



DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-240312>

EDN: <https://elibrary.ru/dnqxwz>

УДК 630.2:502.05

Краткое сообщение

Использование БПЛА и мультиспектральных снимков при обследовании фитоценозов на вырубках

Ю.В. Ольхин^{1*} , О.И. Гаврилова¹ , А.В. Грязькин² 

¹ Петрозаводский государственный университет, 185960, Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 194018, Россия, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, лит. У

*yuri_olkhin@mail.ru

Аннотация. Анализируются мультиспектральные снимки высокого разрешения, полученные с помощью БПЛА для оценки состояния фитоценозов на вырубке 7-летней давности. Вырубка представляет собой участок неправильной формы площадью 13 га, на котором оставлены семенные деревья в виде куртин большого размера – по 0.2–0.3 га. На снимках, полученных с БПЛА в видимом диапазоне и в синтезе каналов NIR-GRE-RED, определяются качественные и количественные характеристики хвойных и лиственных деревьев в семенных куртинах, в примыкающих к вырубке стенах леса и в рядах лесных культур. На восточной части вырубки в междурядьях лесных культур лиственные породы представлены единичными экземплярами, преобладают хвойные породы, а в западной и северо-западной частях вырубки преобладает естественное возобновление лиственных пород. Полученная информация о структуре и состоянии молодняков может быть использована при разработке и обновлении объективной документации, лесохозяйственных регламентов, лесного плана.

Ключевые слова: методы оценки, беспилотный летательный аппарат, сосна обыкновенная, естественное восстановление леса

ORCID:

Ю.В. Ольхин, <https://orcid.org/0000-0002-5946-8252>

О.И. Гаврилова, <https://orcid.org/0000-0002-5618-8239>

А.В. Грязькин, <https://orcid.org/0000-0002-7901-2180>

Для цитирования: Ольхин, Ю.В. и др., 2025. Использование БПЛА и мультиспектральных снимков при обследовании фитоценозов на вырубках. *Трансформация экосистем* 8 (3), 3–9. <https://doi.org/10.23859/estr-240312>

Поступила в редакцию: 12.03.2024

Принята к печати: 26.04.2024

Опубликована онлайн: 01.08.2025

DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-240312>

EDN: <https://elibrary.ru/dnqxwz>

UDC 630.2:502.05

Short communication

Use of UAVs and multispectral images in the examination of phytocenoses in logged areas

Yu.V. Olkhin^{1*} , O.I. Gavrilova¹ , A.V. Gryazkin² 

¹ Petrozavodsk State University, prospekt Lenina 33, Republic of Karelia, Petrozavodsk, 185960 Russia

² Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, per. Institutskiy 5 litera U, Saint-Petersburg, 194018 Russia.

*yuri_olkhin@mail.ru

Abstract. The study analyzes high-resolution multispectral images obtained via unmanned aerial vehicles (UAVs) to assess the state of phytocenoses in logged areas that were cleared seven years ago. The clearcut site represents an irregularly shaped area of 13 hectares, on which seed trees are left as large patches of 0.2–0.3 hectares each. The images obtained from UAVs in the visible range and in the synthesis of NIR-GRE-RED channels determine the qualitative and quantitative characteristics of coniferous and deciduous trees in seed patches, in forest edges adjacent to the logged area and in rows of forest crops. In the eastern part of the logged area between the rows of forest crops, deciduous trees are represented by single specimens, conifers prevail, and in the western and northwestern parts of the logged area, natural renewal of deciduous trees prevails. The obtained information about the structure and condition of young forests can be applied in the development and updating of forestry regulations, objective documentation, and forest management plans.

Keywords: assessment methods, unmanned aerial vehicle, Scots pine, natural forest restoration

ORCID:

Yu.V. Olkhin, <https://orcid.org/0000-0002-5946-8252>

O.I. Gavrilova, <https://orcid.org/0000-0002-5618-8239>

A.V. Gryazkin, <https://orcid.org/0000-0002-7901-2180>

To cite this article: Olkhin, Yu.V. et al., 2025. Use of UAVs and multispectral images in the examination of phytocenoses in logged areas. *Ecosystem Transformation* 8 (3), 3–9. <https://doi.org/10.23859/estr-240312>

Received: 12.03.2024

Accepted: 26.04.2024

Published online: 01.08.2025

Введение

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является перспективным современным инструментом для мониторинга эффективности ведения лесного хозяйства (Кабонен и др., 2022; Ольхин и др., 2022, 2023; Скуднева, 2014; Филатов и др., 2022). С помощью БПЛА повышается точность оценки качества, снижается трудоемкость выполняемых работ (Кабонен и др., 2022; Ольхин и др., 2023; Филатов и др., 2022). Главное достоинство БПЛА – возможность охвата больших удаленных труднодоступных территорий, наличие которых в таежной зоне тормозит интенсивное развитие лесного хозяйства (Гаврилова и др., 2020; Кабонен и Ольхин, 2020; Briger et al., 2019; Kulha et al., 2018).

Мультиспектральная съемка с использованием ближнего инфракрасного канала и высокое пространственное разрешение снимков увеличивают возможности комплексной оценки объектов лесного фонда. Дистанционные методы позволяют выявлять породный состав, таксационные характеристики насаждений, устанавливать очаги поражения лесных фитоценозов вредителями и болезнями (Аковецкий и Афанасьев, 2020; Кабонен и Ольхин, 2020; Ольхин и др., 2023). Также благодаря БПЛА возможно оценивать успешность естественного возобновления на вырубках любой площади и категории состояния, сохранность лесных культур и характеристики вырубок (Кабонен и др., 2022; Филатов и др., 2022). Исследование хода роста молодняков естественного и искусственного происхождения на вырубках является важным элементом ведения лесного хозяйства, в том числе с использованием современных технологий (Маслаков, 1984; Ольхин и др., 2023; Соколов, 2006; Филатов и др., 2022; Neuville et al., 2021).

Цель исследования – оценка отдельных характеристик фитоценозов, формирующихся на вырубках с семенными куртинами, с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Материалы и методы

Аэрофотосъемка опытных объектов была проведена беспилотным авиационным комплексом самолетного типа 29–30 июня 2020 г. с высоты около 200 м. Съемка проводилась камерами SONY DSC-RX1R в видимом диапазоне (RGB) и Parrot Sequoia в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах (RED, REG, GRE, NIR). Пространственное разрешение в видимом диапазоне составило менее 5 см, в видимом и ближнем инфракрасном – 19 см.

Объект исследования площадью 13 га расположен в квартале 96 Вешкельского участкового лесничества (Суоярвский район, Республика Карелия). После рубки сосняка брусничного в 2013 г. здесь сформировалась вырубка верескового типа. Почвы легкие супесчаные, иллювиально-железистые.

Полученные материалы были обработаны с использованием специальных программ (Agisoft Metashape Professional). В результате обработки изображений получен ортофотоплан с высоким разрешением – 4.84 см/пиксель.

Результаты и обсуждение

Снимок исследованной территории с выделенными контурами вырубки и семенными куртинами представлен на Рис. 1. Площади семенных куртин S1, S2 и S3 составили 0.24, 0.27 и 0.2 га соответственно.

На мультиспектральных аэрофотоснимках и на ортофотоплане легко определяются древесные породы не только в куртинах и в примыкающих к вырубке стенах леса, но и в рядах лесных культур. Хорошо считываются как спектральные характеристики пород, так и размеры крон, теней и их формы. Отчетливо видны проекции крон саженцев, ветровал и бурелом.

На Рис. 2 представлено синтезированное мультиспектральное изображение NIR-GRE-RED вырубки с семенными куртинами, а также карта высот. Сосна обыкновенная дешифрируется лучше других пород: округлая форма кроны отражается и на ее собственной тени. На мультиспектральном снимке проекция кроны сосны выделяется зеленовато-серым цветом. Осина, береза и ольха отражают желто-зеленый, желтовато-оранжевый и красноватый цвет. Наиболее легко дешифрируется береза, так как на наклонных проекциях деревьев в видимом диапазоне эта порода отчетливо выделяется белым цветом ствола.

Особенно отчетливо лиственные породы выделяются желто-оранжевым цветом в стенах леса, на участках естественного возобновления и в небольших группах вдоль дороги в севе-



Рис. 1. Контуры вырубki с семенными куртинами (S1, S2, S3).

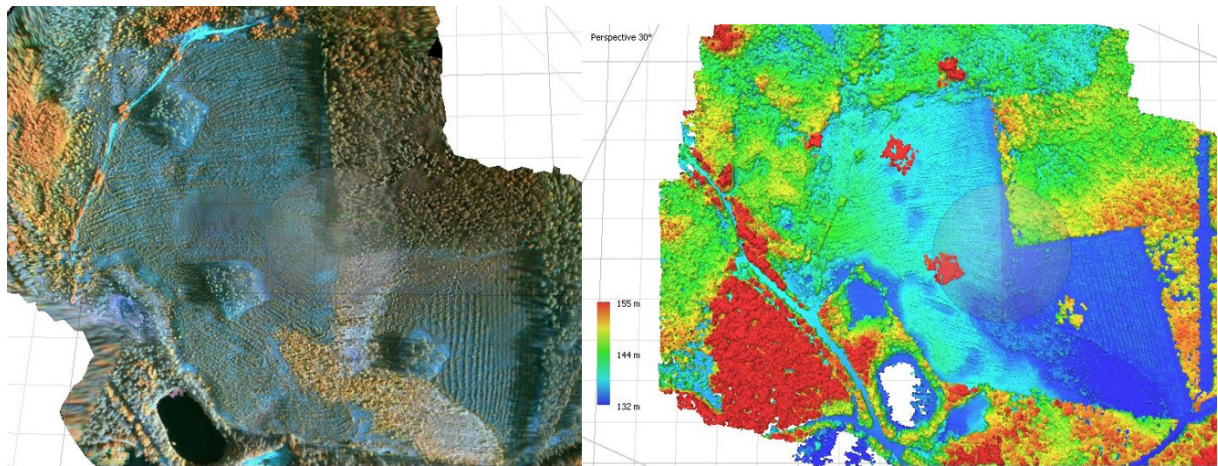


Рис. 2. Мультиспектральное синтезированное изображение NIR-GRE-RED вырубki с семенными куртинами и карта высот.

ро-западной части вырубki (Рис. 2). На снимках хорошо распознаются изолированные проекции крон сосны в семенных куртинах и в рядах лесных культур. Можно заключить, что лесные культуры находятся в удовлетворительном состоянии; их сохранность спустя 7 лет после создания составляет около 90%. В целом на данном опытном участке опасности смены пород на момент обследования нет.

Из практики ведения лесного хозяйства в таежной зоне известно, что на легких супесчаных почвах естественное возобновление хвойными породами в большинстве случаев протекает успешно. Однако в данном случае создание лесных культур на вырубке, очевидно, обусловлено недостаточным качеством естественного возобновления от сосны, оставленной в семенных куртинах. На снимках как в видимом диапазоне, так и в мультиспектральном синтезе в семенных куртинах заметно большое количество упавших деревьев, а также дешифрируются сухостойные экземпляры сосны (Рис. 3).

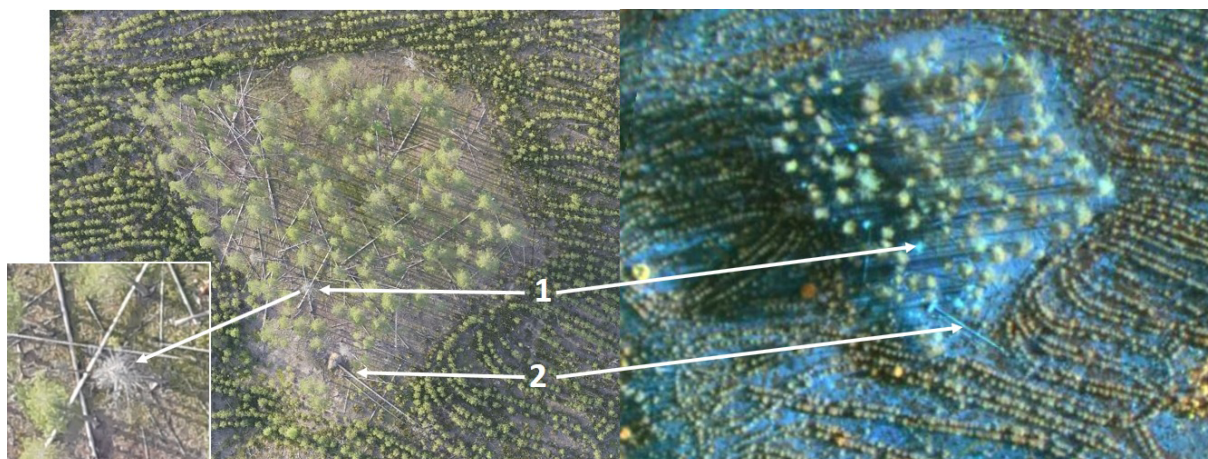


Рис. 3. Изображение семенной куртины S2 в видимом диапазоне и в синтезе каналов NIR-GRE-RED (1 – сухостойные деревья, 2 – стволы упавших деревьев).

Общая площадь семенных куртин составляет около 0.7 га (менее 5% площади вырубki). Естественное возобновление представлено в основном между рядами лесных культур. В большей степени это выражено на западной части вырубki, где в составе молодняков доминируют лиственные породы (Рис. 2). Доля самосева хвойных пород здесь превышает 10%. В восточной половине вырубki естественное возобновление хвойных и лиственных пород представлено единичными экземплярами, что можно объяснить особенностями почвенно-грунтовых условий.

Данные, полученные с помощью БПЛА, можно использовать для определения биометрических характеристик отдельных деревьев, например, диаметра кроны и высоты. Обработка снимков с применением фотограмметрического программного обеспечения Agisoft Metashape Professional позволила получить плотное облако точек, карту высот, 3D-модель объекта, ортофотоплан. Благодаря навигационному обеспечению аэросъемки материалы получили не только привязку по долготе и широте, но и по высоте. Ранее на основе карты высот и 3D-модели нами проводились измерения высоты деревьев в семенных куртинах (Ольхин и др., 2023). Были выявлены вершины деревьев и точки на поверхности земли рядом с проекциями кроны. Высота деревьев рассчитывалась как разница между высотными отметками вершин деревьев и отметками земной поверхности.

Таким образом, использование БПЛА и мультиспектральных снимков позволяет получать детальную информацию о структуре и состоянии лесных фитоценозов. Особенно легко дешифрируются основные характеристики молодняков. С ортофотоплана можно считывать и дополнительную информацию о растительных сообществах любой структуры. Однако на сухих бедных почвах характеристики фитоценоза распознаются более детально по сравнению с фитоценозами, произрастающими на относительно богатых почвах и имеющими более сложную структуру.

Заключение

На конкретных примерах показано, что использование БПЛА позволяет получать объективные данные по молоднякам лесных культур. Мультиспектральные снимки дают возможность с приемлемой точностью определять не только состав, но и сохранность объектов лесного фонда, особенности распределения древесных пород по площади. На аэрофотоснимках легко определяется примесь хвойных и лиственных пород естественного происхождения, что важно при объективной оценке успешности лесовозобновления. Полученные материалы можно использовать в учебном процессе, при переводе молодняков в покрытые лесом земли, для разработки проекта освоения лесов, подготовки и обновления лесохозяйственного регламента и других нормативных документов.

Список литературы

- Аковецкий, В.Г., Афанасьев, А.В., 2020. Методы и технологии интерпретации аэрокосмических мониторинговых наблюдений лесной растительности. *Лесной вестник / Forestry Bulletin* 2, 29–36. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-2-29-36>
- Гаврилова, О.И., Морозова, И.В., Ольхин, Ю.В., Юрьева, А.Л., Иоффе, А.О., 2020. Динамика роста и оценка состояния культур сосны обыкновенной на вейниково-луговиковых вырубках методами дистанционного зондирования. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал* 1 (373), 63–74. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-1-63-74>
- Кабонен, А.В., Ольхин, Ю.В., 2020. Цифровое моделирование природно-ландшафтных комплексов по данным, полученным с помощью беспилотных летательных аппаратов. *Лесохозяйственная информация* 3, 101–110. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.09>
- Кабонен, А.В., Гаврилова, О.И., Грязькин, А.В., Пак, К.А., 2022. Оценка естественного возобновления леса на гари с использованием данных, полученных с помощью беспилотного летательного аппарата. *Сибирский лесной журнал* 2, 11–20. <https://doi.org/10.15372/SJFS20220202>
- Маслаков, Е.Л., 1984. Формирование сосновых молодняков. Лесная промышленность, Москва, СССР, 168 с.
- Ольхин, Ю.В., Гаврилова, О.И., Грязькин, А.В., Кабонен, А.В., 2022. Перевод лесных культур в покрытую лесом площадь с использованием беспилотных летательных аппаратов. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии* 239, 89–103. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.239.99-103>
- Ольхин, Ю.В., Гаврилова, О.И., Грязькин, А.В., 2023. Использование беспилотного летательного аппарата для оценки процесса формирования молодняков на вырубках *Ресурсы и технологии* 3, 60–75. <https://doi.org/10.15393/j2.art.2023.7163>
- Скуднева, О.В., 2014. Беспилотные летательные аппараты в системе лесного хозяйства России. *Известия вузов. Лесной журнал* 6, 150–154.
- Соколов, А.И., 2006. Лесовосстановление на вырубках Северо-Запада России. КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, 215 с.
- Филатов, А.А., Грязькин, А.В., Гаврилова, О.И., 2022. Оценка структуры и состояния молодняков с использованием беспилотных летательных аппаратов и наземным методом. *Лесной вестник / Forestry Bulletin* 4, 21–28. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-4-21-28>
- Brieger, F., Herzsuh, U., Pestyakova, L.A., Bookhagen, B., Zakharov, E.S., Kruse, S., 2019. Advances in the derivation of Northeast Siberian forest metrics using high-resolution UAV-based photogrammetric point clouds. *Remote Sensing* 11 (12), 1447. <https://doi.org/10.3390/rs11121447>
- Kulha, N., Pasanen, L., Aakala, T., 2018. How to calibrate historical aerial photographs: a change analysis of naturally dynamic boreal forest landscapes. *Forests* 9 (10), 631. <https://doi.org/10.3390/f9100631>
- Neuville, R., Bates, J.S., Jonard, F., 2021. Estimating forest structure from UAV-mounted LiDAR point cloud using machine learning. *Remote Sensing* 13 (3), 352. <https://doi.org/10.3390/rs13030352>

References

- Akovetskiy, V.G., Afanas'ev, A.V., 2020. Metody i tekhnologii interpretatsii aerokosmicheskikh monitoringovykh nablyudenii lesnoi rastitel'nosti [Methods and technologies of interpretation of aerospace monitoring observations of forest vegetation]. *Lesnoi vestnik [Forestry Bulletin]* 2, 29–36. (In Russian). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-2-29-36>

- Brieger, F., Herzsuh, U., Pestryakova, L.A., Bookhagen, B., Zakharov, E.S., Kruse, S., 2019. Advances in the derivation of Northeast Siberian forest metrics using high-resolution UAV-based photogrammetric point clouds. *Remote Sensing* **11** (12), 1447. <https://doi.org/10.3390/rs11121447>
- Gavrilova, O.I., Morozova, I.V., Ol'khin, Yu.V., Yur'eva, A.L., Ioffe, A.O., 2020. Dinamika rosta i otsenka sostoyaniya kul'tur sosny obyknovЕННОI na veinikovo-lugovikovykh vyrubkakh metodami distantsionnogo zondirovaniya [The dynamics of growth and assessment of the state of Scots pine crops in glacier-meadow cuttings by remote sensing methods]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal [Bulletin of Higher Educational Institutions. Forest Journal]* **1** (373), 63–74. (In Russian). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-1-63-74>
- Filatov, A.A., Gryaz'kin, A.V., Gavrilova, O.I., 2022. Otsenka struktury i sostoyaniya molodnyakov s ispol'zovaniem bespilotnykh letatel'nykh apparatov i nazemnym metodom [Assessment of the structure and condition of young animals using unmanned aerial vehicles and the ground method]. *Lesnoi vestnik [Forest Bulletin]* **4**, 21–28. (In Russian). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-4-21-28>
- Kabonen, A.V., Ol'khin, Yu.V., 2020. Tsifrovое modelirovanie prirodno-landshaftnykh kompleksov po dannym, poluchennym s pomoshch'yu bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Digital modeling of natural landscape complexes based on data obtained using unmanned aerial vehicles]. *Lesokhozyaistvennaya informatsiya [Forestry Information]* **3**, 101–110. (In Russian). <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.09>
- Kabonen, A.V., Gavrilova, O.I., Gryaz'kin, A.V., Pak, K.A., 2022. Otsenka estestvennogo vozobnovleniya lesa na gari s ispol'zovaniem dannyykh, poluchennykh s pomoshch'yu bespilotnogo letatel'nogo apparata [Assessment of the natural regeneration of forests in burning using data obtained using an unmanned aerial vehicle]. *Sibirskii lesnoi zhurnal [Siberian Forest Journal]* **2**, 11–20. (In Russian). <https://doi.org/10.15372/SJFS20220202>
- Kulha, N., Pasanen, L., Aakala, T., 2018. How to calibrate historical aerial photographs: a change analysis of naturally dynamic boreal forest landscapes. *Forests* **9** (10), 631. <https://doi.org/10.3390/f9100631>
- Maslakov, E.L., 1984. Formirovanie sosnovykh molodnyakov [Formation of pine young trees]. Forest Industry, Moscow, USSR, 168 p. (In Russian).
- Neuville, R., Bates, J.S., Jonard, F., 2021. Estimating forest structure from UAV-mounted LiDAR point cloud using machine learning. *Remote Sensing* **13** (3), 352. <https://doi.org/10.3390/rs13030352>
- Ol'khin, Yu.V., Gavrilova, O.I., Gryaz'kin, A.V., Kabonen, A.V., 2022. Perevod lesnykh kul'tur v pokrytuyu lesom ploshchad' s ispol'zovaniem bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Transfer of forest crops to a forested area using unmanned aerial vehicles]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii [News of the Saint Petersburg Forestry Academy]* **239**, 89–103. (In Russian). <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.239.99-103>
- Ol'khin, Yu.V., Gavrilova, O.I., Gryaz'kin, A.V., 2023. Ispol'zovanie bespilotnogo letatel'nogo apparata dlya otsenki protsessa formirovaniya molodnyakov na vyrubkakh [The use of an unmanned aerial vehicle to assess the process of formation of young trees in logging areas]. *Resursy i tekhnologii [Resources and Technologies]* **3**, 60–75. (In Russian). <https://doi.org/10.15393/j2.art.2023.7163>
- Skudneva, O.V., 2014. Bespilotnye letatel'nye apparaty v sisteme lesnogo khozyaistva Rossii [Unmanned aerial vehicles in the Russian Forestry System]. *Izvestiya vuzov. Lesnoi zhurnal [Bulletin of Higher Educational Institutions. Forest Journal]* **6**, 150–154. (In Russian).
- Sokolov, A.I., 2006. Lesovosstanovlenie na vyrubkakh Severo-Zapada Rossii [Reforestation in the deforestation of the North-West of Russia]. Karelian Research Centre of the RAS, Petrozavodsk, Russia, 215 p. (In Russian).