

Научная статья
УДК 630.6:656.073

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ДЛЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

Евгений Михайлович Лоос¹, Василий Федорович Ковязин²,
Даниил Александрович Иванов³

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

^{2,3} Санкт-Петербургский горный университет императрицы
Екатерины II, Россия

¹ bapestaaaa@gmail.com

² vfkedr@mail.ru

³ Aniaivanov377@gmail.com

Аннотация. В работе проведен обзор литературных источников по применению беспилотных воздушных судов (БВС) для инвентаризации лесов, приведены положительные стороны применения БВС для целей получения таксационных показателей древостоев. Приведен пример получения показателей древостоя с лазерного сканера.

Ключевые слова: беспилотное воздушное судно, инвентаризация, таксационные показатели, древостой, дистанционные методы

Для цитирования: Лоос Е. М., Ковязин В. Ф., Иванов Д. А. Применение беспилотных воздушных судов для инвентаризации лесных ресурсов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 178–182.

Original article

USING UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR FOREST RESOURCE INVENTORY

Evgeny M. Loos¹, Vasily F. Kovyazin², Daniil A. Ivanov³

¹ Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S. M. Kirov,
St. Petersburg, Russia

^{2,3} St. Petersburg Mining University named after Catherine II, Russia

¹ bapestaaaa@gmail.com

² vfkedr@mail.ru

³ Aniaivanov377@gmail.com

Abstract. The paper provides a review of literature sources on the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for forest inventory, and highlights the positive aspects of using UAVs for the purpose of obtaining forest stand taxation indicators. An example of obtaining forest stand indicators from a laser scanner is given.

Keywords: unmanned aerial vehicles, inventory, taxation indicators, forest stand, remote sensing methods

For citation: Loos E. M., Kovyazin V. F., Ivanov D. A. (2026) Primenenie bespilotny`x vozдушny`x sudov dlya inventarizacii lesny`x resursov [Using unmanned aerial vehicles for forest resource inventory]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 178–182. (In Russ).

В современных условиях устойчивого лесопользования и точного кадастрового учета лесных земель все более актуальной становится задача оперативного получения количественных показателей лесных насаждений. Традиционные методы таксации, основанные на наземных обходах и измерениях на пробных площадях, зачастую трудоемки по времени и ресурсам, особенно в районах с труднопроходимой местностью и удаленностью от населенных пунктов. Применение беспилотных воздушных судов (БВС) позволяет существенно увеличить площадь территории, сократить затраты и время съемки, повысить периодичность мониторинга и обеспечить детальную пространственную информацию о таксационных показателях древостоя. Кроме того, для России это особенно важно по следующим причинам.

1. Большие лесные территории и труднодоступные регионы (тайга, болотистая местность, притундровые леса) требуют дистанционных методов инвентаризации, позволяющих охватить значительные площади при ограниченных трудовых ресурсах.

2. Необходимость частого мониторинга лесного фонда после пожаров, самовольных рубок и в результате климатических последствий требует оперативного обновления данных таксации – БВС обеспечивает высокую повторяемость наблюдений.

3. Комбинация фотограмметрии, лазерного сканирования и спектральных данных повышает полноту информации: от геометрии размещения до санитарного состояния деревьев и видовых точек в лесном ландшафте.

4. Экономическая эффективность при масштабировании: на больших участках стоимость съемки с БВС значительно ниже по сравнению с таковой при полноценной наземной таксации.

5. Возможность интеграции полученных данных инвентаризации лесного массива в геоинформационные системы (ГИС) и лесной кадастр для принятия грамотных управленческих решений.

За последние годы опубликовано значительное количество работ, посвященных использованию БВС и лазерных сканеров для инвентаризации лесов разных типов: лиственных, хвойных и смешанных, исследованию точности автоматизированного выделения количества деревьев на единице площади и оценке их биофизических параметров методом глубокого обучения, а также работ по интеграции БВС и наземных обмеров с применением лазерного сканирования. Ниже приведен краткий обзор пяти актуальных исследований.

1. SiDroForest – Siberian drone-mapped forest inventory, комплексный набор данных по бореальным лесам, включающий помеченные отдельные деревья и облака точек; полезен для разработки моделей автоматической таксации [1].

2. Automated forest inventory with deep learning – высокоплотные облака точек и алгоритмы сегментации и предсказания биофизических параметров деревьев; демонстрирует высокую точность при подходящей калибровке системы лазерного сканирования [2].

3. UAV-LiDAR approaches for volume and tree count estimation в системах интегрированного сельского и лесного хозяйства – примеры применения лазерного сканера на БВС в сельскохозяйственных культурах и на лесных плантациях [3].

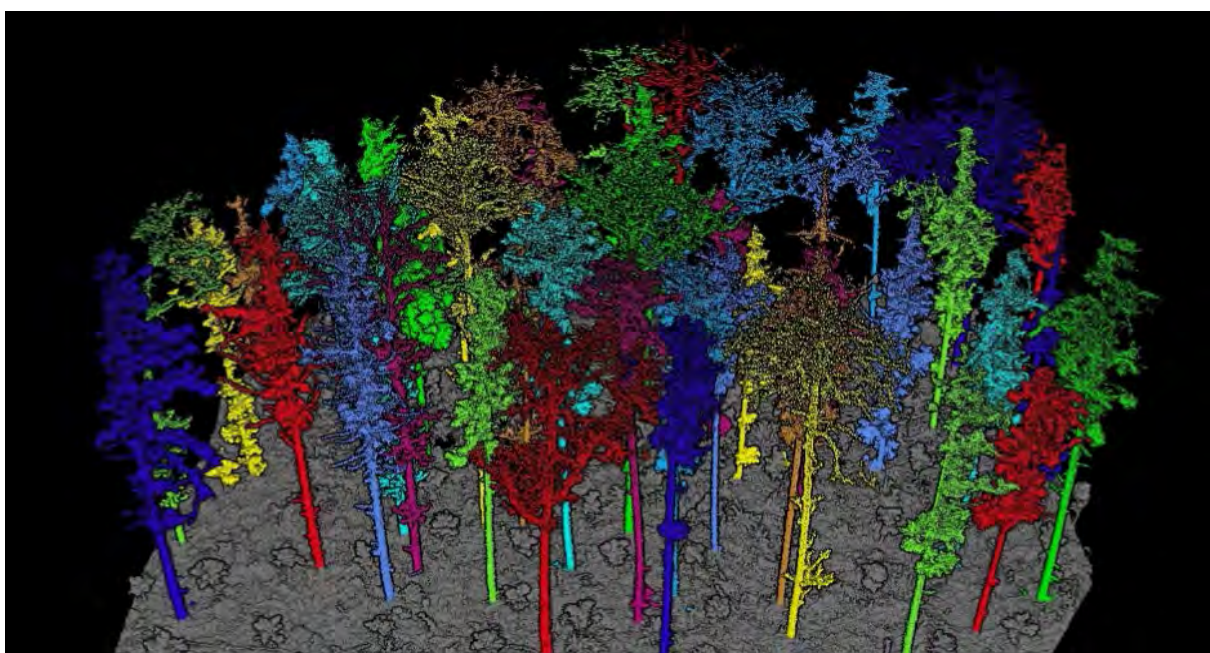
4. In-situ calibration and trajectory enhancement for UAV-LiDAR – методы повышения точности позиционирования облаков точек в пространстве и их геопривязки [4].

5. Примеры обследований в России: оценка сохранности и расчет биомассы древесины с использованием DJI Matrice + L1 (Mukhrino и др.).

При выборе таксационных показателей, пригодных для определения с помощью БВС, ориентировались на три критерия: техническая реализуемость (измеримость на основе беспилотных воздушных судов), практическая ценность для лесоустройства и возможность стандартизации для сопоставимости с наземными данными. Предлагаемый базовый набор

показателей: породный состав насаждения, высота и диаметр деревьев на высоте груди (1,3 м), площадь проекции крон, густота деревьев на одном гектаре, запас насаждения.

Рекомендуется сочетать фотограмметрию и беспилотники с лазерными сканерами на борту для обеспечения полной картины лесного ландшафта: фотограмметрия – для создания ортофотопланов и карт древостоя, результаты лазерного сканирования – для точной реконструкции вертикальной структуры и получения достоверных высот древостоя. Ограничения включают необходимость валидации на наземных пробных площадях, возможное снижение точности в густых и многоярусных насаждениях, а также потребность в вычислительных ресурсах и навыках обработки полученных данных инвентаризации (рисунок).



Объединенное облако точек, иллюстрирующее сегментацию породного состава деревьев на лесном участке

Примером реализации лазерного сканирования насаждения является плотное облако точек, раскрашенное таким образом, чтобы однозначно отличать одну породу дерева от другой.

Список источников

1. SiDroForest: комплексная лесная инвентаризация бореальных лесов Сибири, включающая данные сканирования облаков точек с применением БВС, индивидуально размеченные деревья, синтетически сгенерированные кроны и размеченные изображения Sentinel-2 / Ф. Ван Геффен, Б. Хайм, Ф. Бригер [и др.] // Earth Syst. Sci. Data. 2022. Т. 14. С. 4967–4994. DOI: 10.5194/essd-14-4967-2022

2. Автоматизированная лесная инвентаризация: анализ высокоплотных облаков точек воздушного лазерного сканирования с использованием 3D-глубинного обучения / Б. Сян, М. Вельгош, Т. Контогианни [и др.] // *Remote Sensing of Environment*. 2024. Т. 305. С. 114078. DOI: 10.1016/j.rse.2024.114078

3. Высокоплотное лазерное сканирование с применением БВС в интегрированной системе растениеводство – животноводство – лесное хозяйство: выборочная лесная инвентаризация или инвентаризация на основе индивидуального обнаружения деревьев / А. Г. Гороховский, Е. Е. Шишкина, А. С. Агафонов [и др.] // *Леса России и хозяйство в них*. 2023. № 2. DOI: 10.3390/drones6020048

4. Калибровка и улучшение траектории БВС и рюкзачных систем лазерного сканирования для лесной инвентаризации высокой точности / Т. Чжоу, Р. Маниш, С. Фей, А. Хабиб [и др.] // *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-1/W1-2023. 2023. С. 595–602. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W1-2023-595-2023