

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-625659>

Оригинальное исследование



Проблемные вопросы применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве

Л.П. Эрдниев¹, Д.А. Кузянов¹, Ю.С. Гусев¹, А.Н. Микеров^{1, 2}¹ Саратовский медицинский научный центр гигиены Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Саратов, Российская Федерация;² Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, Саратов, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Современное стремительное развитие беспилотной авиации в настоящее время в большей степени простимулировано потребностями оборонно-промышленного комплекса. Новый научный и технический виток исследований, обосновывает необходимость проведения системного анализа и пересмотра, существующих положений относительно использования агрохимикатов в сельском хозяйстве с применением беспилотных летательных аппаратов.

Цель работы — проведение анализа существующего положения о применении беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве для использования агрохимикатов и выявления проблемных вопросов, ограничивающих развитие направления в целом.

Материалы и методы. В качестве материала использовались публикации научных статей и обзоров, освещающие исследуемую тематику и представленные в научных электронных библиотеках, а также законодательные акты опубликованные на сайтах Министерства сельского хозяйства РФ; Федерального агентства воздушного транспорта; Министерства природных ресурсов и экологии РФ; Министерства транспорта РФ; Роспотребнадзора РФ; Правительства РФ. Работа выполнена с применением общепринятых методов обработки научной информации: цитирования, группировки, редактирования, агрегирования, преобразования в новую форму.

Результаты. В работе проведён анализ результатов существующих научно-исследовательских работ, технические возможности моделей авиапарка беспилотных летательных аппаратов и требования законодательных актов, регламентирующих порядок эксплуатации беспилотных воздушных судов при применении агрохимикатов.

Заключение. Несовершенство существующей законодательной базы, новые технические возможности беспилотных летательных аппаратов, современные достижения в области химизации сельского хозяйства, требуют пересмотра существующих, разработки и обоснования новых подходов к эксплуатации беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве при применении агрохимикатов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; сельское хозяйство; система точного земледелия; пестициды.

Как цитировать:

Эрдниев Л.П., Кузянов Д.А., Гусев Ю.С., Микеров А.Н. Проблемные вопросы применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 5. С. 513–521. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-625659>

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-625659>

Original Study Article

The problematic issues of unmanned aerial vehicle application in agriculture

Leonid P. Erdniev¹, Dmitry A. Kuzyanov¹, Yury S. Gusev¹, Anatoly N. Mikerov^{1, 2}

¹ Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Saratov, Russian Federation;

² Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The rapid development of unmanned aerial vehicle (UAV) today is largely driven by the needs of the defense industry. The new scientific and technological phase of research substantiates the necessity for a systematic analysis and review of existing regulations concerning the use of agrochemicals in agriculture with the application of unmanned aerial vehicles.

AIM: Conducting an analysis of the current state of the application of UAV in agriculture for the use of agrochemicals and identifying problematic issues that limit the development of this field as a whole.

METHODS: The material used in this study includes publications of scientific articles and reviews that cover the researched topic and are available in scientific libraries: elibrary.ru; dissercat.com; medline.ru; scholar.google.com.ru; cyberleninka.ru. Additionally, legislative acts published on the websites of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation; the Federal Air Transport Agency; the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation; the Ministry of Transport of the Russian Federation; Rospotrebnadzor of the Russian Federation; and the Government of the Russian Federation were utilized. The study was conducted using generally accepted methods of scientific information processing: citation, grouping, editing, aggregation, and transformation into a new form.

RESULTS: The study analyzes the results of existing research works, the technical capabilities of UAV fleet models, and the requirements of legislative acts regulating the operation of agricultural drones when applying agrochemicals.

CONCLUSION: The imperfections of the existing legal framework, new technical capabilities of unmanned aerial vehicles, and modern advancements in agricultural chemicalization necessitate the review of current approaches and the development and justification of new strategies for the use of unmanned aerial vehicles in agriculture, particularly when applying agrochemicals.

Keywords: unmanned aerial vehicle; agriculture; precision farming system; pesticides.

To cite this article:

Erdniev LP, Kuzyanov DA, Gusev YuS, Mikerov AN. The problematic issues of unmanned aerial vehicle application in agriculture. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2024;91(5):513–521. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-625659>

Received: 15.01.2024

Accepted: 16.11.2024

Published online: 16.11.2024

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность развития современной беспилотной авиации обоснована необходимостью развития военно-промышленного комплекса. В разрезе этих событий российская промышленность сегодня сконцентрировала своё внимание на разработке беспилотных летательных аппаратов, характеризующихся большой грузоподъемностью, дальностью автономного полёта и точностью навигации. Учитывая прогнозирование в увеличении темпов производства воздушных судов (БВС) и расширения их функционала, сегодня, как никогда ранее, возникла необходимость их активного внедрения в различные отрасли экономики. В подтверждение сказанного следует отметить, что в настоящее время насчитывается более 65 компаний, занимающихся разработкой и производством беспилотных летательных аппаратов.

С 2018 года началось использование БВС в сельском хозяйстве, что является одним из глобальных направлений практического гражданского применения агроавиации. Пик развития и применения классической агроавиации, в целом, в сельском хозяйстве приходится на 60–80 гг. прошлого столетия. В то время для обработки сельхозугодий применялись лёгкие самолёты Ан-2 с объёмом бака для химической смеси 1460 литров и вертолёты типа Ми-2 с объёмом бака – 1200 литров и Ка-26 с баком 1000 литров. В то же самое время были сформулированы основные требования и правила применения агрохимикатов с помощью летательных аппаратов. Новые шаги к восстановлению отрасли сделаны в 2007 году, когда Российские авиастроители представили легкомоторный самолёт «Фермер-2» МВЕН-2 с объёмом бака 500 литров, который стал прототипом для линейки самолётов, представленной последующими моделями: МВ-500 и Т-500. Из вертолётов наиболее актуальным считается разработка модели Ка-226Т с баком до 1000 литров. В период с 2025 по 2030 гг. в сельхозавиацию планируется поставка до 80 машин.

Для пилотирования указанной линейки самолётов требуется специалист лётчик, прошедший обучение. В настоящее время эксплуатация самолёта и порядок проведения сельскохозяйственных работ регламентируются Приказом Минтранса России №128 от 31.07.2009 г., а точнее его седьмым разделом, определяющим порядок проведения авиационных работ в сельском хозяйстве с использованием агрохимикаты [1].

Жёсткие требования, связанные с безопасностью полётов, регламентируют движения транспортных средств как по высоте, так и по удалённости от возвышающихся препятствий, ограничивают возможности пилотируемых летательных аппаратов при использовании в горной и холмистой местностях. Например, основные положения правил определяют, что удаление от холмов и склонов должно составлять не менее 5 км при видимости не менее 3000 м для самолётов и 2000 метров для вертолётов. Высота полёта должна составлять не менее 50 м. Учитывая требования,

при внесении пестицидов на высоте более 50 м возникает опасность их переноса потоками ветра на значительное удаление от обрабатываемых площадей. Поэтому дополнительно следует указать и об ограничениях Роспотребнадзора, изложенных в СанПиН 1.2.2584-10 [2] которые регламентируют удалённость распыла пестицидов от объектов рыбоводства, животноводства и сельхозкультур идущих в пищу без предварительной тепловой обработки до 2 км, а от мест постоянного размещения медоносных пасек — до 5 км. Внедрение беспилотных летательных аппаратов позволит существенно изменить требования к режимам распыла пестицидов и пересмотреть ограничивающие критерии их использования.

Цель исследования является проведение анализа существующего положения о применении беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве для использования агрохимикатов и выявление проблемных вопросов, ограничивающих развитие направления в целом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из решений вопроса о смягчении требований СанПиН 1.2.2584-10 и расширения возможностей относительно «Правил осуществления полётов» является внедрение в практику авиационной обработки сельхозугодий беспилотных летательных аппаратов вертолётного типа. Именно это решение и получило широкую поддержку у аграриев в России. Однако, существующие требования санитарных правил, применяемые к пилотируемым аппаратам, в большинстве случаев не могут регламентировать применение агрохимикатов БВС. Основными причинами несоответствия являются разности в высотах распыла, скоростях, дисперсности аэрозольных частиц, вероятности и расстояниях сноса пестицидов ветром и т.д. [2]

Для сравнения, использование беспилотных летательных аппаратов при обработке сельхозкультур агрохимикатами может осуществляться на высотах от 1 м. Снос капель ветром по отношению к обрабатываемым площадям сводится к минимуму, и не превышает 100 м [3], что приводит к снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха и прилегающей территории, а также вероятности ингаляционного поражения агрохимикатами персонала и населения.

Относительно обработки сельхозугодий, расположенных на склонах или холмах, БВС имеют явное преимущество перед гражданской сельхозавиацией.

Из имеющихся на сегодняшний день моделей БВС для сельхозназначения наиболее востребованы оказались аппараты с большой полезной нагрузкой. В России популярность получили модели китайских производителей: Agras T40, Chufang QFTP, Agriculture Drone D72L-8, XAG P100 и Guardian SC1. Сравнительные эксплуатационные характеристики БВС и агросамолёта представлены в табл. 1.

Как видно, беспилотники вертолётного типа оснащены баками, не превышающими объём 180 литров

Таблица 1. Эксплуатационные характеристики беспилотных воздушных судов и агросамолета

Table 1. Operational performance of unmanned aerial vehicles and the agricultural plane

Модель беспилотного воздушного судна	Площадь обработки за 1 час, га	Ширина полосы распыла, м	Объем резервуара для распыления, л	Размер капли распыляемого аэрозоля, мкм
Agras T40	10	7	40	50–300
Chufang QFTP	12	9	32	
Agriculture Drone D72L-8	28	15	72	
XAG P100	13	10	40	
Guardian SC1	24	12	180	100–2000
Агросамолет А-31 «Спектр»	120	60	250	

и по эксплуатационным характеристикам они значительно проигрывают агросамолётам. Но основным существенным недостатком беспилотников остаётся время автономной работы с максимальной грузовой нагрузкой от 40 до 70 кг, которое ограничено ёмкостью аккумуляторных батарей и находится в диапазоне от 17 до 7 мин. При этом значительным преимуществом БВС является стоимость эксплуатации, заключающаяся в разнице первичной стоимости, в отсутствие необходимости оборудования специальной взлётной полосы, в подготовке пилота и оплате его работы, в стоимости промежуточного технического обслуживания.

На этом фоне, следует отметить одну из серьёзных проблем, препятствующей продвижения БВС в сельском хозяйстве. Так, порядок применения БВС, в отличие от агросамолётов, определён требованиями Федеральных правил [4], утверждёнными постановлением Правительства РФ №138 от 11.03.2010 г., и на сегодняшний день отсутствуют единые регламентируемые подходы и требования к эксплуатации беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве. Определено лишь то, что в соответствии с требованиями, полёты БВС в воздушной зоне G осуществляются по разрешению органов местного самоуправления и центров управления воздушным движением.

Перечисленные факты позволяют сформулировать недостатки авиахимической обработки сельхозкультур дронами по сравнению с наземными мобильными прицепными и самоходными опрыскивателями. При этом основными недостатками являются необходимость частой дозаправки емкостей растворами, необходимость частой перезарядки или смены аккумуляторных батарей, зависимость от метеоданных, необходимость согласования (за 72 часа до начала работ) согласования работ с местными муниципалитетами и центрами регулирования воздушного движения. Наряду с этими трудностями, следует отметить дополнительные проблемы в виде: приостановки полётов в различных приграничных регионах нашей страны; отсутствие софинансирования со стороны государства; сложности с подготовки пилотов и сертификации их деятельности заставляют эксплуатантов БВС заявлять

о необходимости изменения законодательства и квалификации судов «не по массе, а по назначению».

Для решения данного вопроса Правительством РФ в 2022 году был согласован отдельный проект внедрения БВС в регионах России при проведении авиахимических работ, направленных на борьбу с вредителями. В проекте приняли участие 12 регионов: Томская область, Саратовская область, Камчатский край, Чукотский, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа и т.д. По окончании проекта будет принято законодательное решение о дальнейшем развитии беспилотной авиации сельхозназначения в России.

Кроме того, с 1 марта 2024 г. внесены упрощения в порядок применения БВС в сельском хозяйстве для выполнения авиахимических работ при борьбе с вредителями на высотах менее 30 метров от земной и водной поверхностей. Благодаря внедрению единой цифровой платформы обеспечения деятельности по использованию воздушного пространства России потребитель будет оперативно получать всю необходимую информацию для выполнения полётов, включая разрешения органов местного самоуправления.

В связи с возрастающей актуальностью вопросов внедрения беспилотных летательных аппаратов в сельское хозяйство повышается и актуальность разработки документов, регламентирующих применение агрохимикатов для обработки сельхозугодий при помощи этих аппаратов.

Учитывая возможности и недостатки метода обработки сельхозкультур при помощи БВС, перспективными и экономически обоснованными агрохимикатами могут служить только пестициды, представленные инсектицидами, фунгицидами и гербицидами, которые применяются в малых объёмах на больших площадях. Однако, указанные пестициды обладают сравнительно высокой токсичностью для обитателей водоёмов, животных и человека. Поэтому одной из главных задач является недопущение поражения нецелевых биообъектов, что определяется разработкой и соблюдением регламента применения пестицида с указанием рабочих концентраций, режимов распыления (скорость, объём, высота, дисперсность аэрозольных частиц), обеспечивающих создание эффективных концентраций на обрабатываемых площадях.

Главными переменными факторами, влияющими на безопасность применения пестицида в этом случае, выступают погодные условия (влажность, скорость ветра, температура окружающего воздуха) и состояние приземных воздушных потоков (конвекция, инверсия, изотермия).

На сегодняшний день порядок разработки рекомендаций или регламента применения пестицидов определен требованиями приказа Минсельхоза РФ № 23 от 21.01.2022 г. [5], который определяет производителем регламентацию способа и норм применения пестицида, с указанием его токсичности и средств индивидуальной защиты работников.

Также в руководящем документе, в разделе 3, определены требования безопасности при регистрационных испытаниях пестицидов и агрохимикатов. В соответствии с требованием в ходе испытаний оценивают: реальную опасность, представляемую для человека при использовании пестицида; обоснование выбора средств индивидуальной защиты; эффективность и безопасность предлагаемых заявителем регламентов применения пестицидов, динамику трансформации и деградации остаточных количеств пестицидов в окружающей среде.

В России по состоянию на 2023 г. к проведению регистрационных испытаний пестицидов допущены 120 организаций. В 2023 г. для авиационного внесения разрешены более 128 агрохимикатов российских и зарубежных производителей. Для сравнения — в 2003 г. было зарегистрировано всего 12 препаратов для авиавнесения в сельском хозяйстве [6].

Что касается требований, предъявляемых в России при регистрации новых пестицидов, то они вполне согласуются с требованиями регламента Евросоюза №1107/2009 который определяет процедуру принятия пестицида для применения в сельском хозяйстве на территории Европейского союза [7].

Таким образом, существующие требования, предъявляемые к процедуре регистрационных испытаний, могут быть заложены в основу регламентирующих документов, определяющих процедуру включения пестицидов в каталог разрешенных к применению с помощью беспилотных летательных аппаратов.

Тем не менее, специфичность технического применения БВС требует ряда дополнительных экспериментальных исследований по разработке и обоснованию режимов создания воздействующих аэрозолей пестицидов при обработке сельхозкультур.

Установленные регламентом режимы должны, с одной стороны, обеспечивать создание эффективных концентраций на обрабатываемых площадях, с другой — обеспечивать безопасность персонала при выполнении работ по применению пестицидов с помощью беспилотников. Отдельным вопросом стоит недопущение загрязнения объектов окружающей среды.

Решение данного вопроса заключается в проведении натурных испытаний с применением образцов пестицидов

с известными физико-химическими и токсикологическими свойствами или их имитаторов.

На этапе разработки регламента, определяющего режимы работы беспилотных летательных аппаратов, для создания эффективных концентраций пестицидов могут использоваться физико-химические и биологические методы контроля.

Так, для установления фазо-дисперсного состава создаваемого аэрозольного облака форсунками беспилотных аппаратов могут применяться методы, основанные на определении размеров частиц по дифракции лазерного излучения (ГОСТ Р 8.777-2011) или оптическими методами измерения физико-химических характеристик аэрозольных сред (патент РФ 2578105 С1 от 16.10.2014 г.; патент РФ № 2155954 С2 от 10.09.2000 г.; патент РФ 2540003 С1 от 10.10.2013 г.) в совокупности с аналитическими методами определения концентрации пестицида в воздухе с применением в качестве пробоотборных средств каскадных импакторов. При использовании каскадных импакторов возникает необходимость обязательного применения сорбирующего фильтра (жидкий или сухой сорбент) для оценки концентрации пестицида, содержащегося в паровой фазе на выходе из импакторов. Пестицид, содержащийся в паровой фазе, как правило, не попадает на обрабатываемые площади и разносится воздушными потоками на достаточно большие расстояния от места распыления [8–11].

По результатам оценки дисперсного состава аэрозольного облака пестицида, создаваемого разными моделями форсунок БВС, представляется возможность определить величину сноса в зависимости от скорости ветрового потока и высоты распыла.

Отметим, что именно пары пестицидов и часть аэрозольного облака, сносимая от целевых обрабатываемых площадей, являются основной причиной загрязнения прилегающих территорий и представляют опасность для работающего персонала и населения.

Для оценки дисперсности оседающего аэрозоля и создаваемой таким образом концентрации на обрабатываемых поверхностях рекомендуется использовать методы, основанные на сборе осажденных частиц на пробоотборных горизонтально расположенных подстилающих подложках (пластинах) или чашках Петри.

Указанные выше методы могут применяться и при оценке концентраций пестицида, оседающего за пределами обрабатываемых площадей в результате сноса воздушными потоками.

Результаты, полученные в ходе исследований, позволят регламентировать режимы распыления растворов пестицидов в зависимости растворителя, высоты распыла, скорости ветра, состояния приземных слоев атмосферы и дисперсного состава создаваемого аэрозольного облака.

При регламентации способов применения пестицидов беспилотными летательными аппаратами необходимо строго учитывать, чтобы достигались эффективные концентрации на обрабатываемых площадях и не допускать

превышения уровней загрязнения воздуха и почвы за пределами этих площадей. В этом случае за основу рекомендуется принять параметры аэрозольного воздействия пестицидов на растения, определённые агротехническими требованиями, предъявляемыми к наземным опрыскивателям. Поэтому использование системы плоскоструйного распыла через форсунки у беспилотных летательных аппаратов для сохранения дисперсного состава воздействующего аэрозоля будет вполне обоснованным решением.

Что касается концентраций, создаваемых на обрабатываемых площадях, то они указаны в регламенте применения каждого пестицида («Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешённых к применению на территории РФ, часть I, пестициды), а безопасные концентрации пестицидов для объектов окружающей среды за пределами обрабатываемых площадей определены значениями их ПДК [12].

При рассмотрении вопроса по регламентации высоты и режима распыла, следует принимать во внимание параметры, представленные в табл. 2.

Учитывая небольшие высоты (1–20 м) распыла распылов пестицидов над обрабатываемыми площадями беспилотными летательными аппаратами (предельно регламентируемая высота — 30 м), первоначально для регистрационных испытаний могут применяться требования, распространяющиеся на работу наземных систем опрыскивания [5], основные положения которых определяют, что санитарные разрывы от населённых пунктов, источников хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (далее — источники питьевого водоснабжения), мест отдыха населения и мест проведения ручных работ по уходу за сельскохозяйственными культурами должны составлять не менее 1000 м. При неблагоприятной «розе ветров» эти разрывы могут быть увеличены с учётом конкретной обстановки.

В качестве обоснования оптимальной высоты распыла пестицидов беспилотниками следует привести результаты Кубанских аграриев, которые по результатам исследований на гербицидах установили значение в 2 метра [13].

Одно из важнейших условий эффективного и безопасного выполнения работ по опрыскиванию с помощью БВС — правильно выбранное время суток для обработки. Оптимальным временем проведения работ с применением БВС считаются вечерние, ночные и утренние часы (примерно с 20:00 до 8:00) [13]. В дневное время поверхность земли нагревается. В связи с этим формируются восходящие конвекционные потоки воздуха, препятствующие оседанию рабочего раствора на поверхность растения, а также способствующие сносу или частичному испарению капель. Таким образом, предельная температура воздуха для обработки с БВС — 26 °C [13], что особенно критично при проведении опрыскивания в формате ультрамалообъёмного опыления, поскольку создаётся облако из пестицида и при малейших колебаниях воздуха оно может быть снесено на прилегающие к месту обработки территории.

Скорость ветра также является одним из факторов, влияющих на эффективность и безопасность использования пестицидов с помощью БВС. При скорости ветра более 4 м/с значительно возрастает неравномерность распределения рабочего вещества на обрабатываемой площади, снижается эффективность обработки, а также возникает риск загрязнения прилегающей территории [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведённый анализ показывает, что вопросы, связанные с применением летательных аппаратов для обработки сельскохозяйственных культур, имеют богатую историю. Однако, в связи с большим количеством ограничений и требований, а также высокими экономическими затратами и организационными трудностями востребованность пилотируемых летательных аппаратов в этой отрасли последнее время значительно уменьшилась.

В то же время, в последнее десятилетие возник интерес аграриев к применению БВС для обработки сельхозугодий, что было поддержано Правительством РФ и Министерством сельского хозяйства. Интенсивность работы в этом направлении возросла с 2022 года, когда в России

Таблица 2. Параметры динамики аэрозольных частиц жидкости различной дисперсности при распыле на разных высотах и скорости ветра 1 м/с

Table 2. Parameters of dynamics of liquid aerosol particles of various dispersity when spraying on various altitudes and at the wind speed of 1 m/s

Способ распыла аэрозоля пестицида	Высота распыла аэрозоля, м	Диаметр капли распыляемого аэрозоля пестицида, мкм	Снос капли аэрозоля пестицида от точки распыла при падении, м
Беспилотное воздушное судно	20	50–500	9–286
Наземный мобильный прицепной и самоходный опрыскиватель	2	50–500	0.9–28
Агросамолёт	3	50–1000	0.8–43
	50	50–1000	13–717

в 3 раза увеличились научно-производственные мощности по разработке и производству беспилотных летательных аппаратов с большой грузоподъемностью и увеличенным временем автономного полёта.

Однако, на сегодняшний день недостаточно проработанная законодательная база, регламентирующая применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве, не позволяет урегулировать процессы внедрения БВС в повседневную деятельность аграриев. Имеющиеся правила, регламентирующие авиационно-химические работы в сельском хозяйстве, относятся к пилотируемым летательным аппаратам с учётом высотных, более 50 метров распылением агрохимикатов. Поправки к регламенту относительно применения БВС с учетом снижения высоты распыла (1–30 м), снижения скорости движения летательного аппарата и изменения дисперсного состава аэрозолей до настоящего времени не разработаны.

Несмотря на трудности, связанные с отсутствием единых правил эксплуатации БВС в сельском хозяйстве, анализ современных исследований по эффективности проведения сельскохозяйственных работ с применением БВС позволяет сформулировать предложения по разработке регламента приёмочных испытаний агрохимикатов, позволяющих включить их в каталог разрешённых к применению с помощью беспилотных летательных аппаратов.

На данный момент, основные рекомендации могут заключаться в обосновании эксплуатационных режимов БВС, как приближенных/приравненных к наземным мобильным прицепным и самоходным опрыскивателям при условии высоты распыла от 1 до 2 м, а также нахождения приземного потока воздуха в состоянии инверсии или изотермии, температуры воздуха не более 26 °С, и скорости ветра не более 4 м/с. Диапазон дисперсности аэрозольного облака при этом должен составлять от 100 до 300 мкм.

Решение о безопасности применения агрохимиката с помощью БПЛА на больших высотах (от 2 до 30 м) необходимо формировать по результатам приёмочных испытаний, проводимых в соответствии с единым регламентом. При этом разработка основных положений единого регламента должна быть обоснована результатами натурных экспериментальных исследований с применением физико-химических методов анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ от 31 июля 2009 г. N 128 «Об утверждении федеральных авиационных правил «подготовка и выполнение полётов в гражданской авиации Российской Федерации» (в ред. Приказов Минтранса РФ от 29.05.2023 г.), пункты 7.1–7.11. Дата обращения: 15.01.2024. Режим доступа: <https://favt.gov.ru/public/materials/6/2/f/7/2/62f72d288596b1626a9faf47b000f01c.pdf?ysclid=lzlzuw1l2c139763629>
2. Санитарные правила и нормативы СанПиН 1.2.2584-10 «Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения,

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Л.П. Эрдниев — концепция и дизайн исследования, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи; Д.А. Кузянов — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Ю.С. Гусев — концепция и дизайн исследования написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи; А.Н. Микеров — концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. L.P. Erdniev — concept and design of the study, writing the text, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript; D.A. Kzyanov — collection and processing of material, writing and editing text of the manuscript; Yu.S. Gusev — concept and design of the study, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript; A.N. Mikerov — concept and design of the study, approval of the final version of the manuscript, responsibility for the integrity of all parts of the paper. All authors confirm their authorship compliance with the ICMJE international criteria (all authors made a significant contribution to the conceptualization, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов» (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 2 марта 2010 г. N 17). Дата обращения: 15.01.2024. Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/101/4293820341.pdf?ysclid=lzlzu7smwk176920738>

3. Спиглазова А.С., Мезенцев А.В. Движение равномерно испаряющейся капли жидкости с учетом действия силы тяжести и двух различных сил сопротивления. В кн.: Актуальные проблемы развития естественных наук : Сборник статей участников XXIII Областного конкурса научно-

исследовательских работ «Научный Олимп» по направлению «Естественные науки» Министерство образования и молодежной политики Свердловской области; ГАУ СО «Дом молодёжи»; ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2020. С. 99–105. Дата обращения: 15.01.2024. Режим доступа: https://elar.ufu.ru/bitstream/10995/94067/1/978-5-91256-506-9_2020_018.pdf

4. Постановление Правительства РФ от 11.03.2010 г. № 138 «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства РФ» (в ред. 19.07.2012 г.). Российская газета. 2010. Дата обращения: 15.01.2024. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957/

5. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.01.2022 № 23 «Об установлении требований к форме и порядку утверждения рекомендаций о транспортировке, применении, хранении пестицидов и агрохимикатов, об их обезвреживании, утилизации, уничтожении, захоронении, а также к тарной этикетке» (Зарегистрирован 22.02.2022 № 67417). Дата обращения: 15.01.2024. Режим доступа: <https://69.fsvps.gov.ru/files/prikaz-23-ot-21-01-2022/>

6. Перечень организаций, допущенных к проведению регистрационных испытаний. Дата обращения: 20.04.2024. Режим доступа: https://mcx.gov.ru/upload/iblock/de4/9lwej4ktxk_yaraa8cpd0ii7jhws0coo0.pdf

7. Регламент Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 1107/2009 от 21 октября 2009 г. о размещении на рынке продукции для защиты растений и отмене Директив Совета ЕС 79/117/ЕЭС и 91/414/ЕЭС. Дата обращения: 15.01.2024. Режим доступа: <https://www.fumigaciya.ru/sites/default/files/public/page/2011-09/15/reglamentesorazmeshcheniipestitsidov.pdf>

8. ГОСТ Р 8.777–2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Дисперсный состав аэрозолей

и взвесей. Определение размеров частиц по дифракции лазерного излучения. М.: Стандартиформ, 2019. Дата обращения: 15.01.2024. Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/520/52098.pdf>

9. Патент РФ 2578105 / 20.03.2016. Бойко А.Ю., Ефимов И.Н., Григорьев А.А., и др. Способ дистанционного контроля размеров тонкодисперсных аэрозолей стойких токсичных химикатов при возникновении запроектных аварий на химически опасных. EDN: SWLXD

10. Патент РФ 2155954 / 10.09.2000. Григорьев А.А., Гаврилов В.В., Мацюк Г.В., Седунов С.Г. Способ дистанционного контроля массовой концентрации тонкодисперсных аэрозолей отравляющих веществ по их собственной люминесценции в местах хранения и уничтожения отравляющих веществ при возникновении нештатных ситуаций. EDN: XIXKYR

11. Патент РФ 2540003 / 27.01.2015. Автайкин С.В., Алексеев С.А., Евстафьев И.Б., и др. Способ определения дисперсного состава аэрозоля. EDN: SDCMJP

12. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации/Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. 2017. Дата обращения: 15.01.2024. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/>

13. Курченко Н.Ю., Даус Ю.В., Труфляк Е.В., Ильченко Я.А. Параметры применения беспилотных летательных аппаратов при обработке средствами защиты растений сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1(69). С. 527–536. doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-58

REFERENCES

1. Prikaz ot 31 iyulya 2009 g. N 128 «Ob utverzhdenii federal'nyh aviacionnyh pravil «podgotovka i vypolnenie poletov v grazhdanskoj aviatsii Rossijskoj Federacii» (v red. Prikazov Mintransa RF ot 29.05.2023 g.), punkty 7.1–7.11. (In Russ.) Accessed: 15.01.2024. Available from: <https://favt.gov.ru/public/materials/6/2/f/7/2/62f72d288596b1626a9faf47b000f01c.pdf?ysclid=lylzuw1l2c139763629>

2. Sanitarnye pravila i normativy SanPiN 1.2.2584–10 “Gigienicheskie trebovaniya k bezopasnosti processov ispytaniy, hraneniya, perevozki, realizacii, primeneniya, obezvrezhivaniya i utilizacii pesticidov i agrokhimikatov” (utv. postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 2 marta 2010 g. N 17). (In Russ.) Accessed: 15.01.2024. Available from: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/101/4293820341.pdf?ysclid=lylzu7smwk176920738>

3. Spiglazova AS, Mezencev AV. Motion of a uniformly evaporating liquid droplet considering the influence of gravity and two different drag forces. In: *Aktual'nye problemy razvitiya estestvennyh nauk : Sbornik statej uchastnikov XXIII Oblastnogo konkursa nauchno-issledovatel'skih rabot «Nauchnyj Olimp» po napravleniyu «Estestvennye nauki» Ministerstvo obrazovaniya i molodezhnoj politiki Sverdlovskoj oblasti ; GAU SO «Dom molodezhi»*. Ekaterinburg: Ural'skij federal'nyj universitet

im pervogo Prezidenta Rossii BN El'cina; 2020:99–105 (In Russ.) Accessed: 15.01.2024. Available from: https://elar.ufu.ru/bitstream/10995/94067/1/978-5-91256-506-9_2020_018.pdf

4. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 11.03.2010. № 138 «Ob utverzhdenii Federal'nyh pravil ispol'zovaniya vozdušnogo prostranstva RF» (v red. 19.07.2012 g.). *Rossiyskaya gazeta*. 2010. (In Russ.) Accessed: 15.01.2024. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957/

5. Prikaz Ministerstva sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii ot 21.01.2022 № 23 «Ob ustanovlenii trebovanij k forme i poryadku utverzhdeniya rekomendacij o transportirovke, primenenii, hranenii pesticidov i agrokhimikatov, ob ih obezvrezhivanii, utilizacii, unichtozhenii, zahoroneni, a takzhe k tarnoj etiketke» (Zaregistririvan 22.02.2022 № 67417) (In Russ.) Accessed: 15.01.2024. Available from: <https://69.fsvps.gov.ru/files/prikaz-23-ot-21-01-2022/>

6. Perechen' organizatsiy, dopushchennykh k provedeniyu registratsionnykh ispytaniy. (In Russ.) Accessed: 20.04.2024. Available from: https://mcx.gov.ru/upload/iblock/de4/9lwej4ktxk_yaraa8cpd0ii7jhws0coo0.pdf

7. Reglament Evropejskogo Parlamenta i Soveta Evropejskogo Soyuza 1107/2009 ot 21 oktyabrya 2009 g. o razmeshchenii na rynke

produkcii dlya zashchity rastenij i otmene Direktiv Soveta ES 79/117/EEC i 91/414/EEC (In Russ.) Accessed: 15.01.2024. Available from: <https://www.fumigaciya.ru/sites/default/files/public/page/2011-09/15/reglamentesorazmeshcheniipesticidov.pdf>

8. GOST R 8.777–2011. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij (GSI). Dispersnyj sostav aerorozlej i vzvesej. Opredelenie razmerov chastic po difrakcii lazernogo izlucheniya. M.: Standartinform; 2019 (In Russ.) Accessed: 15.01.2024. Available from: <https://meganorm.ru/Data/520/52098.pdf>

9. Patent RF 2578105 / 20.03.2016. Boyko AYU, Efimov IN, Grigoryev AA, et al. Sposob distantsionnogo kontrolya razmerov tonkodispersnykh aerorozlej stoyikih toksichnykh khimikatov pri vozniknovenii zaproektnykh avariij na khimicheski opasnykh (In Russ.) EDN: SWXLXD

10. Patent RF 2155954 / 10.09.2000. Grigoryev AA, Gavrilov VV, Matsyuk GV, Sedunov SG. Sposob distantsionnogo kontrolya massovoy kontsentratsii tonkodispersnykh aerorozlej otravlyayushchikh veshchestv po ikh sobstvennoy lyuminesentsii v mestakh khraneniya i unichtozheniya otravlyayushchikh veshchestv pri vozniknovenii neshtatnykh situatsiy (In Russ.) EDN: XIXKYR

11. Patent RF 2540003 / 27.01.2015. Avtaykin S.V., Alekseev S.A., Evstafyev I.B., i dr. Sposob opredeleniya dispersnogo sostava aerorozlya (In Russ.) EDN: SDCMJP

12. Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrokhimikatov, razreshennyh k primeniyu na territorii Rossijskoj Federacii/ Ministerstvo sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii. — 2017 (In Russ.) Accessed: 15.01.2024. Available from: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-pogosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/>

13. Kurchenko NYU, Daus YUV, Truflyak EV, Il'chenko YAA. Parameters of using unmanned aerial vehicles for the application of plant protection products on agricultural crops. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2023;1(69):527–536 (In Russ.) doi: 10.32786/2071-9485-2023-01-58

ОБ АВТОРАХ

* Кузьянов Дмитрий Андреевич,

младший научный сотрудник лаборатории химико-биологического мониторинга воды отдела окружающей среды; адрес: Российская Федерация, 410022, Саратов, ул. Заречная, д. 1А, строение 1; ORCID: 0000-0002-5070-4431; eLibrary SPIN: 6579-1390; e-mail: dimakuzyanov@gmail.com

Эрдниева Леонид Петрович,

канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории химико-биологического мониторинга воды отдела гигиены окружающей среды; ORCID: 0000-0001-5187-7361; eLibrary SPIN: 3094-3747; e-mail: leonid-erdniev@yandex.ru

Гусев Юрий Сергеевич,

канд. биол. наук, заведующий лабораторией химико-биологического мониторинга воды отдела окружающей среды; ORCID: 0000-0001-7379-484X; eLibrary SPIN: 1776-5237; e-mail: yuran89@yandex.ru

Микеров Анатолий Николаевич,

д-р биол. наук, руководитель, профессор кафедры общей гигиены и экологии; ORCID: 0000-0002-0670-7918; eLibrary SPIN: 1456-5471; e-mail: mail@smncg.ru

AUTHORS' INFO

* Dmitriy A. Kuzyanov,

Junior Researcher at the Laboratory of Chemical and Biological Monitoring of Water Quality, Environmental Department; address: 1A bldg. 1 Zarechnaya street, 410022 Saratov, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-5070-4431; eLibrary SPIN: 6579-1390; e-mail: dimakuzyanov@gmail.com

Leonid P. Erdniev,

Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher Associate at the Laboratory of Chemical and Biological Monitoring of Water Quality, Environmental Department; ORCID: 0000-0001-5187-7361; eLibrary SPIN: 3094-3747; e-mail: leonid-erdniev@yandex.ru

Yury S. Gusev,

Cand. Sci. (Biology), Head of the Laboratory of Chemical and Biological Monitoring of Water Quality, Environmental Department; ORCID: 0000-0001-7379-484X; eLibrary SPIN: 1776-5237; e-mail: yuran89@yandex.ru

Anatoliy N. Mikerov,

Dr. Sci. (Biology), Head, Professor of the General Hygiene and Ecology Department; ORCID: 0000-0002-0670-7918; eLibrary SPIN: 1456-5471; e-mail: mail@smncg.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author