный лес
S02	Арктоусово-брусничный шиповниковый березовый лес
S03	Арктоусово-брусничный шиповниковый березово-лиственничный лес
S04	Беломошный брусничный сосновый лес
S05	Брусничный лиственничный лес
S06	Брусничный шиповниковый лиственничный лес
S07	Злаковый березово-лиственничный лес
S08	Арктоусово-брусничный шиповниковый березово-лиственничный лес
S09	Брусничный шиповниковый лиственничный лес
S10	Багульниковое лиственничное редколесье
S11	Мертвопокровный с пятнами брусники сосновый лес



Методы исследования

Описание	дата	номер контура	Размер пробной площади	Площадь измерений						номер фото
S09	8/4/2019		20x20							1229210
Рельеф										
Пологонаклонная поверхность склона ЮЮЗ экспозиции 4° с выраженным мерзлотным микрорельефом в виде полигональных кочек размером 30x40 см										
Древостой (березово-лиственничный лес 9Л+1Б)										
Степень сомкнутости крон										
25%										
Название ассоциации										
Брусничный шиповниковый лиственничный лес										
Номер	Количество ство	Порода	Диаметр, см	Высота, м						
1	1,0	larch	22,2	21,0						
2	1,0	larch	16,6	17,2						
3	1,0	larch	8,1	8,8						
4	1,0	larch	19,9	19,4						
5	1,0	larch	12,9	16,5						
6	1,0	larch	12,9	15,3						
7	1,0	larch	7,6	11,4						
8	1,0	larch	5,9	9,4						
9	1,0	larch dead	2,6	5,4						
10	1,0	larch	3,6	6,4						
11	1,0	larch	7,3	11,0						
12	1,0	larch dead	2,2	5,6						
13	1,0	larch	15,8	19,8						
14	1,0	larch	7,3	11,6						
15	1,0	larch	3,7	6,6						
16	1,0	larch	6,3	10,2						
17	1,0	larch	6,8	11,9						
18	1,0	larch dead	6,1	7,6						
19	1,0	larch dead	3,4	7,8						
					Площадка 1*1 м №1	Номер фото	1229207			
					Подрост	Высота, м	шт			
					лиственница	1,2	4			
					береза	1	2			
					Кустарниковый ярус	Высота, м	Покрытие			
					шиповник	0,3	15			
					Травяно-кустарничковый покров	Высота, м	Покрытие			
					злаки	0,1	60			
					мох	0,05	5			
					брусника	0,1	10			
					Опад		25			
					Площадка 1*1 м №2	Номер фото	1229206			
					Подрост	Высота, м	шт			
					Кустарниковый ярус	Высота, м	Покрытие			
					Травяно-кустарничковый покров	Высота, м	Покрытие			
					брусника	0,1	30			
					горошек	0,15	1			
					пеллятигера (лишайник)	0,05	1			
					мох	0,1	1			
					кладония (лишайник)	0,05	1			
					Опад		66			

Фрагмент сводной таблицы описания (площадка S09)

✓ Наземные исследования

Описания полевых наблюдений с помощью бланков. На них указывается растительность и ее характеристики (сомкнутость, ярусы, диаметр, вид и высота каждого дерева)

✓ Дистанционные исследования

Получение данных с БПЛА и их обработка. Использование космических снимков

Обработка данных БПЛА

Используемое ПО



Плотные облака точек

Цифровые модели
(рельефа, местности,
древесного полога)

Ортофотоплан

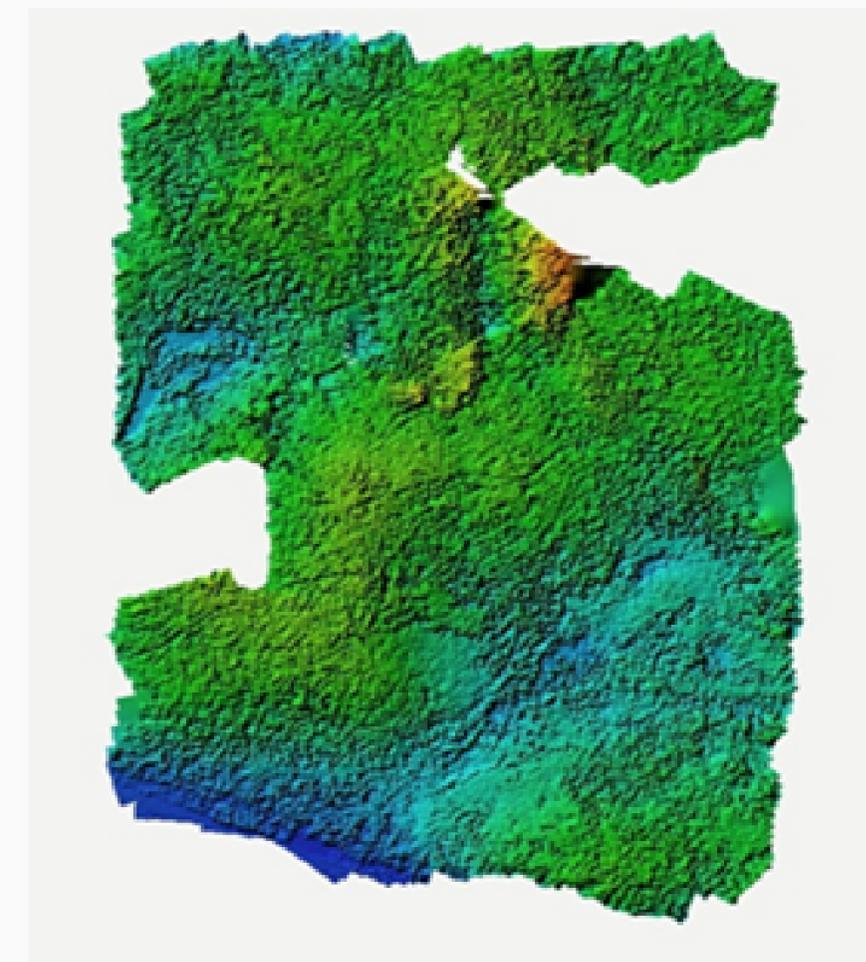
Высоты
деревьев

Сомкнутость

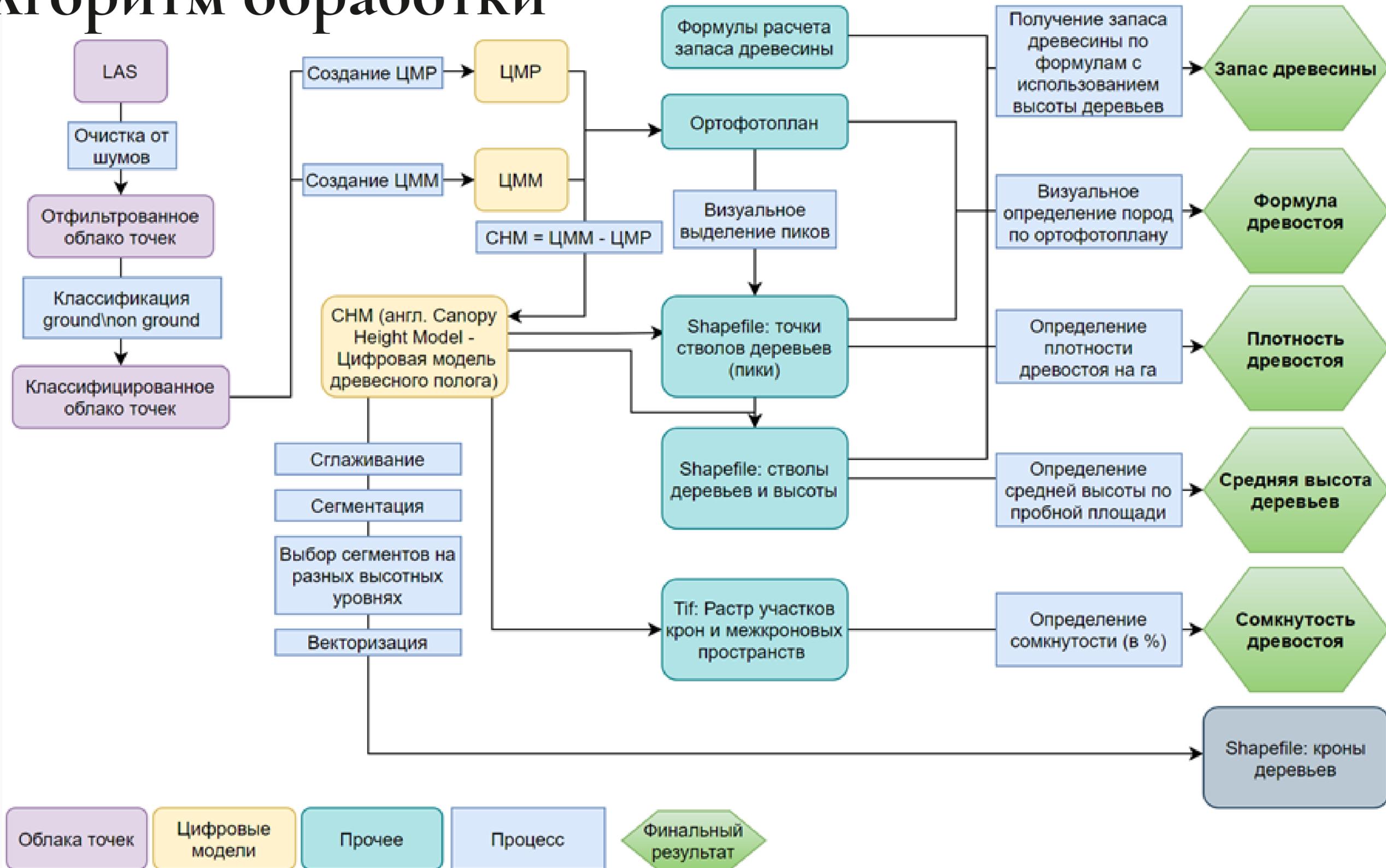
Плотность
древостоя

Формула
древостоя

Запас
древесины



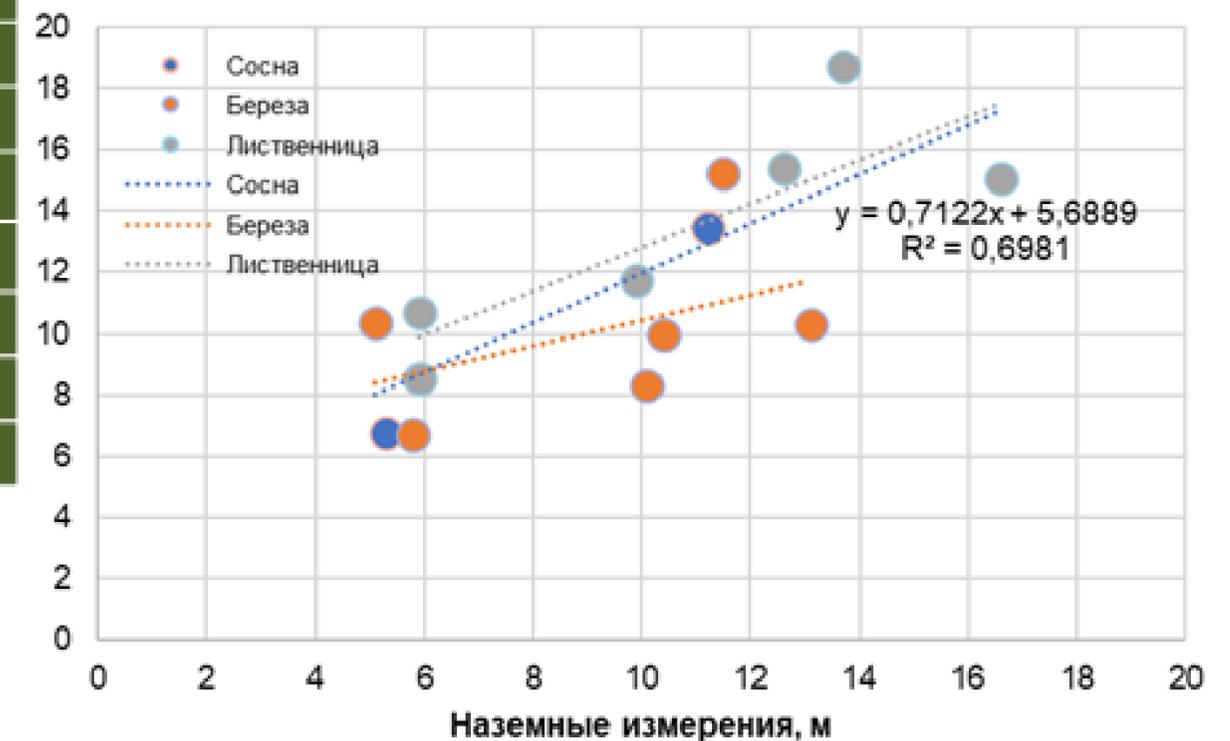
Алгоритм обработки



Средняя высота деревьев

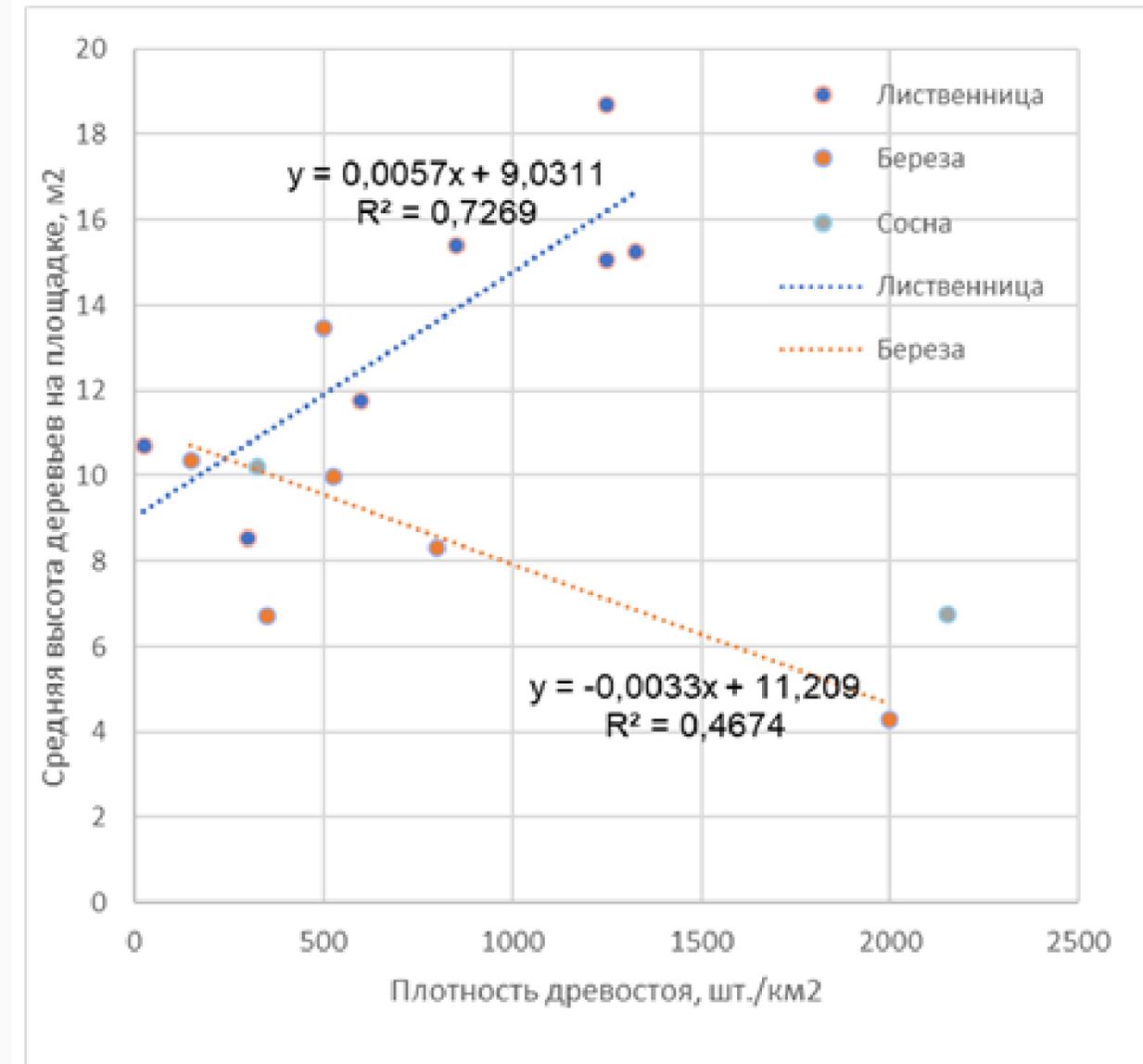
№	Средняя высота, м (наземные измерения)			Средняя высота, м (измерения БПЛА)			Отклонение, %		
	Лиственница	Береза	Сосна	Л	Б	С	Л	Б	С
1	13.7	5.1	-	18.7	10.3	-	26.7	50.6	-
2	5.9	10.1	-	8.5	8.3	-	30.8	21.5	-
3	9.9	10.4	8.3	11.8	9.9	-	15.8	4.2	-
4	5.9	-	5.3	10.7	-	6.7	44.9	-	21.3
5	16.6	5.8	-	15.1	6.7	-	10.3	13.7	-
6	3.2	13.1	2.2	-	10.2	-	-	-27.4	-
7	12.6	11.2	-	15.4	13.4	-	18.1	16.7	-
8	6	7.6	-	-	-	-	-	-	-
9	11.5	7.4	-	15.2	-	-	24.5	-	-
10	3.6	2.5	-	1.1	0.7	0.7	-214	-256	-
11	-	-	7.4	-	-	10.2	-	-	27.5

- Средняя высота деревьев определяется с помощью БПЛА с погрешностью в среднем 40% - необходима доработка методики.
- Средняя высота лиственниц составляет 10,3 м по данным наземных измерений и 13,6 м.
- Коэффициент детерминации при сравнении высот, полученных по результатам наземных исследований и с помощью БПЛА, составляет в среднем 0,7.
- Более точно производится вычисление высот средних деревьев. Для деревьев большой высоты (более 12 метров) происходит постепенное увеличение расхождений.



Плотность древостоя

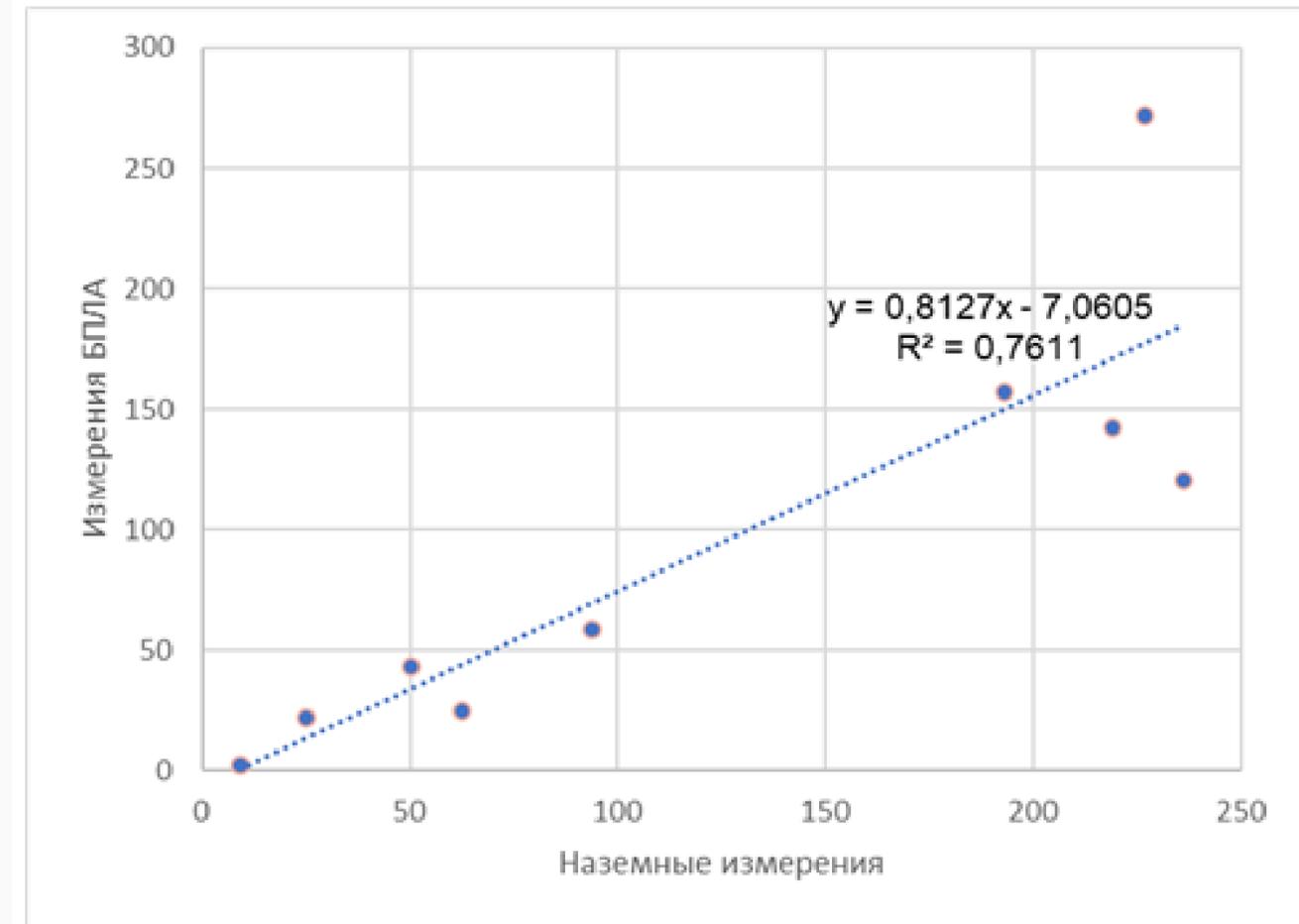
№		Плотность древостоя, шт./га		Расхождение, %
		БПЛА	Наземные набл.	
1	Лиственничный лес	1400	1550	9.68
2	Березовый лес с подростом лиственницы	1100	2300	52.17
3	Березово-лиственничный лес	1125	2750	59.09
4	Сосновый лес	2175	3550	38.73
5	Лиственничный лес	1600	2275	29.67
6	Березовый лес	2000	4950	59.60
7	Березово-лиственничный лес	1350	3275	58.78
9	Березово-лиственничный лес	1325	3100	57.26
10	Лиственничный лес	444	375	-18.40
11	Сосновый лес	325	825	60.61



- Средняя плотность древостоя: 1250 шт./га
- Расхождения с результатами наземных измерений составляют в среднем 40%. Необходима доработка методики.
- Выявлена связь между средней высотой лиственниц и плотностью древостоя. В случае с березой такая связь не наблюдается.

Запас древесины

№	Запас древесины на основе видовых формул и СНМ, м3/га	Запас древесины на основе видовых формул и наземных измерений, м3/га	Отклонение, %
S01	271.8	226.9	16.5
S02	21.7	25.1	-15.6
S03	43.3	50.4	-16.3
S04	58.8	93.5	-59.0
S05	157.0	193.1	-23.0
S06	154.4	150.8	2.3
S07	120.4	236.0	-96.1
S09	142.4	218.9	-53.7
S10	2.3	8.9	-295.0
S11	25.0	62.3	-149.5



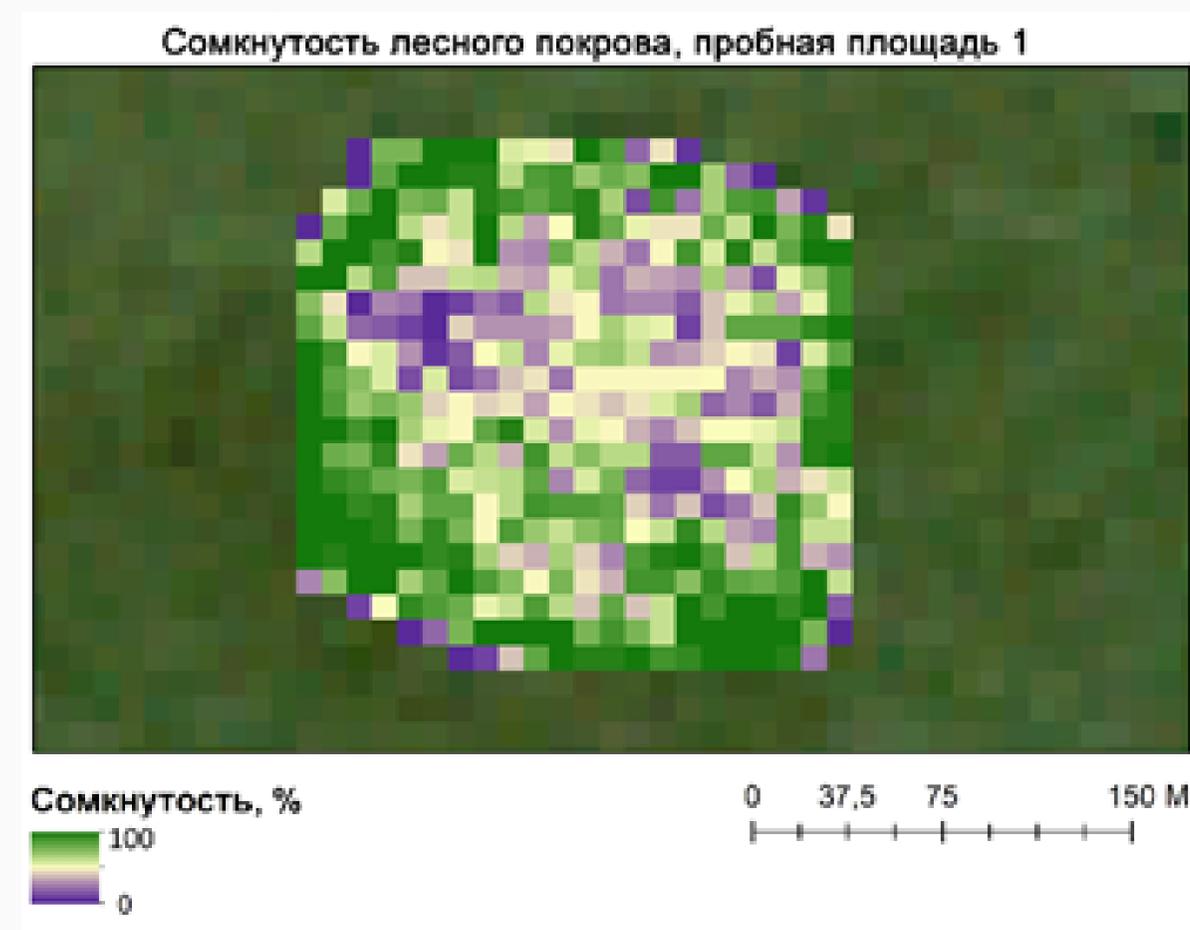
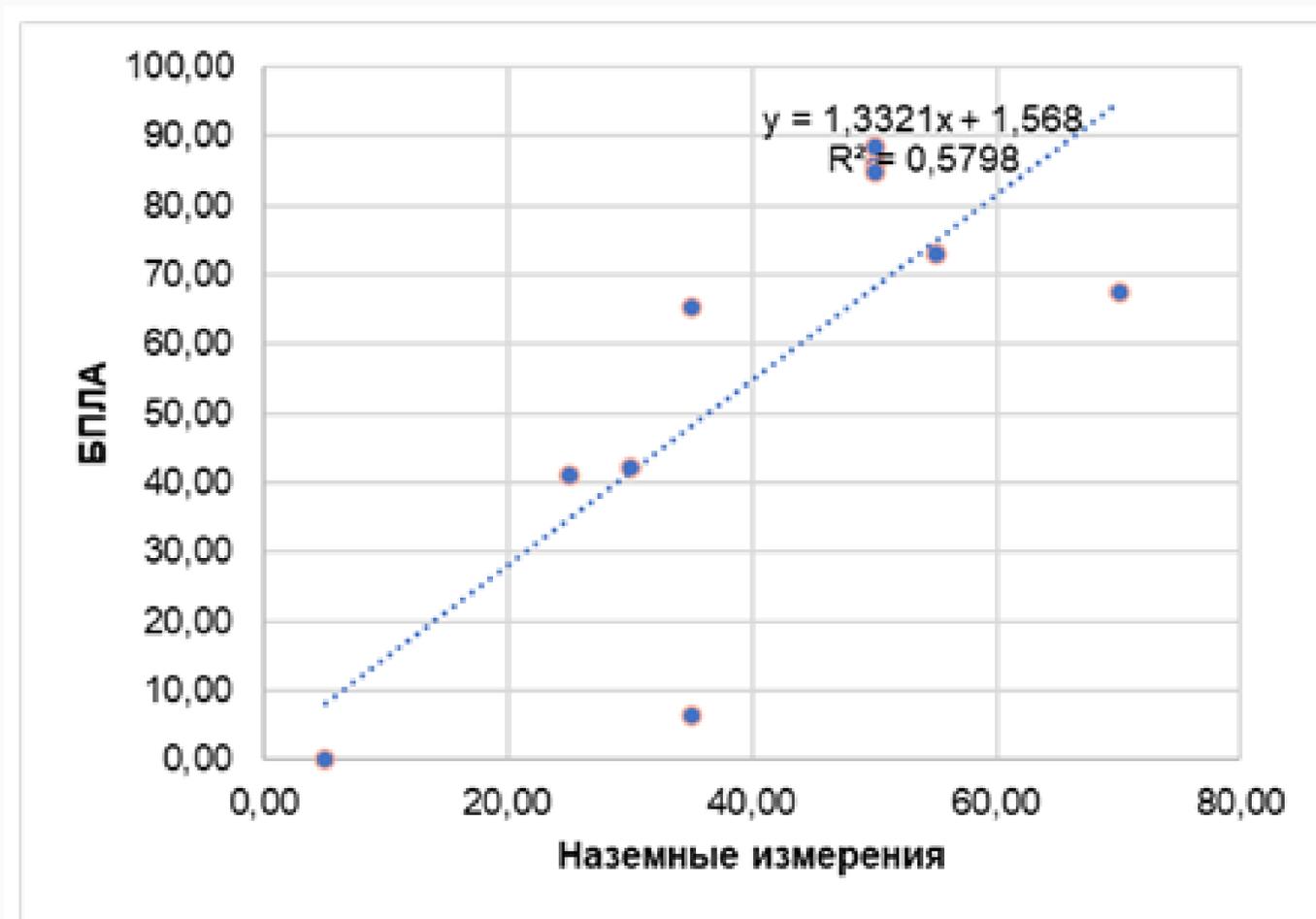
- В среднем запас древесины равен 32.39 м3/га.
- Согласно данным БПЛА, значения колеблются от 2.3 м3/га (разреженный лиственный лес) до 271.8 м3/га в лиственном лесу с подростом березы.
- Запасы древесины, посчитанные на основе данных наземных наблюдений и данных БПЛА сопоставимы, $R^2=0.76$
- Средние расхождения с данными наземных наблюдений составляют 32%. Доработка методики обработки данных в дальнейшем повысит точность и уменьшит расхождения с данными наземных наблюдений.

Сомкнутость

	ДРЕВОСТОЙ, ПОЛНОЕ ОПИСАНИЕ	НАЗЕМНЫЕ	БПЛА	РАЗНОСТЬ
1	Лиственный лес	35.00	65.2	30.19
2	Березовый лес с подростом лиственниц	50.00	85.9	35.90
3	Березово-лиственный лес	50.00	88.5	38.54
4	Сосновый лес	30.00	42.3	12.26
5	Лиственный лес	50.00	84.9	34.89
6	Березовый лес	70.00	67.4	-2.58
7	Березово-лиственный лес	55.00	73.0	18.03
9	Березово-лиственный лес	25.00	41.1	16.14
10	Лиственный лес	5.00	0.2	-4.75
11	Сосновый лес	35.00	6.6	-28.43



Сомкнутость



- Сомкнутость рассмотренных лесов в среднем составляет 0.5 и достигает до 0.9.
- Расхождения показателям сомкнутости составляют в среднем 22%.
- Сравнение показателей сомкнутости, полученных с БПЛА, с NDVI на основе Sentinel 2 MSI, показало связь между данными показателями, коэффициент детерминации составил 0,735 – это выше, чем у соотношения NDVI с показателем сомкнутости, полученным в результате наземных измерений. Так была доказана связь БПЛА с данными космической съемки.

Формула древостоя

№	Описание древостоя	% по формуле древостоя			% данной породы в общем составе древостоя, БПЛА			Δ в %		
		Листв.	Бер.	Сосна	Л.	Б.	С.	Л.	Б.	С.
1	Лиственный Лес	90	10	-	89	11	-	1	-1	-
2	Березовый лес с подростом лиственницы	10	90	-	27	73	-	-17	17	-
3	Березово-лиственный лес	50	50	-	53	47	-	-3	3	-
4	Сосновый лес	10	-	90	1	-	99	9	-	-9
5	Лиственный лес	90	10	-	78	22	-	12	-12	-
6	Березовый лес	-	100	-	-	100	-	-	0	-
7	Березово-лиственный лес	60	40	-	63	37	-	-3	3	-
9	Березово-лиственный лес	100	-	-	100	-	-	0	-	-
10	Лиственное редколесье	60	40	-	51	49	-	9	-9	-
11	Сосновый лес	-	-	100	-	-	100	-	-	0

- Получение формулы древостоя (или доли пород в составе лесов) на основе данных БПЛА и последующей ручной обработки данных является сравнительно точным способом определения долей различных пород в общем массиве леса, хотя и требующим больших временных затрат.
- Возможно дальнейшее развитие данного направления при увеличении доли автоматизированной обработки данных без участия человека.
- Расхождения не превышают 17%.

Выводы

- Средняя высота деревьев определяется с помощью БПЛА с погрешностью в среднем 40%. Более точно производится вычисление высот деревьев средней высоты. Для деревьев с высотой более 12 метров происходит постепенное увеличение расхождений с результатами наземных наблюдений.
- Плотность древостоя в среднем составляет 1250 шт./га. Расхождения с результатами наземных измерений составляют в среднем 40%.
- Для более плотных лиственных лесов характерна большая высота, когда как для березы и сосны подобных зависимостей выявлено не было.
- В среднем запас древесины равен 32.39 м³/га. Средние расхождения с данными наземных наблюдений составляют 32%. Доработка методики обработки данных в дальнейшем повысит точность и уменьшит расхождения с данными наземных наблюдений.
- Сомкнутость рассмотренных лесов в среднем составляет 0.5 и принимает значения до 0.9. Это сопоставимо с данными литературных источников.
- Расхождения по показателям сомкнутости составляют в среднем 22%.
- Доля пород в древостое определяется точно, погрешность составляет в среднем 5%.
- При сравнении NDVI с средней сомкнутостью по данным БПЛА коэффициент детерминации выше, чем при сравнении с сомкнутостью по данным наземных наблюдений.

На точность измерения с БПЛА влияют следующие факторы:

1. Общая сомкнутость – в разреженных лесах одиночные пики деревьев выделяются более четко и, как следствие, повышается точность измерений.
2. Ярусность древостоя – параметры нижних ярусов определяются плохо, особенно при сомкнутом верхнем ярусе.
3. Породный состав древостоя – для пород, характеризующихся более ажурными кронами (кронами с большим количеством просветов при наблюдении снизу) точность цифровых моделей ниже. Как следствие, в таких лесах расхождения с результатами наземных измерений выше.

Для уменьшения расхождений с результатами наземных измерений необходимо совершенствование методики.

Благодарности

Данная работа выполнена в рамках гранта № 352397111, финансируемого Британским советом и Министерством образования и науки Российской Федерации (грант № 14.616.21.0099 от 27 февраля 2018 года, проект RFMEFI61618X0099).

- Ю.И. Тимохиной, У.Г. Рису, А.И. Терской, Т.С. Бебчук, А.А. Азаровой, А.А. Созонтовой, Б. Фрэзер, М.С. Черноморцу за данные наземных наблюдений;
- Н.О. Тельновой за помощь с технологией обработки данных с БПЛА;
- А.А. Медведеву за предоставление данных с БПЛА;
- И.И. Серееде за помощь в предварительной обработке данных БПЛА;
- Г. Рису за предоставление формул подсчёта запасов древесины.

Спасибо за внимание

ГОММЕРШТАДТ О.М.
СТАСЬКО А.А.

КАФЕДРА РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

