

Определение средних высот и запасов древостоев на основе обработки информации топографической радарной съемки, цифровых моделей рельефа и ГИС-технологий

Алексеев А.С. – д.г.н., проф. заведующий кафедрой лесной таксации, лесоустройства и ГИС
Черниховский Д.М. – к.с.н., доцент той же кафедры

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова

Цель доклада

- Доклад посвящен изложению результатов использования глобальных моделей высот рельефа SRTM (Shuttle radar topographic mission – радарная топографическая съемка) для оценки обобщенных характеристик лесных насаждений – средних высот и запасов.
- Обзор публикаций подтверждает актуальность данного направления исследований в мире, например:
Kellndorfer J., Walker W., Pierce L., Dobson C., Fites J.A., Hunsaker C., Vona J., Clutter M. Vegetation height estimation from Shuttle Radar Topography Mission and National Elevation Datasets // Remote Sensing of Environment. 2004. Vol. 93. pp. 339–358.
Sexton J., Bax T., Siqueira P., Swenson J., Hensley S. A comparison of lidar, radar, and field measurements of canopy height in pine and hardwood forests of southeastern North America // Forest Ecology and Management. 2009. Vol. 257. pp. 1136–1147.

Используемые понятия

1. Цифровая модель рельефа (Digital Terrain Model, *DTM*) – модель, характеризующая земную поверхность без растительности и антропогенных объектов
2. Цифровая модель поверхности (Digital Surface Model, *DSM*) – модель, включающая высоты всех точек на земной поверхности (набор высотных данных, отражающих внешнюю поверхность крон деревьев, крыш зданий, а также любых иных объектов)
3. Цифровая модель высот (Digital Elevation Model, *DEM*) – термин, использующийся для обозначения обеих моделей, подразумевает набор информации о высотах без определения вида отображаемой поверхности.

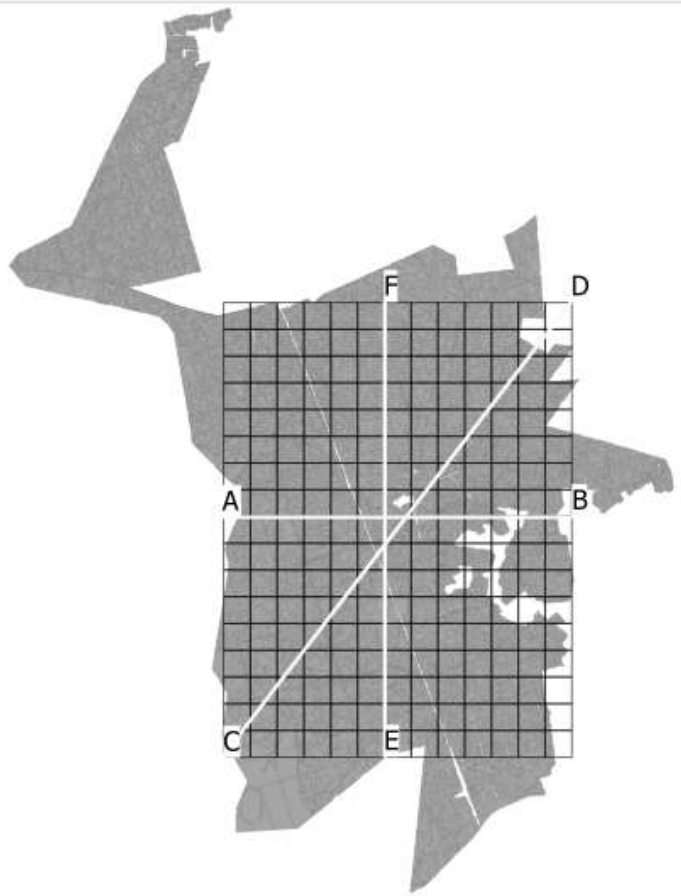
Модель поверхности SRTM

- Высота поверхности SRTM на покрытых лесом участках оказывается больше высоты поверхности открытого рельефа, но ниже средней высоты лесного полога.
- Разница между поверхностями SRTM и рельефа – *высота центра фазы рассеяния* (scattering phase center height) зависит от характеристик сенсора и объекта съемки .
- К характеристикам объекта съемки (лесных насаждений), способных влиять на высоту центра фазы рассеяния, относятся структура и влажность лесной растительности, шероховатость и влажность почвы.
- К характеристикам сенсора, влияющим на высоту центра фазы рассеяния, относятся длина волны, базовая длина и ориентация, поляризация, угол падения, фазовый шум

Методика исследований включала в себя 4 этапа

1. Формирование геоинформационного проекта модельной территории с наборами векторных и растровых слоев на основе баз данных лесоустройства. Создание векторного слоя регулярной сети с шагом 1 км с расчетом усредненных характеристик лесов внутри ячеек.
2. Поиск, перепроецирование и загрузка данных SRTM. Сканирование и трансформация в геоинформационный проект топографических карт, векторизация горизонталей и высотных отметок. Создание модели рельефа методом TIN.
3. Определение разницы высот моделей SRTM и рельефа - определение высоты центра фазы рассеяния.
4. Определение высот и запасов древостоев на основе высоты центра фазы рассеяния для ячеек регулярной сети и групп лесотаксационных выделов.

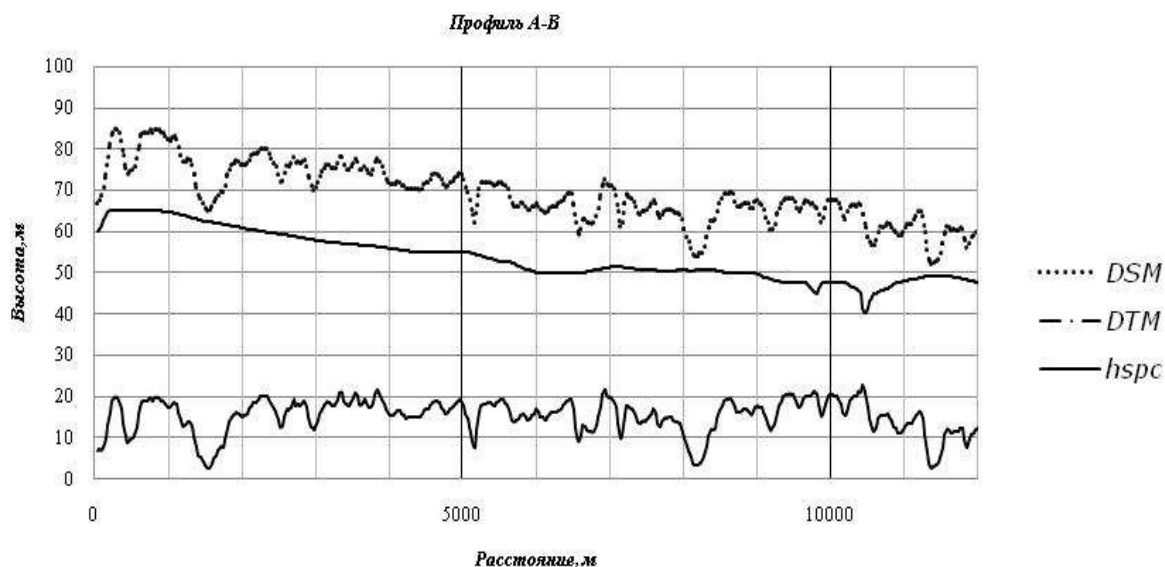
Объект исследований Лисинский учебно-опытный лесхоз – филиал Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова



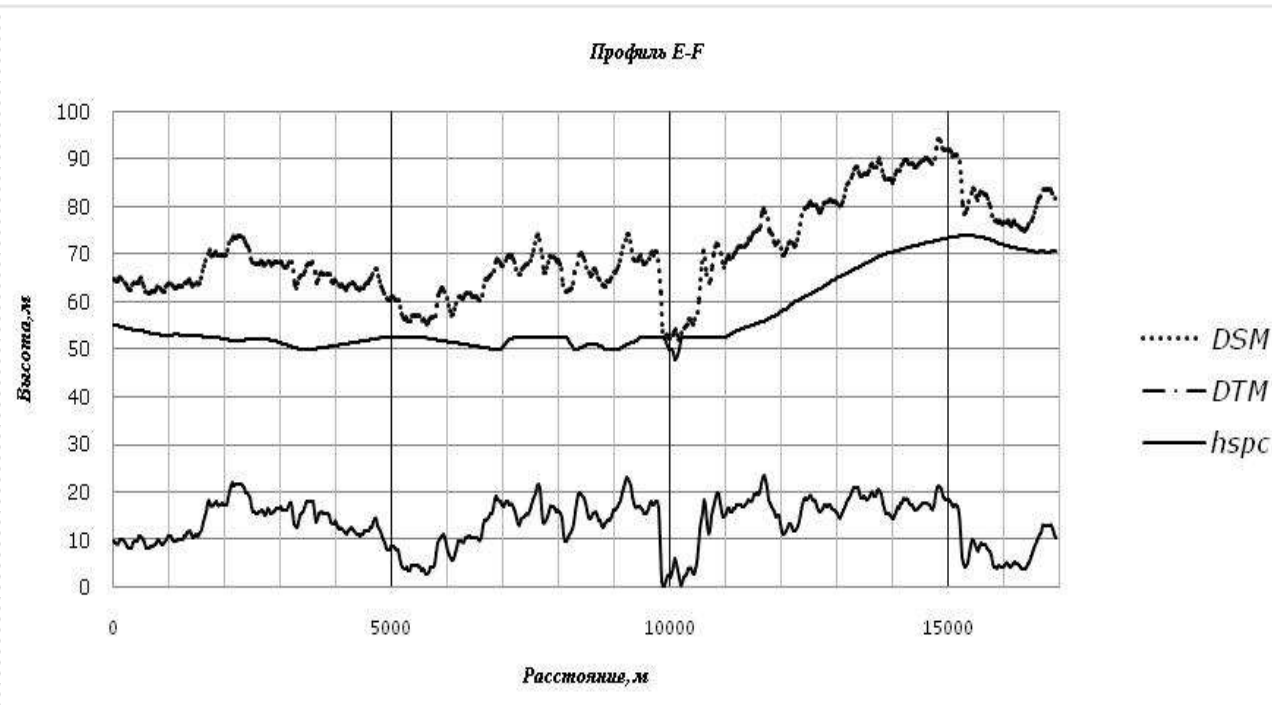
- Расположение регулярной сети с шагом 1 км на схеме лесничества внутри квадрата матрицы высот SRTM со стороной 1° ,
- Расположение профилей для анализа высот рельефа, поверхности SRTM и лесного полога

Определение высоты центра фазы рассеяния модели SRTM – профиль А-В

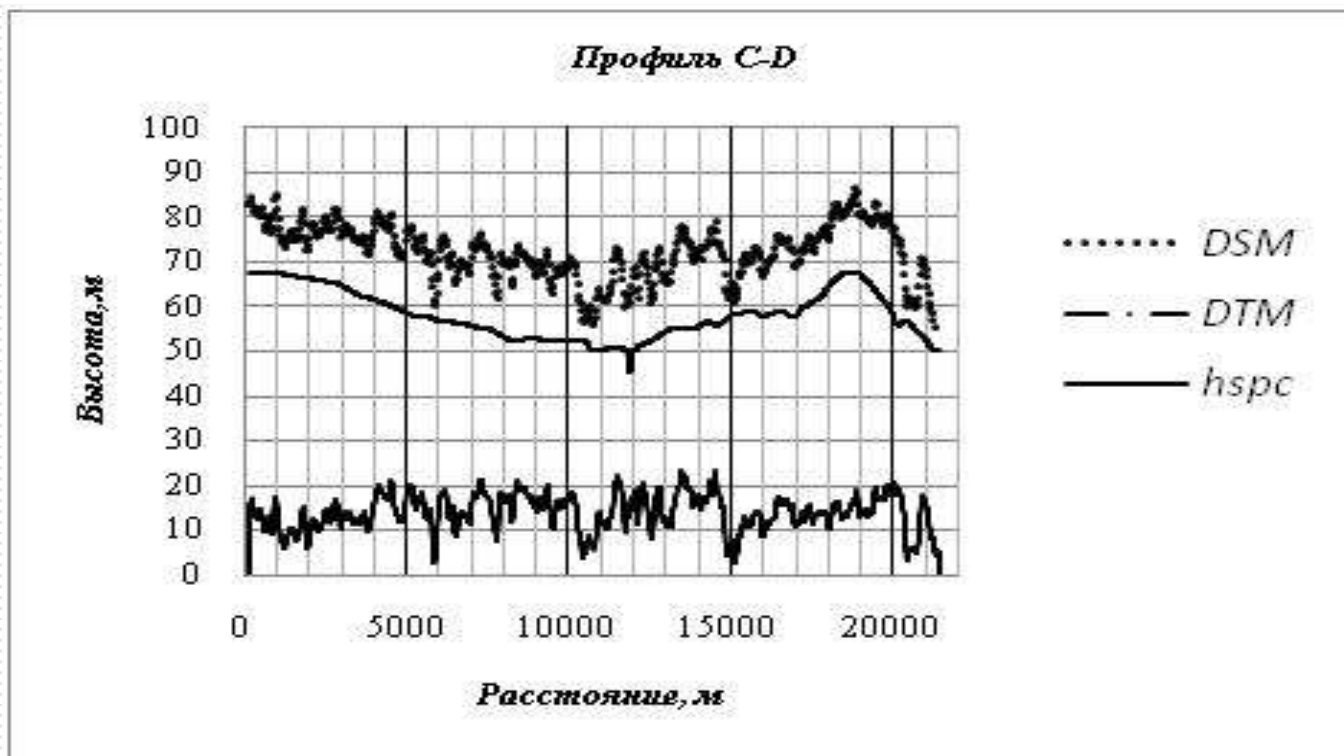
- Средствами ГИС путем вычитания значений высот моделей рельефа из модели SRTM сформирована новая цифровая модель высот
- Полученная модель высот характеризует положение высоты центра фазы рассеяния (нижняя кривая).



Определение высоты цента фазы рассеяния модели SRTM – профиль E-F



Определение высоты цента фазы рассеяния модели SRTM – профиль C-D



Сравнение высот центра фазы рассеяния и средних высот насаждений

1. Высота центра фазы рассеяния не соответствует реальной высоте лесных насаждений. Кривая графика средней высоты древостоев в целом проходит выше кривой средней высоты центра фазы рассеяния.
2. Более глубокому проникновению лучей радарной съемки в лесной полог могут способствовать сухая погода, незначительная плотность полога, небольшая высота насаждений и небольшие размеры листьев и ветвей, коническая форма крон.
3. Такие факторы как высокая сомкнутость насаждений, преобладание лиственных пород в лесном пологе, наличие ветвей среднего и большого размера препятствуют проникновению лучей радарной съемки в лесной полог

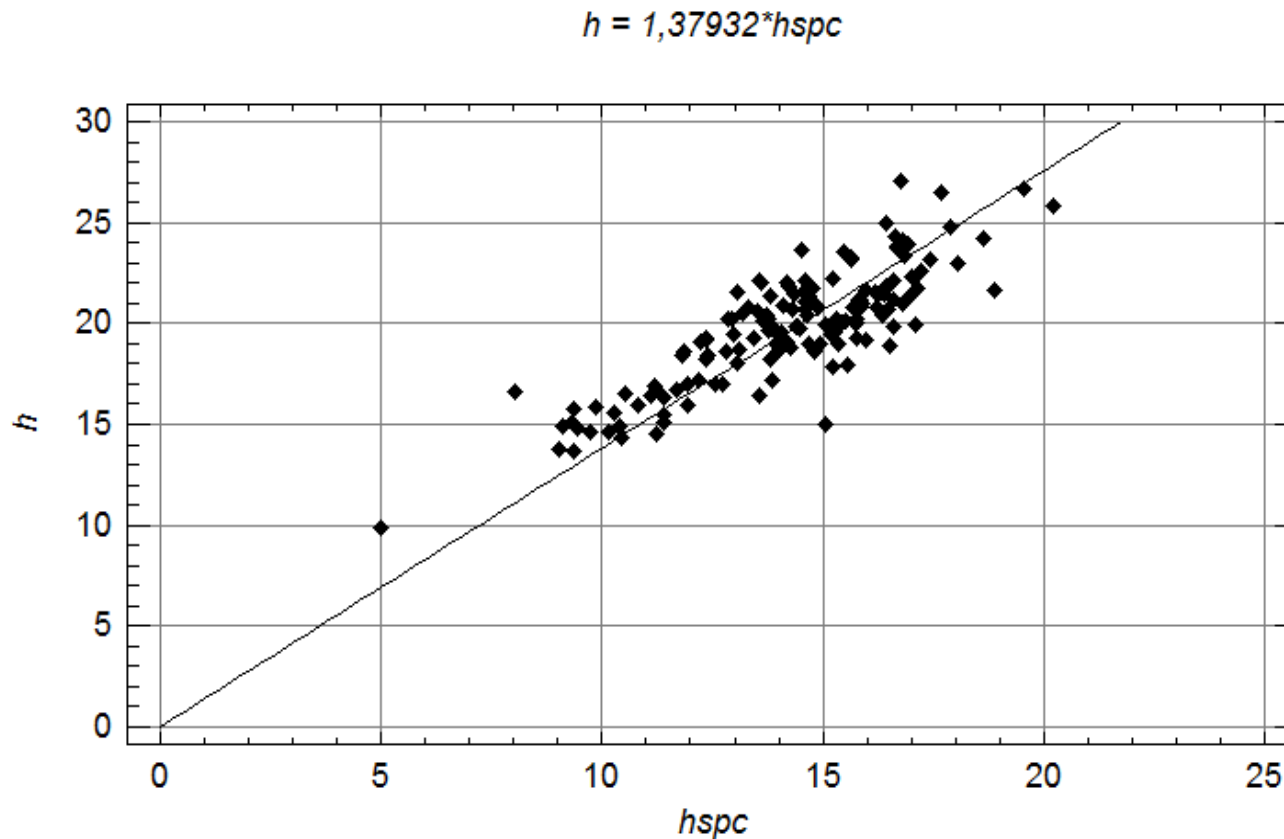
Соотношение высот центра фазы рассеяния и средних высот насаждений - рекомендации

- Поверхность центра фазы рассеяния, фиксируемая сенсором, может составлять от 0,5 до 0,75 от высоты лесного полога
- Для оценки высот объектов на основе материалов SRTM с размером пикселя 30 м рекомендуется выбирать участки площадью не менее 1,8 га.
- Относительная вертикальная ошибка высоты, связанная с фазовым шумом, снижается с увеличением выборки за счет усреднения

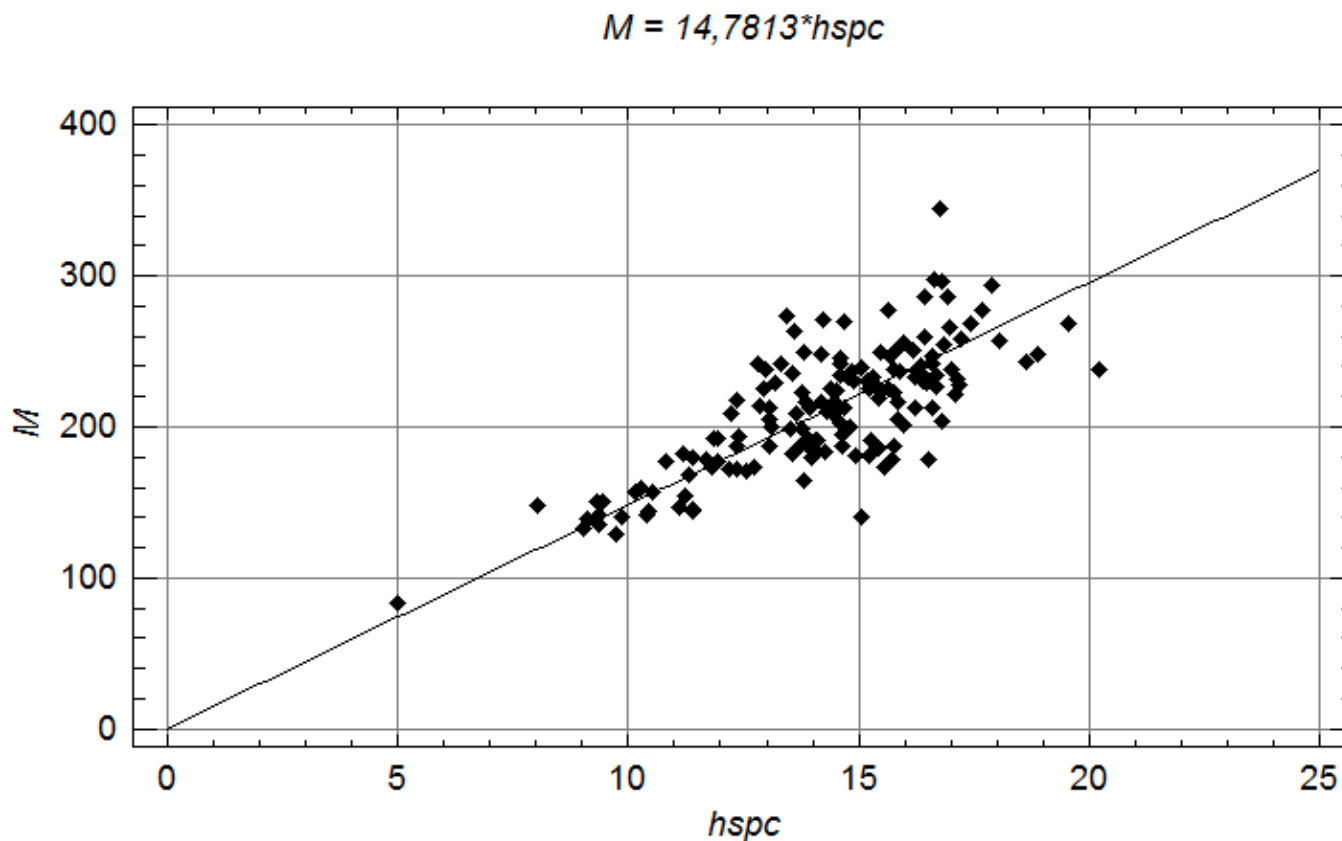
Высоты центра фазы рассеяния по группам категорий земель и отдельным категориям земель. Указаны средние значения высоты центра фазы рассеяния(м), стандартные ошибки(м) и количество выделов в скобках (шт.)

Категории и группы категорий земель	Площади выделов				
	без ограничений	не меньше 2,5 га	не меньше 5 га	не меньше 7,5 га	не меньше 10 га
Нелесные земли	7,8±3,8 (219)	7,0±3,5 (81)	5,6±3,4 (34)	4,0±0,9 (22)	4,2±1,0(11)
Болота	5,6±3,8 (14)	3,8±0,8 (10)	3,6±0,7 (9)	3,6±0,7 (9)	3,6±0,5 (6)
Сенокосы	6,1±2,6 (58)	5,1±2,3 (14)	4,1±1,2 (4)	-	-
Пашни, пастбище, выгоны, ландшафтная поляна	5,2±2,9 (17)	3,5±1,4 (9)	3,2±1,0 (4)	3,6±0,7 (3)	-
Непокрытые лесной растительностью лесные земли	10,9±5,2 (122)	10,6±6,0 (26)	11,7±6,5 (12)	12,3±7,9 (5)	-
Несомкнутые лесные культуры	9,3±6,4 (38)	7,2±5,5 (13)	4,0±0,5 (4)	3,9±0,2 (2)	-
Лесные земли покрытые лесной растительностью	14,4±4,0 (7361)	14,2±4,3 (2620)	13,7±4,5 (793)	13,7±4,6 (282)	13,2±4,7 (127)

Зависимость средней высоты насаждений и средней высоты центра фазы рассеивания по ячейкам регулярной сети (коэффициент детерминации – 99,2%)



Зависимость среднего запаса насаждений и средней высоты центра фазы рассеивания по ячейкам регулярной сети (коэффициент детерминации – 98,4%)



Зависимости средних высоты и запаса насаждений и средней высоты центра фазы рассеивания по данным лесотаксационных выделов

- Оценивались регрессионные зависимости между средними высотами центра фазы рассеяния (независимая переменная), средними высотами и запасами насаждений (зависимые переменные) в пределах границ лесотаксационных выделов, сгруппированных по преобладающим породам (сосна, ель береза, осина)
- Во всех случаях установлена тесная связь средней высоты центра фазы рассеяния, средних высот и запасов насаждений по лесотаксационным выделам
- Изучено влияние на тесноту связей преобладающей породы, площади выделов, коэффициента состава и относительной полноты насаждений.

Заключение

1. Высота поверхности SRTM отличается от высоты рельефа (определяемой на основе топографических карт).
2. Средняя высота центра фазы рассеяния SRTM (разница высот модели SRTM и модели рельефа) для нелесных земель составила $7,0 \pm 3,5$ м, для лесных земель, покрытых лесной растительностью $14,2 \pm 4,3$ м, для лесных земель, непокрытых лесной растительностью $10,6 \pm 6,0$ м.
3. Увеличение площади выделов приводит к уменьшению значений полученных оценок средней высоты центра фазы рассеяния и среднего квадратического отклонения.

Заключение- 1

4. Графики высот моделей SRTM и рельефа вдоль профилей отражают синхронный характер изменений.
5. Средняя высота центра фазы рассеяния SRTM располагается ниже средней высоты лесного полога.
6. Установлены тесные, статистически достоверные зависимости средних высот и запасов насаждений от высоты центра фазы рассеивания как по ячейкам регулярной сети с шагом 1 км, так и в границах выделов.
7. Полученные результаты могут быть использованы для инвентаризации лесов на региональном уровне, а также для региональных оценок запасов лесной биомассы и углерода.

Публикация

- Более детально с результатами проведенного анализа можно ознакомиться в следующей публикации:

Черниковский Д.М., Алексеев А.С. Определение средних высот и запасов древостоев на основе обработки информации топографической радарной съемки, цифровых моделей рельефа и ГИС-технологий // Труды Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Том 18. № 2. 2019. С. 416-443.

DOI 10.15622/sp.18.2.416-443

Доклад окончен, спасибо за
внимание!