

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
И ДРОНОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ**

Стородубцева Т.Н., Саврико В.В.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**UNMANNED TECHNOLOGIES IN LOGGING: CHALLENGES,
BARRIERS AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION**

Storodubtseva T.N., Savriko V.V.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: В статье приведён обзор современных внедрений беспилотных машин в процессы мониторинга и управления лесозаготовительными технологиями. Проведён анализ применения дронов для построения цифровых карт, аэрофотосъёмки, пожаробезопасности, и оценки лесных массивов. Рассмотрены преимущества и недостатки данных технологий. Актуальность тематики обусловлена повышением эффективности в работе лесного комплекса, повышении безопасности жизнедеятельности сотрудников, и развитие лесной промышленности становится более устойчивее. Беспилотные летательные аппараты могут непосредственно повлиять на лесное хозяйство, начиная от создания карт лесных участков до автоматической транспортировки материалов.

Abstract: The article provides an overview of modern implementations of unmanned vehicles in the processes of monitoring and management of logging technologies. The analysis of the use of drones for building digital maps, aerial photography, fire safety, and forest assessment is carried out. The advantages and disadvantages of these technologies. The topic is relevant because the efficiency of the forestry complex is increasing, as well as the safety of employees, and the development of the forestry industry is becoming more sustainable. Unmanned aerial vehicles can directly affect forestry, ranging from the creation of maps of forest areas to the automatic transportation of materials.

Ключевые слова: мониторинг лесов, беспилотные технологии, дроны, лесозаготовка, мониторинг, роботизированный транспорт, цифровизация.

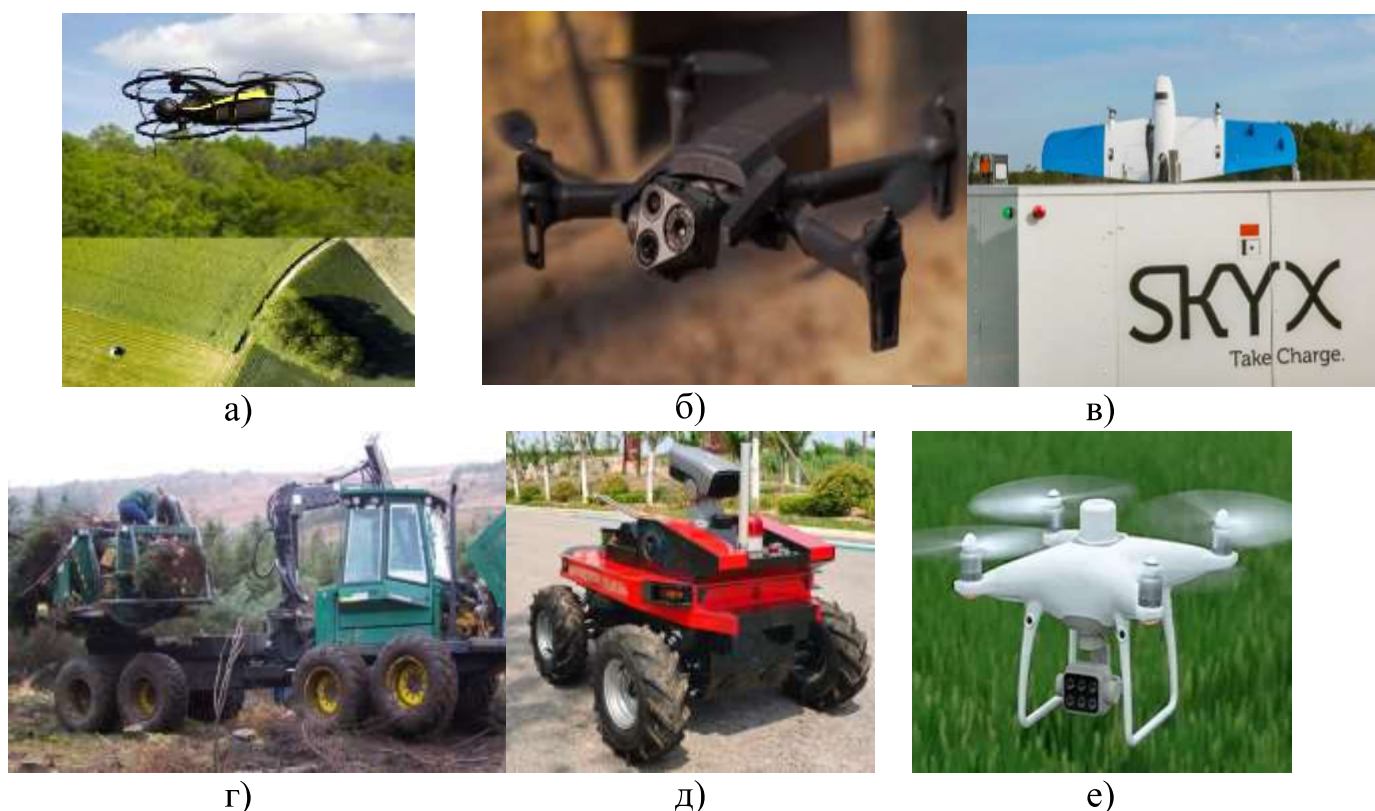
Keywords: forest monitoring, unmanned technologies, drones, logging, monitoring, robotic transport, digitalization.

Будущее лесного комплекса непосредственно связано с внедрением новейших технологий, которые в первую очередь повышают эффективность про-

изводства и обеспечивают равномерное и экономичное использование природных ресурсов.

Традиционные методы мониторинга лесных состояний и организации лесозаготовительных процессов зачастую требуют больших затрат труда и времени. В будущем беспилотные аппараты смогут не только снижать производственные риски, но и автоматизировать лесную промышленность. Но стоит отметить высокую стоимость беспилотного летательного аппарата (БПЛА), ограничение по характеристикам и нехватки специалистов. Внимание уделено анализу их функциональных возможностей, ограничений, а также перспектив в развитии лесного комплекса.

Технические разработки беспилотных технологий представлены на рис. 1.



а) БПЛА SenseFly Albris; б) БПЛА Parrot Anafi USA; в) БПЛА SkyX Drone;
г) БПНА Timberjack 1490D; д) БПНА AutoForester; е) БПЛА DJI Phantom 4
Multispectral

Рисунок 1 – Технические разработки беспилотных технологий [1-7]

Картографирование лесного фонда, мониторинг пожаров и безопасность

Одной из наиболее перспективных разработок является Швейцарский многофункциональный картографический беспилотный аппарат SenseFly Albris (рис. 1, а), оснащённый RGB-камерами и тепловизорами. Применяется для аэрофотосъёмки, построения 3D-моделей лесных участков, выявления очагов вредителей и контроля вырубок.

Обеспечивает высокую точность и автономность, но имеет высокую стоимость обслуживания и ограничение в неблагоприятную погоду. В будущем

планируется интеграция с цифровыми платформами управления лесным фондом [1].

Среди новейших разработок следует выделить Parrot Anafi USA (Франция/США), компактный БПЛА (рис. 1, б), ориентированный на мониторинг лесозаготовительных площадок и инфраструктуры. Оснащён 32-кратным зумом и тепловизионной камерой, что позволяет выявлять перегрев техники, очаги возгораний и контролировать безопасность персонала.

Беспилотный аппарат имеет мобильность и простоту эксплуатации, но стоит отметить сравнительно малую продолжительность полёта (до 32 мин), в настоящее время применяют также в комплексных системах быстрого реагирования [2].

Для дальнего радиуса обзора применяют дрон SkyX Drone (Канада), предназначенный для мониторинга протяжённых объектов (рис. 1, в). В лесном хозяйстве используется для патрулирования транспортных путей, контроля трубопроводов и границ лесосек (рис. 2). Дрон способен работать на дистанции до 100 км, однако требует стабильной связи и адаптации к сложному рельефу. Планируется внедрение в масштабные проекты инвентаризации и охраны лесов [3, 7].

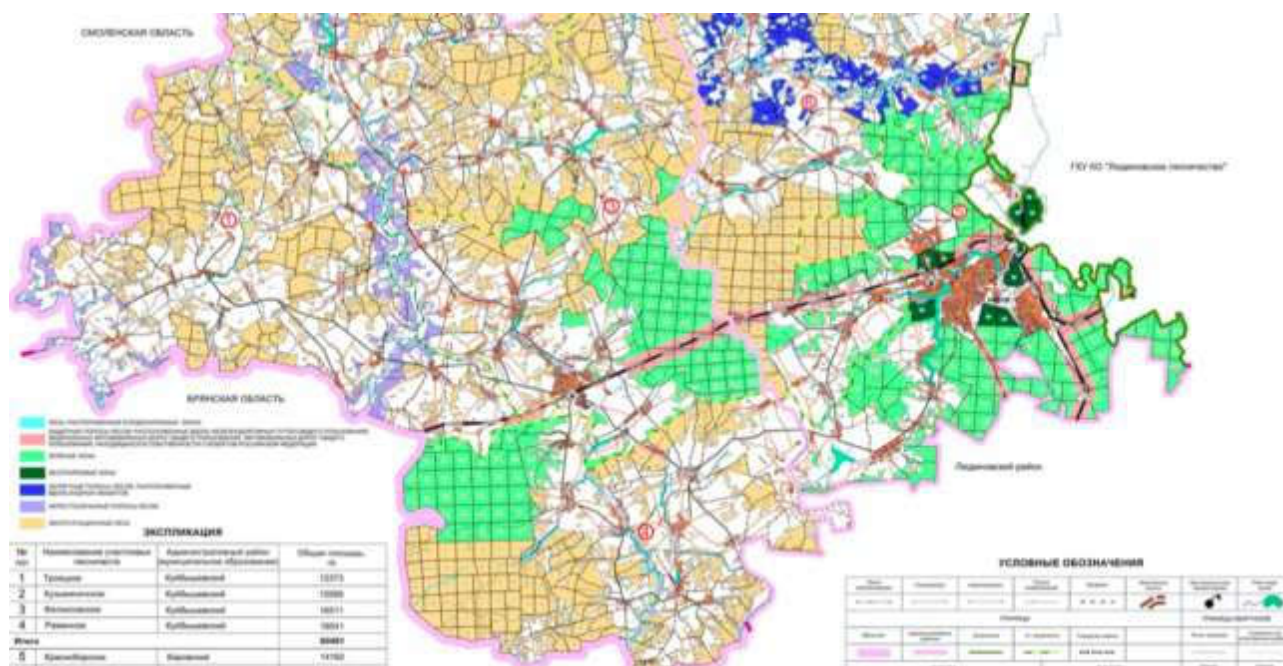


Рисунок 2 – Участки засухи и переувлажнения лесов

Автоматизация лесозаготовительных операций

В последние годы была представлена разработка Timberjack 1490D (Финляндия, John Deere prototype). Наземный автономный робот, разработанный как посадочная машина нового поколения (рис. 1, г). Способен анализировать почву и высаживать сеянцы с минимальным вмешательством человека.

Технология прошла опытные испытания, показав возможность значительного ускорения лесовосстановительных процессов. Основные ограничения связаны с высокой ценой и необходимостью доработки под разные типы почв.

Идёт подготовка к развитию роботизированных технологий посадки без участия человека [4].

Среди новых разработок стоит отметить AutoForester (Швеция) Прототип автономного форвардера, предназначенный для транспортировки древесины (рис. 1, д). Машина интегрируется с цифровыми картами и системами GPS-навигации, способна самостоятельно планировать маршрут движения по лесосеке.

Стоит отметить, при использовании данного типа БПЛА снижает риск травматизма и повышается производительность, что противопоставляет высокой стоимости электроники и сложность эксплуатации в пересечённой местности. В будущем Швейцарские ученые планируют переход к полностью автоматизированной цепочке лесозаготовки [5].

Осмотр леса и выявление вредителей деревьев

Многофункциональный беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4 Multispectral (рис. 1, е), оснащённый мультиспектральной камерой, которая снимает в видимом и невидимом (инфракрасном) диапазоне. Позволяет проводить мониторинг состояния лесного массива, выявлять стрессовые зоны деревьев, нарушения в структуре лесного покрова, обнаружение заражённых деревьев по изменению отражательной способности листвы в разных спектральных диапазонах, использование в прецизионном лесоводстве и мониторинге биоразнообразия (рисунок 3) [6, 7].

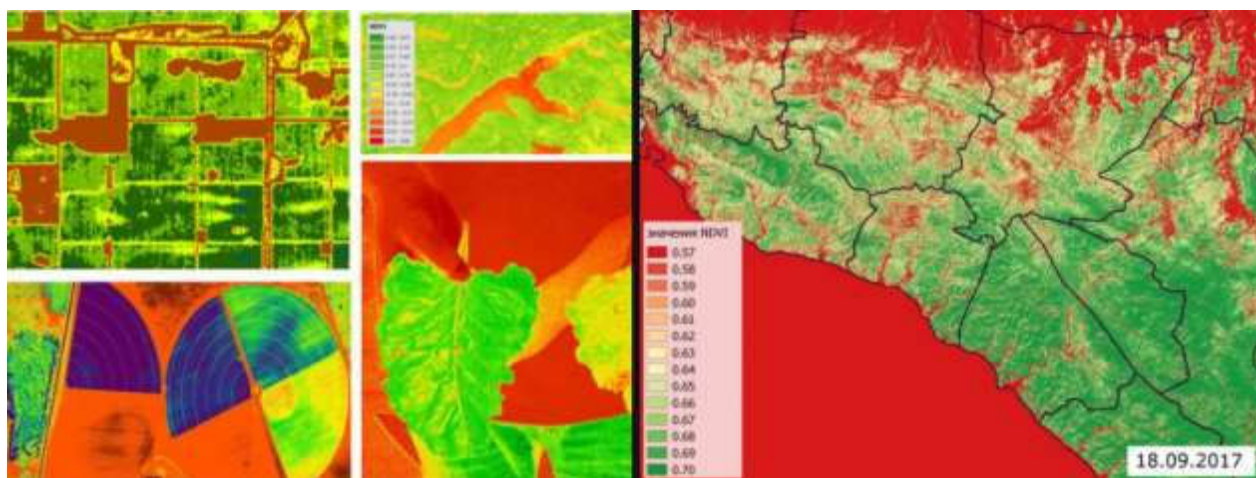


Рисунок 3 – Съемка в инфракрасном диапазоне

В табл. 1 представлены ключевые характеристики рассмотренных БПЛА и БНЛА и их основные вызовы.

Основные вызовы внедрения

Несмотря на то, что внедрение инновационных технологий демонстрирует высокую производительность и уменьшило физический труд, их массовое производство сталкивается с рядом барьеров.

Например, экономический фактор, а именно, высокую стоимость самого беспилотного аппарата и комплектующих к нему, также, расходы на техническое обслуживание.

Таблица 1 – Характеристики БПЛА и БНЛА

Название	Применение	Этап разработки	Вызовы внедрения
SenseFly Albris (Швейцария)	Аэрофотосъёмка, картография, мониторинг леса	Серийное производство	Высокая цена, зависимость от погоды
Parrot Anafi USA (Франция/США)	Мониторинг техники и безопасности, тепловизионный контроль	Серийное производство	Малая автономность полёта
SkyX Drone (Канада)	Патрулирование лесных дорог и коммуникаций	Коммерческое применение	Необходимость устойчивой связи
Timberjack 1490D (Финляндия)	Автоматическая посадка саженцев	Опытная эксплуатация	Высокая стоимость, адаптация к почвам
AutoForester (Швеция)	Автономная транспортировка древесины	Прототип	Сложный рельеф, дорогая электроника
DJI Phantom 4 Multispectral	Мониторинг леса, диагностика деревьев	Серийное производство	Ограниченное время полёта, зависимость от погоды.

Кроме того, стоит отметить ограниченное время полета из-за маленькой ёмкости аккумулятора и наличия нестабильной связи для управления БПЛА, также не хватает специалистов, которые не только управляют беспилотником, но и проводят анализ собранных данных.

В будущем для преодоления этих барьеров необходимо иметь развитую инфраструктуру и связь, а также организовать подготовку специалистов.

Перспективность развития заключается в объединение беспилотных систем с цифровым управлением. Использование искусственного интеллекта позволит автоматизировать оценку данных, а развитие гибридных силовых установок увеличит автономность беспилотных аппаратов.

Возможно создание комплексных экосистем, включающих воздушные и наземные беспилотные аппараты, объединённые в единую систему управления лесозаготовительными процессами.

Проведённый анализ показывает, что внедрение беспилотных летательных и наземных систем открывает новые возможности для развития лесного комплекса. Эти технологии позволяют повысить точность мониторинга, снизить риски для персонала и обеспечить более эффективное использование ресурсов. Несмотря на существующие ограничения, связанные с техническими и инфраструктурными факторами, перспективы их развития очевидны: от интеграции с цифровыми платформами до перехода к полностью автоматизированным про-

цессам. Таким образом, использование беспилотных решений является ключевым направлением в повышении эффективности и устойчивости лесной промышленности.

Пренебрежение мониторингом состояния лесов и управлением ими может привести к необратимому ущербу для экосистем, повышая восприимчивость лесов к вредителям, болезням и последствиям изменения климата.

Список литературы

1. SenseFly. Albris. Mapping Drone Specifications [Электронный ресурс]. Lausanne, 2022. URL: <https://lyl.su/ZjYu> (дата обращения: 19.09.2025).
2. Parrot Drones. Parrot Anafi USA. Technical Datasheet [Электронный ресурс]. Paris, 2023. URL: <https://lyl.su/XNzQ> (дата обращения: 19.09.2025).
3. SkyX Ltd. SkyX Drone. Long-Range UAV Systems [Электронный ресурс]. Toronto, 2022. URL: <https://skyx.com> (дата обращения: 19.09.2025).
4. Timberjack 1490D. Forwarder-mounted Timberjack/John Deere 1490D logging residue bundler [Электронный ресурс] // ResearchGate. URL: <https://lyl.su/29DU> (дата обращения: 19.09.2025).
5. AutoForester Project. Autonomous Forwarder Concept [Электронный ресурс] // Forest Machine Magazine. URL: <https://lyl.su/vDj6> (дата обращения: 20.09.2025).
6. DJI. Phantom 4 Multispectral [Электронный ресурс]. Shenzhen, 2019. URL: <https://www.dji.com/phantom-4-multispectral> (дата обращения: 20.09.2025).
7. Аэромотус. Использование беспилотников в лесном хозяйстве [Электронный ресурс] // Aeromotus. URL: <https://lyl.su/kPgQ> (дата обращения: 20.09.2025).

References

1. SenseFly. Albris. Mapping Drone Specifications [Electronic resource]. Lausanne, 2022. URL: <https://lyl.su/ZjYu> (date of access: 19.09.2025).
2. Parrot Drones. Parrot Anafi USA. Technical Datasheet [Electronic resource]. Paris, 2023. URL: <https://lyl.su/XNzQ> (date of access: 19.09.2025).
3. SkyX Ltd. SkyX Drone. Long-Range UAV Systems [Electronic resource]. Toronto, 2022. URL: <https://skyx.com> (date of request: 19.09.2025).
4. Timberjack 1490D. Forwarder-mounted Timberjack/John Deere 1490D logging residue bundler [Electronic resource] // ResearchGate. URL: <https://lyl.su/29DU> (date of access: 19.09.2025).
5. AutoForester Project. Autonomous Forwarder Concept [Electronic resource] // Forest Machine Magazine. URL: <https://lyl.su/vDj6> (date of access: 20.09.2025).
6. DJI. Phantom 4 Multispectral [Electronic resource]. Shenzhen, 2019. URL: <https://www.dji.com/phantom-4-multispectral> (date of request: 20.09.2025).
7. Aeromotus. The use of drones in forestry [Electronic resource] // Aeromotus. URL: <https://lyl.su/kPgQ> (date of request: 20.09.2025).