



*Тенденции к цифровизации и роботизации называют «четвертой сельскохозяйственной революцией». В ее основе – применение технологий искусственного интеллекта, интернета, анализа больших объемов данных и точного земледелия. Эти подходы уже сейчас дают конкурентные преимущества перед традиционными технологиями.*

*Глобальная модернизация растениеводства в целом и лесного хозяйства в частности вызвана прежде всего ужесточением требований к экологической безопасности, необходимостью снижения себестоимости и повышения эффективности защитных мероприятий.*

*Внедрение беспилотных летательных технологий в сферу защиты растений – одно из наиболее динамично развивающихся направлений. Преимущества беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в их высокой производительности, экономичности, высокой точности, способности работать в труднодоступных условиях и в темное время суток и др.*

# БЕСПИЛОТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАЩИТЕ ЛЕСА

В некоторых странах объемы работ по внесению пестицидов при помощи дронов уже превышают те, которые выполнены традиционными методами. Например, в США быстрое внедрение БЛА-технологий в сельское хозяйство привело к тому, что подготовка операторов специализированных агродронов существенно превысила количество подготавливаемых летчиков для управления пилотируемой сельхозавиацией.

В пределах СНГ и стран Восточной Европы Республика Беларусь – один из флагманов научно обоснованного внедрения БЛА в сферу защиты растений. Под эгидой Министерства лесного хозяйства в стране с 2020 г. ведется апробация и регистрационные испытания биологических и химических составов для их внесения агродронами. Результаты исследований, совместно проведенных БГТУ, Учреждением «БЕЛЛЕСОЗАЩИТА»

и РУП «Научно-практический центр гигиены» на примере лесосеменных плантаций, питомников и лесных насаждений различного возраста и породного состава, позволяют говорить о высокой перспективности БЛА для отрасли.

Важным преимуществом агродронов являются высокая скорость и качество обработки растений. На примере дрона легкого класса DJI Agras MG 1P, имеющегося в распоряжении научной отраслевой лаборатории защиты леса, выявлено, что достаточно плотное осаждение капель рабочей жидкости наблюдается даже при скорости 5 м/сек на расстоянии до 4 м от дрона (рис. 1). Значит, за один проход БЛА способен охватить полосу шириной до 8 м. По расчетам испытываемый агродрон может обрабатывать до 4 га в час. При этом не имеют значения такие важные для наземной обработки характеристики,

как доступность участка, плотность насаждения, густота крон и высота обрабатываемых растений. Важнейшим преимуществом дронов перед пилотируемой авиацией является высокая точность обработки, вплоть до обработки крон отдельных деревьев.

Испытания БЛА в лесных питомниках в посевных и школьных отделениях сосны, ели, дуба, клена и липы показали высокую эффективность внесения средств защиты растений. Даже при снижении нормы расхода пестицидов на 30% по сравнению с регламентом для наземной обработки биологический эффект был сопоставим с эталоном, а порой и превышал его (рис. 2). При этом БЛА использует только 20 л рабочего раствора на га вместо 500 л/га в традиционных методах, т.е. в 25 раз меньше.

При защите древесных растений от болезней листьев с использованием БЛА во многих вариантах удалось добиться эффективности близкой к 100%.

Результаты испытаний 2023 г. показали хорошую эффективность применения БЛА при защите молодняков и взрослых лесных насаждений против комплекса хвое- и листогрызущих вредителей с использованием отечественного биопрепарата «Бактоцид, Ж». Причем необходимое количество рабочей жидкости составляет только 25–50 л/га.

Предлагаемые нормы расхода препаратов и рабочей жидкости при использовании БЛА позволяют не только существенно снизить себестоимость защитных мероприятий в лесном хозяйстве, но и ограничивать пестицидную нагрузку на природную среду, а также улучшать условия труда работников лесного хозяйства.

Токсиколого-гигиенические исследования показали, что условия труда при внесении препаратов с использованием БЛА соответствуют гигиеническим требованиям, а содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны оператора БЛА не фиксируется стандартизированными методами. Причем большинство современных агродронов способны проводить обработку растений в полностью роботизированном режиме, что еще больше снижает гигиенические риски для операторов.

Проведенные расчеты показывают, что применение БЛА типа агродронов для защиты растений в лесном хозяйстве имеет существенную экономическую эффективность по сравнению с применяющимися технологиями. Это позволяет снижать затраты при проведении обработок в лесосеменных плантациях на 58–61% и в питомниках на 67%. Появляется возможность экономить на каждой

*Агродрон может обрабатывать до 4 га в час.*

*При этом не имеют значения такие важные для наземной обработки характеристики, как доступность участка, плотность насаждения, густота крон и высота обрабатываемых растений.*

*БЛА использует только 20 л рабочего раствора на га вместо 500 л/га в традиционных методах, т.е. в 25 раз меньше.*



Рисунок 1. ПАРАМЕТРЫ РАСПЫЛЕНИЯ ПОД ДРОНОМ И НА РАССТОЯНИИ 2-Х И 4-Х МЕТРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ПОЛЕТА

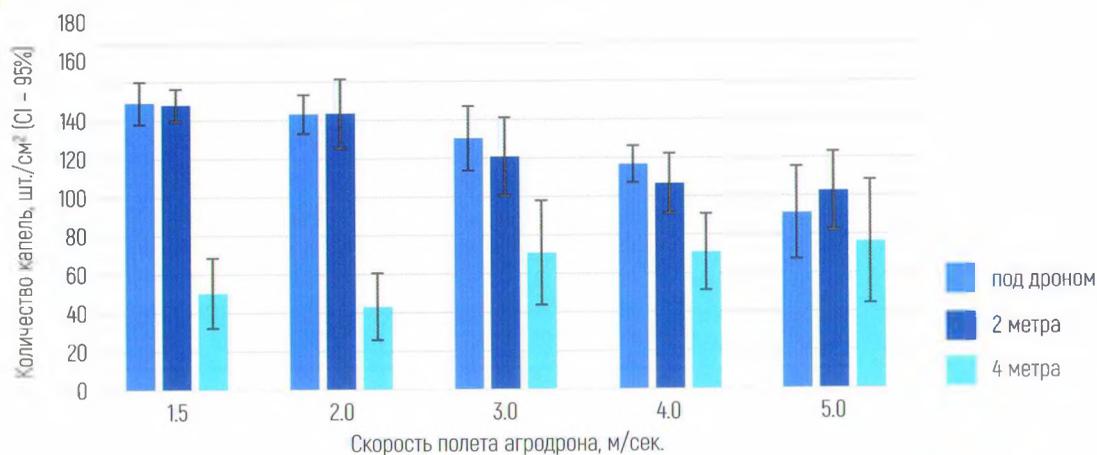


Рисунок 2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТОВ ПРОТИВ МУЧНИСТОЙ РОСЫ ЛИСТЬЕВ ДУБА ПРИ ВНЕСЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛА (эталон внесен ранцевым моторизированным опрыскивателем)



Опытный вариант и контроль (без обработки) в школьном отделении липы (Негорельский учебно-опытный лесхоз)





Токсиколого-гигиенические исследования оператора БЛА



Обучение специалистов Учреждения «БЕЛЛЕСОЗАЩИТА» управлению БЛА

обработке от 93,26 до 104,74 руб. на га лесосеменных плантаций и 131,23 руб. на га при обработках в лесных питомниках. Учитывая, что обычно за сезон проводится не менее 3-4 защитных обработок, сумма выходит значительная.

В Республике Беларусь для управления БЛА классов С3–С4, к которым относятся агродроны, необходимо пройти подготовку оператора по программе, согласованной Департаментом авиации Минтранса. Специализированные курсы по обучению операторов агродронов проводятся только в Белорусском государственном технологическом университете. Программа курсов имеет модульную структуру и позволяет обучать операторов БЛА из числа работников, имеющих различный начальный уровень подготовки к пилотированию. Одними из первых слушателей этих курсов были специалисты Учреждения «БЕЛЛЕСОЗАЩИТА», которые за одну неделю в полной мере освоили основы управления и применения БЛА.

*Предлагаемые нормы расхода препаратов и рабочей жидкости при использовании БЛА позволяют не только существенно снижать себестоимость защитных мероприятий в лесном хозяйстве, но и ограничивать пестицидную нагрузку на природную среду, а также улучшать условия труда работников лесного хозяйства.*

Подводя итог трехлетних исследований, можно сделать выводы об основных преимуществах БЛА-технологий в защите леса:

- точная обработка защищаемых объектов, позволяющая сократить нецелевое расходование пестицидов и снизить побочное воздействие на экосистемы;
- хорошая проникаемость капель в полог растений и равномерное их размещение на листовой поверхности;
- высокая скорость выполняемых операций по обработке защищаемых объектов;
- низкая себестоимость работ;
- исключение воздействия вредного производственного фактора (вдыхание аэрозолей пестицидов) на оператора;
- возможность выполнения работ в автоматическом режиме.

Следовательно, использование дронов в операциях по защите растений в лесном хозяйстве позволит существенно снизить экономические расходы, повысить оперативность проведения лесозащитных мероприятий и улучшить условия труда работников.

В планах научного проекта на ближайшие годы – внедрение в лесохозяйственных учреждениях инновационного подхода к защите объектов лесного фонда от вредоносных организмов. В том числе с использованием БЛА.

**Звягинцев В.Б.**,  
доцент БГТУ

**Жданович С.А.**,  
директор Учреждения «БЕЛЛЕСОЗАЩИТА»

**Малашевич Д.Г.**,  
старший преподаватель БГТУ