

УДК 614.7

ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПОСРЕДСТВОМ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НОРМАТИВНЫМИ ДОКУМЕНТАМИ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИМИ ИХ БЕЗОПАСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Микеров А.Н.^{1,2}, Быков А.В.¹, Эрдниев Л.П.¹

¹ Саратовский медицинский научный центр гигиены Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Саратов, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Российская Федерация

Стремительная популяризация беспилотных авиационных систем диктуют необходимость развития нормотворчества, направленного на их безопасное использование. Одним из актуальных направлений исследований в указанной области является анализ нормативных документов, регламентирующих безопасное применение химических веществ посредством беспилотных авиационных систем для здоровья операторов, работников и населения в условиях воздействия химического фактора.

Цель исследования: провести анализ имеющихся на данный момент нормативных документов, регламентирующих безопасное применение химических веществ посредством беспилотных авиационных систем в народном хозяйстве и определить перспективные направления их актуализации.

Материалы и методы. Поиск научных статей проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, а также в библиотеках elibrary.ru и cyberleninka.ru. Использовались ключевые слова «агродроны», «внесение химических веществ с помощью беспилотных систем». Рассматривались публикации на русском и английском языках за 2020 - 2026 годы. Нормативные и законодательные документы анализировались на официальных сайтах Правительства РФ, Федерального агентства воздушного транспорта, Роспотребнадзора РФ,

Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства транспорта РФ. Для анализа было отобрано 42 публикации и 27 нормативных документов.

Результаты. В работе приведены результаты анализа обеспеченности нормативными документами, регламентирующими безопасное применение химических веществ посредством беспилотных авиационных систем в народном хозяйстве.

Ограничения исследования. В анализ были включены только публикации на русском и английском языках с 2020–2026 годы.

Заключение. Установлено, что наиболее проработанными в рассматриваемой области исследований являются документы, регламентирующие безопасное применение агрохимикатов в сельском хозяйстве. Определены перспективные направления нормотворчества в области применения химических веществ посредством беспилотных авиационных систем в сферах медицины, ЖКХ, энергетики и транспортной безопасности. По данным направлениям будет необходима разработка методических положений по организации и проведению токсиколого-гигиенических исследований в области оценки безопасности применения химических веществ.

Ключевые слова: нормативные документы, беспилотные системы, химические вещества, направления нормотворчества

Соблюдение этических стандартов. Проведение настоящего исследования не требовало одобрения этического комитета, поскольку работа не связана с использованием человека или животных в качестве объектов исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Микеров А.Н., Быков А.В., Эрдниев Л.П. Применение химических веществ посредством беспилотных авиационных систем в народном хозяйстве: анализ обеспеченности нормативными документами, регламентирующими их безопасное применение. Медицина труда и экология человека. 2026; 3:169-188.

doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10309>

Для корреспонденции: Алексей Владимирович Быков, shniva995@mail.ru

THE USE OF CHEMICALS VIA UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS IN THE NATIONAL ECONOMY: AN ANALYSIS OF THE AVAILABILITY OF REGULATORY DOCUMENTS GOVERNING THEIR SAFE APPLICATION

Anatoly N. Mikerov^{1,2}, Aleksey V. Bykov¹, Leonid P. Erdniev¹

¹ Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Budget Scientific Institution «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

The rapid popularization of unmanned aircraft systems necessitates the development of rulemaking aimed at their safe use. One of the relevant research areas in this field is the analysis of regulatory documents governing the safe application of chemicals via unmanned aircraft systems in the national economy.

The purpose of the study: to analyze the currently available regulatory documents governing the safe application of chemicals via unmanned aircraft systems in the national economy and to identify promising directions for their updating.

Materials and methods. The search for scientific articles was conducted in the PubMed, Scopus, Web of Science, and RSCI (Russian Science Citation Index) databases, as well as in the eLibrary.ru and CyberLeninka.ru electronic libraries. The following keywords were used: «use of UAVs for chemical application in the civilian sector», «agrodrones», and «application of chemicals using unmanned aircraft systems». Publications in Russian and English covering the period from 2020 to 2026 were considered. Regulatory, methodological, and legislative documents were analyzed using the official websites of the Government of the Russian Federation, the Federal Air Transport Agency, the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor), the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, the Ministry of Transport of the Russian Federation, as well as the State Standards (GOSTs) for the period from 1997 to 2026. For the analysis, 42 publications and 27 regulatory documents were selected.

Results. The paper presents the results of the analysis of the provision with regulatory documents governing the safe application of chemicals via unmanned aircraft systems in the national economy.

Study limitations. The analysis included only publications in Russian and English for the period 2020–2026.

Conclusion. It has been established that the most elaborated documents in the research area under consideration are those regulating the safe application of agrochemicals in agriculture. Promising directions for updating regulatory documents governing the safe application of chemicals via unmanned aircraft systems in various sectors of the national economy have been identified.

Keywords: regulatory documents, unmanned aircraft systems, chemicals, rulemaking directions

Compliance with ethical standards. This study did not require approval by the Ethics Committee, as it did not involve humans or animals as research subjects.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study did not have sponsorship.

For citation: Bykov A. V., Mikerov A. N, Erdniev L. P. The use of chemicals via unmanned aircraft systems in the national economy: an analysis of the availability of regulatory documents governing their safe application. Occupational health and human ecology. 2026;3:169-188.

doi: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10309>

For correspondence: Aleksey V. Bykov, e-mail: shniva995@mail.ru

Эволюционное развитие технологий, цифровизация и роботизация всех сфер человеческой деятельности оказывают глобальное влияние на мировую авиацию, формируя новые виды авиационной техники, сценарии её применения, новые возможности и вызовы для сферы социально-экономического развития, безопасности населения и национальной безопасности России⁵. Наиболее заметный рост популярности применения беспилотных авиационных систем в народном хозяйстве в России отмечается после утверждения президентом перечня поручений по направлениям развития беспилотных авиационных систем (утв. Президентом РФ 30 декабря 2022 г. № Пр-2548)⁶.

В условиях стремительного развития индустрии робототехники и растущей популярности беспилотных авиационных систем различных типов область их

⁵ Распоряжение Правительства РФ от 21.06.2023 г. №1630-р «Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2023, №27, ст. 5055).

⁶ Перечень поручений по вопросам развития беспилотных авиационных систем (утв. Президентом РФ 30 декабря 2022 г. № Пр-2548) // СПС «Гарант». – URL: <https://base.garant.ru/406067211/> (дата обращения: 19.05.2026).

применения постоянно расширяется. Одним из перспективных направлений применения беспилотных авиационных систем в различных отраслях народного хозяйства является их использование для аэрозольного распыления химических веществ. Известно, что применение химических веществ в различных отраслях народного хозяйства несет потенциальную опасность развития профессиональной патологии у работников [1] и может обуславливать риск для здоровья населения [2, 3]. Очевидно, что появление новых способов применения химических веществ влечёт за собой целесообразность проведения исследований, направленных на оценку достаточности и своевременности переработки нормативных документов в сфере коммунальной гигиены, а именно – документов, регламентирующих безопасное применение химических веществ в народном хозяйстве.

Цель исследования - провести анализ имеющихся на данный момент нормативных документов, регламентирующих безопасное применение химических веществ с помощью беспилотных авиационных систем в народном хозяйстве и определить перспективные направления их актуализации.

Материалы и методы. Поиск публикаций, посвящённых применению химических веществ с помощью беспилотных авиационных систем в народном хозяйстве проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и РИНЦ, а также в библиотеках elibrary.ru и cyberleninka.ru. Использовались ключевые слова «*use of UAVs for chemical application in the civilian sector*», «агродроны», «внесение химическими веществами с помощью беспилотных авиационных систем», «нормативные документы». Рассматривались публикации на русском и английском языках за 2020 - 2026 годы. Первичный поиск выявил 253 статьи. После удаления дубликатов (n=42) и исключения работ, не соответствующих критериям включения (n=169), для анализа было отобрано 42 полнотекстовых публикации. Нормативно-методические и законодательные документы, соответствующие исследуемой тематике, анализировались на официальных сайтах Правительства РФ, Федерального агентства воздушного транспорта, Роспотребнадзора РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства транспорта РФ за 1997 - 2026 годы. Проанализировано более 70 законодательных актов, нормативно-методических документов и ГОСТов, на 27 из которых в работе отражены сноски. При написании статьи применялись методы системного анализа и классификации, а также сравнительно-правовой и сравнительно-исторический методы. В рамках проведённых исследований заключение локального этического комитета не требуется.

Результаты. В соответствии со Стратегией развития беспилотных авиационных систем в России на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. существует 8 основных направлений их применения, одним из которых является «внесение веществ». Указанное направление включает в себя работы, проводимые в целях внесения жидких, порошкообразных, газообразных веществ, биологических объектов, применения иных форм и средств защиты растений, связывания грунтов и нейтрализации разлива нефтепродуктов. Основные направления применения беспилотных авиационных систем вырабатывались на протяжении последних десятилетий и нашли широкое применение в различных областях. Научно-технические достижения в области разработок целевых нагрузок различного назначения, устанавливаемых на беспилотные летательные аппараты, обеспечили возможность их применения в военной сфере, нефтегазовой отрасли, сельском хозяйстве, строительном комплексе, лесном хозяйстве, медицине, экологии, а также при выполнении мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций и т.д. [4-16].

Проводя анализ нормативных документов регламентирующих применение химических веществ посредством беспилотных авиационных систем в народном хозяйстве, необходимо отметить документы, регулирующие общие правила использования беспилотных авиационных систем, которые базируется на комплексе федеральных документов. Основным регулирующим использованием беспилотных авиационных систем является Воздушный кодекс Российской Федерации от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ⁷. Порядок эксплуатации беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлётной массой 30 кг и менее, выполнения полётов с их использованием и учёта, регламентируются Федеральными правилами использования воздушного пространства⁸, Правилами учёта беспилотных гражданских воздушных судов⁹ и ведомственными приказами Министерства транспорта Российской Федерации^{10,11}.

⁷ Федеральный закон от 19.03.1997 г. №60 «Воздушный кодекс Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, №12, ст. 1383).

⁸ Постановление Правительства РФ от 11.03.2010 г. №138 «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2016, №14, ст. 1649).

⁹ Постановление Правительства РФ от 25.05.2019 г. №658 «Об утверждении Правил учёта беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлётной массой от 0.25 килограмма до 30 килограммов, ввезённых в Российскую Федерацию или произведённых в Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2019, №22, ст. 2824).

¹⁰ Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 31 июля 2009 г. N 128 «Об утверждении федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полётов в гражданской авиации» (Зарегистрировано в Минюсте России 31 августа 2009 г. N 14645)

¹¹ Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 23 декабря 2009 г. № 249 «Об утверждении федеральных авиационных правил «Требования к проведению обязательной сертификации физических лиц,

Динамика совершенствования нормативно-правовой базы, определяющей требования к безопасности применения беспилотных авиационных систем, прослеживается в Постановлениях Правительства РФ. Так, Постановление Правительства РФ №1304¹² вносит изменения в «Положение о федеральном государственном контроле (надзоре) в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами», утвержденное постановлением Правительства РФ от 30.06.2021 №1067. В изменениях отмечается, что при проведении контрольных (надзорных) мероприятий и профилактических мероприятий могут использоваться беспилотные авиационные системы. Однако указанные документы определяют только безопасное применение самих беспилотных авиационных систем, но не регламентируют порядок использования химических веществ, обеспечивающий безопасность для населения и персонала.

Применение химических веществ с помощью беспилотных авиационных систем в последние годы набирает все большую популярность. Наиболее распространённой областью является сельское хозяйство. Преимущества использования беспилотных авиационных систем для внесения удобрений и пестицидов привели к их массовому применению во всём мире [17–23]. Основное нормативное регулирование безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами в Российской Федерации установлено Федеральным законом №109-ФЗ¹³, однако, указанный документ не регламентирует безопасность применения этих веществ именно с помощью беспилотных авиационных систем.

Развитие нормативной базы в рассматриваемой области началось в 2023 году. Постановлением Правительства РФ от 16.09.2023 №1510¹⁴ в 12 регионах введён экспериментальный правовой режим для беспилотных авиационных систем в сельском хозяйстве. В рамках указанного режима были введены требования к эксплуатации сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем сроком на 3 года. В 2024 году Министерство сельского хозяйства Российской Федерации выпустило методические рекомендации по использованию беспилотных

юридических лиц, выполняющих авиационные работы. Порядок проведения сертификации» (Зарегистрировано в Минюсте России 2 февраля 2010 г. № 16185).

¹² Постановление Правительства РФ от 28.12.2025 №1304 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» («Собрание законодательства Российской Федерации», 2025, №35, ст. 5224).

¹³ Федеральный закон от 19.07.1997 №109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, №29, ст. 3510).

¹⁴ Постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2023 года № 1510 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по эксплуатации сельскохозяйственных беспилотных авиационных систем»

авиационных систем в растениеводстве¹⁵, а в 2026 году Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 12.02.2026 №2¹⁶, были внесены изменения в СанПиН 2.1.3684-21¹⁷ и СП 2.2.3670-20¹⁸. В частности, на основании результатов научных исследований [24] норматив безопасного расстояния был пересмотрен с 2 км до 700 м.

Одним из перспективных направлений применения химических веществ посредством беспилотных авиационных систем является проведение дезинфекции и дезинсекции с помощью беспилотных авиационных систем в медицинских целях. Направление развивается как в России, так и за рубежом, о чём свидетельствуют соответствующие научные труды [25–31]. Эффективность применения беспилотных авиационных систем для дезинфекции была неоднократно подтверждена в Китае в период борьбы с коронавирусной инфекцией [26], а оценка целесообразности проведения дезинсекции подтверждена в результате пятилетних исследований возможности применения для обработки ларвицидами с помощью беспилотных авиационных систем «ODONATA AGRO». В ходе исследований Российскими учёными была установлена эффективность дезинсекции водоемов различного типа с помощью беспилотных авиационных систем, проводимой с целью уничтожения комаров-переносчиков лихорадки Западного Нила, малярии и других арбовирусных лихорадок Зика, денге, желтой, Чикунгунья [28].

В России дезинфекционные работы в помещениях наиболее распространены в животноводстве. Дезинфекционные мероприятия в животноводстве направлены на уничтожение или инактивацию микроорганизмов (бактерий, вирусов, грибов и других патогенов) на поверхностях, оборудовании и предметах в стойлах, клетках, вольерах и других животноводческих объектах. Порядок и условия дезинфекции помещений животноводческих ферм, комплексов, хозяйств и других объектов, связанных с содержанием животных, определяются Правилами проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора

¹⁵ Методические рекомендации «Использование беспилотных авиационных систем в растениеводстве» Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. - Москва: Росинформагротех, 2024. - 98 с.

¹⁶ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 12.02.2026 №2 «О внесении изменений в санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.3684-21» и СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».

¹⁷ Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

¹⁸ Санитарные правила СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».

№13-5-2/0525, утвержденными Минсельхозом РФ 15.07.2002 г.¹⁹ В соответствии с Правилами №13-5-2/0525¹⁵ обработка помещений животноводческих ферм, комплексов, хозяйств и других объектов растворами химических дезинфицирующих средств производится путём равномерного орошения поверхностей до полного их смачивания. Для дезинфекции закрытых помещений применяют также аэрозоли, получаемые из растворов дезинфицирующих средств. Отдельные объекты обеззараживают при помощи соответствующих задачам методов дезинфекции (термический, газовый, радиационный, воздушный, паровой, паровоздушный, пароформалиновый) в соответствии с действующими инструкциями. Аналогичным образом осуществляется дезинфекция помещений при проведении мероприятий по профилактике инфекционных болезней в соответствии с СанПиН 3.3686-21²⁰.

Таким образом, нормативное регулирование дезинфекции и дезинсекции с помощью беспилотных авиационных систем фрагментарно. Существуют лишь отдельные методические рекомендации (МР 3.5.2/3.5.5.0367-25¹⁵) для борьбы с комарами на открытой местности. Безопасность персонала и населения при дезинфекции помещений и животноводческих объектов нормативно не обеспечена.

Как часто бывает при появлении и быстром развитии технических новшеств, значительная часть технической информации сосредотачивается в патентах и многочисленных периодических изданиях. Информационный поиск показал, что помимо сельского хозяйства и медицины, в патентной литературе последних лет появляются сведения о потенциальном использовании беспилотных авиационных систем для распыления химических веществ в иных отраслях народного хозяйства. Так, сотрудники Пермского национального исследовательского политехнического университета разработали беспилотную летательную систему, способную автоматизировано и с высокой точностью обрабатывать провода линии электропередач противообледенительной жидкостью [32]. Одновременно, зарубежные разработки беспилотных авиационных систем (например, автоматизированная малярная система Worker Bee компании Apellix, США) позиционируются производителем как системы для покраски судов, мостов и других крупных сооружений, а также для помывки окон и прицельного распыления химикатов.

¹⁹ «Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора» №13-5-2/0525 (утв. Минсельхозом РФ 15.07.2002 г.).

²⁰ Санитарные правила и нормативы СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»

С учётом приведённых примеров целесообразно предположить, что лакокрасочные, гидроизолирующие и противообледенительной жидкости различных типов в ближайшей перспективе могут применяться в народном хозяйстве с помощью беспилотных авиационных систем.

Лакокрасочные и гидроизолирующие жидкости различных типов в ближайшем будущем в России, вероятно будут применяться с помощью беспилотных авиационных систем, что позволит осуществлять работы на высоте и при обработке больших площадей поверхностей, как при строительстве различных зданий, так и в судостроении для обработки кораблей с целью снижения затрат на рабочий персонал, который выполняет указанные работы в настоящее время.

Основными нормативными документами, устанавливающими требования к безопасному применению лакокрасочных и гидроизолирующих жидкостей в строительстве в настоящее время, являются ГОСТ 33290-2023²¹, СП 72.13330.2016²², Приказ Минтруда России от 02.12.2020 №849н «Об утверждении Правил по охране труда при выполнении окрасочных работ»²³, ГОСТ Р 72260-2025²⁴, СП 71.13330.2017²⁵. Методы и средства использования лакокрасочных и гидроизолирующих жидкостей, приведённые в указанных документах, не предусматривают применение беспилотных авиационных систем.

В информационном поле отмечаются предпосылки того, что в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ), энергетике и транспортной безопасности для обработки дорожных покрытий, проводов и железнодорожных путепроводов противогололедными материалами и противообледенительными веществами также будут применяться беспилотные авиационные системы [32].

Применение противогололедных материалов для обработки автомобильных дорог и территории населённых пунктов в России регламентируется ГОСТ Р 71880 – 2024²⁶, ГОСТ Р 58427-2020²⁷ и ГОСТ 33387-2015²⁸. Порядок применения

²¹ ГОСТ 33290-2023 «Материалы лакокрасочные, применяемые в строительстве. Общие технические условия».

²² СП 72.13330.2016 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. СНиП 3.04.03-85».

²³ Приказ Минтруда России от 02.12.2020 №849н «Об утверждении Правил по охране труда при выполнении окрасочных работ».

²⁴ ГОСТ Р 72260-2025 «Работы изоляционные. Устройство гидроизоляционного слоя на основе полимерных мастик в помещениях многоквартирных домов и общественных зданий. Правила и контроль выполнения работ».

²⁵ СП 71.13330.2017 «Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87».

²⁶ ГОСТ Р 71880 – 2024 «Дороги автомобильные общего пользования. Противогололедные материалы. Правила применения».

²⁷ ГОСТ Р 58427-2020 «Материалы противогололедные для применения на территории населённых пунктов. Общие технические условия».

²⁸ ГОСТ 33387-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Противогололедные материалы. Технические требования»

противообледенительных веществ в настоящее время определён только для защиты самолётов и установлен в ГОСТ Р 70891-2023²⁹, ГОСТ Р 54264-2010³⁰ и Руководстве по противообледенительной защите воздушных судов на земле ИКАО (DOC 9640-AN/940)³¹. Указанные документы определяют порядок применения химических веществ (противогололедных материалов и противообледенительных веществ) различными способами нанесения, включая использование специальных жидкостей, наносимых с помощью распылителей, установленных на специально оборудованных автомобилях или на подставках. Однако, применение беспилотных авиационных систем для этих целей действующими нормативными документами также не предусмотрено.

Обсуждение. Исследования, направленные на оценку как эффективности, так и безопасности применения химических веществ с помощью беспилотных летательных систем в различных сферах народного хозяйства, актуальны во всём мире [34-42]. Одной из основных целей таких исследований является формирование нормативной базы, регламентирующей обеспечение безопасности населения и персонала, а также исключение негативного влияния на окружающую среду.

Проведенный анализ имеющихся на данный момент нормативных документов, регламентирующих безопасное применение химических веществ посредством беспилотных авиационных систем для здоровья операторов, работников и населения в условиях потенциального воздействия химического фактора показал, что наиболее нормативно проработанным и изученным в научной литературе направлением в настоящее время является сельское хозяйство. Такое положение обусловлено тем, что именно сельское хозяйство стало первой, наиболее востребованной областью народного хозяйства, нуждающейся в гигиеническом нормировании процессов использования беспилотных авиационных систем для обработки масштабных сельскохозяйственных территорий пестицидами и агрохимикатами. Следующим по массовости и значимости направлением применения химических веществ посредством беспилотных авиационных систем является дезинфекция и дезинсекция, применяемая в медицинских целях, что также можно объяснить масштабными территориями и площадями, на которых необходимо проводить санитарную обработку. Особую роль в развитии данного направления сыграла пандемия COVID-19, вызванная коронавирусом SARS-CoV-2,

²⁹ ГОСТ Р 70891–2023 «Средства противообледенительной обработки самолётов. Общие требования».

³⁰ ГОСТ Р 54264-2010 «Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Методы и процедуры противообледенительной обработки самолётов. Общие требования».

³¹ Руководством по противообледенительной защите воздушных судов на земле ИКАО (DOC 9640-AN/940).

в результате которой возникла острая необходимость проводить санитарную обработку на значительных площадях. Нормативное регулирование дезинфекции и дезинсекции с помощью беспилотных авиационных систем проработано фрагментарно и охватывает лишь отдельные направления санитарной обработки, такие как борьба с насекомыми на открытой местности. Безопасность персонала и населения при дезинфекции помещений и животноводческих объектов в настоящее время нормативно не обеспечена.

Новизна настоящего исследования заключается в системном, межотраслевом подходе к анализу обеспеченности нормативными документами, регламентирующими применение химических веществ с помощью беспилотных авиационных систем. В отличие от работ, сфокусированных исключительно на сельском хозяйстве [16, 17, 21, 33 и др.] или отдельных трудов по дезинфекции [28, 29], впервые проведен комплексный анализ, охвативший различные области народного хозяйства, в которых применяются и планируются к применению химические вещества посредством беспилотных летательных аппаратов.

Практическая значимость работы состоит в идентификации существующих и появляющихся нормативных пробелов, которые необходимо учитывать при разработке дорожных карт дальнейшего нормотворчества в области безопасного применения химических веществ. Такие технологии, как окраска высотных сооружений или нанесение противогололедных жидкостей на провода ЛЭП [32], уже стремятся к выходу на рынок, но с точки зрения гигиенического нормирования находятся в «серой зоне»: существующие ГОСТы и правила по охране труда описывают ручной или механизированный способ нанесения и совершенно не учитывают риск ингаляционного и кожного воздействия аэрозолей, образующихся при работе с помощью беспилотных авиационных систем.

Тем не менее, результаты проведенного исследования имеют ряд ограничений. Во-первых, существует вероятность языкового смещения, так как анализировались только русско- и англоязычные источники, в результате чего ценный опыт Китая, являющегося мировым лидером в применении агродронов [8, 25], мог быть учтен не полностью. Полученные выводы носят качественный, аналитический характер и служат основой для формулирования гипотез в будущих экспериментальных работах. Во-вторых, быстрое развитие сферы беспилотных авиационных систем означает, что некоторые технологические новинки, особенно в сфере строительной робототехники, могли остаться за рамками анализа из-за их коммерческой закрытости.

В анализ были включены только публикации на русском и английском языках с 2020–2026. годы. Использование ограниченного числа баз данных не исключает возможности пропуска релевантных исследований, опубликованных в других источниках.

Заключение. Установлено, что наиболее проработанными в рассматриваемой области исследований являются документы, регламентирующие безопасное применение агрохимикатов в сельском хозяйстве. Определены перспективные направления нормотворчества в области применения химических веществ посредством беспилотных авиационных систем в таких сферах народного хозяйства, как медицин, ЖКХ, энергетика и транспортная безопасность. По данным направлениям в ближайшие годы потребуются разработка методических положений по организации и проведению токсиколого-гигиенических исследований в области оценки безопасности применения химических веществ. Полученные в ходе исследований результаты целесообразно учитывать при разработке дорожных карт дальнейшего нормотворчества в области безопасного применения химических веществ с использованием беспилотных систем.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка результатов - Микеров А.Н.

Концепция и дизайн исследования - Быков А.В.

Сбор материала и редактирование - Эрдниев Л.П.

Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Author contribution:

Research concept and design, material collection and data processing –Mikerv A.N.

Research concept and design – Bykov A.V.

Material collection and editing – Erdniev L.P.

All authors have reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Список литературы

1. Цепкова Г.А., Кузьмич В.Г., Гайдук С.В., Першко В.А. Актуальные вопросы профессиональных заболеваний, связанных с воздействием вредных производственных факторов химической этиологии. Medline.ru. 2023; Токсикология: 640-654.
2. Гизатуллина Д.З., Николаев М.А., Гайфуллина Р.Ф., Валеева Э.Р. Влияние химических веществ атмосферного воздуха и оценка риска для здоровья

населения города Казани. Оренбургский медицинский вестник. 2024; 3 (47): 14-17.

3. Рахманин Ю.А., Додина Н.С., Алексеева А.В. Современные методические подходы к оценке риска здоровью населения от воздействия химических веществ. Анализ риска здоровью. 2023; 4: 33-41.

4. Кожухова В.В., Чекулдова С.В. Беспилотные авиационные системы как инструмент снижения экологических рисков субъектов хозяйствования нефтегазового сектора. Экономика и предпринимательство. 2025; 8 (181): 1251-1255.

5. A brief review on unmanned aerial vehicles and its applications. ADALYA. 2020; 9 (12).

6. Аникаева А.Д., Мартюшев Д.А. Оценка потенциала применения беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли. Недропользование. 2020; 4 (20): 344-355.

7. Ликсо В.В. Дроны и робототехника. Большая энциклопедия. Издательство АСТ. 2023; – 161.

8. Wang N.A., Siegmann B., Rascher U. Comparison of a UAV and an airborne-based system to acquire far-red sun-induced chlorophyll fluorescence measurements over structurally different crops. Agricultural and forest meteorology. 2022; 323.

9. Жигалин А.А., Сазонова С.А. Использование БПЛА в строительстве. Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2024; 125-128.

10. Погонышев В.А., Погонышева Д.А., Ульянова Н.Д. Агродроны как инструмент цифровизации технического обеспечения растениеводства. Вестник брянской ГСХА. 2025; 4 (110): 56-61.

11. Kabiyeu A., Abayeva K., Malenko A. Use of uav in forestry. Science and world. 2022; 7 (107): 46-47.

12. Маколова Л.В., Вишняков Я.Д., Вишнякова С.П. Обеспечение комплексной безопасности транспортной деятельности с применением инновационных технологий. Вестник евразийской науки. 2024; 2 (16).

13. Лукманов Ф.Ф. Разработка методики применения беспилотных летательных аппаратов для тушения пожаров, проведения аварийно-спасательных, поисковых и других неотложных работ. Актуальные исследования. 2025; 2-1 (237): 41-43.

14. Альберг Н.И., Борисенкова О.П. Экологическое направление применения беспилотных летательных аппаратов. Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2025; 369–374.

15. Алпысбаева К.А., Бекназарова З.Б., Таишиков М.А. Инновационные технологии в защите растений: разработка и применение аппаратно-программного комплекса

для внесения энтомофагов с использованием БПЛА. Фитосанитария. Карантин растений. 2024; 4-3(20): 5.

16. Рахматуллин Д.А. Использование квадрокоптеров для мониторинга и внесения удобрений на сельскохозяйственных землях. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024; 3-2 (90):193-201.

17. Toscano F., Fiorentino C., Capece N., Erra U., Travascia D., Scopa A., Drosos M., D'antonio P. Unmanned aerial vehicle for precision agriculture: a review. IEEE ACCESS. 2024; 12: 69188-69205.

18. Абдыкадыров С.К., Исаева А.Э. Об экономической эффективности применения БПЛА в сельском хозяйстве. Вестник Ошского государственного университета. 2024; 5 (2): 97-103.

19. Кузнецов Р.В. Использование БПЛА в сельском хозяйстве как фактор повышения конкурентоспособности. Мировые цивилизации. 2024; 4 (9): 69-75.

20. Крухмалев А.В. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве: современные технологии и перспективы. International journal of advanced studies. 2025; 2 (15): 124-142.

21. Бадмаев А.Х. Международный опыт формирования инновационного потенциала сельского хозяйства и возможности его адаптации в условиях российской федерации. Инновации и продовольственная безопасность. 2025; 50 (4): 106-116.

22. Марченко Л.А., Артюшин А.А., Смирнов И.Г. Технология внесения пестицидов и удобрений беспилотными летательными аппаратами в цифровом сельском хозяйстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019; 5(13): 38-45.

23. Припоров И.Е., Богданов Р.П., Аленин П.В., Аушев М.Х. Перспективы внедрения беспилотных летательных аппаратов в сельское хозяйство для химической обработки растений. Известия оренбургского государственного аграрного университета. 2023; 3 (101): 191-195.

24. Ракитский В. Н. и др. Методические подходы к гигиенической оценке безопасных расстояний при выполнении сельскохозяйственных работ с помощью беспилотных авиационных систем // Гигиена и санитария. – 2024; 103 (11): 1405-1411.

25. Kramar V. UAS (drone) in response to coronavirus. Conference of open innovations association, FRUCT. 2020; 27: 90-100.

26. Мирошникова А.А. Пермякова О.Г. Применение БПЛА в медицине. Логистический аудит транспорта и цепей поставок. 2021; 342-344.

27. Горьков А.С., Журавлёв В.К., Горюнов М.А. Способ использования беспилотных летательных аппаратов для проведения дезинфекции. Современные научные исследования и инновации. 2022; 4(132): 342-344.
28. Жулев А.И., Рославцева С.А. Перспектива применения беспилотных летательных аппаратов для целей медицинской дезинсекции. Национальные приоритеты России. 2021; 3 (42): 250-252.
29. Горьков А.С., Боравкова О.В. Вариант использования беспилотных летательных аппаратов для проведения дезинфекции площадных объектов. 2022; 4(32): 9-13.
30. Рославцева С. А., Жулев А. И., Цветков Д. А. Применение беспилотных летательных аппаратов (беспилотных воздушных судов) для акарицидных обработок //Пест-Менеджмент. 2021; (120): 22.
31. Геворкян И. С. Необходимость усиления борьбы с переносчиками возбудителя туляремии в связи с современными изменениями климата //Национальные приоритеты России. 2021; 3 (42): 137-140.
32. Модорский В. Я. Беспилотный летательный аппарат для обработки проводов линии электропередач противообледенительным раствором. Рос. Федерация, пат. 2025109622 МПК В64U 10/13 (2023.01) В64U 101/45 (2023.01) H02G 7/16 (2006.01) B64D 1/18 (2006.01).
33. 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; 5 (91): 513-521.
34. Chen P. C., Qi H. X., Lin Z. X., Zhou J. K., Li J. W., Ouyang F. Effect of temperature and humidity on droplet deposition of unmanned agricultural aircraft system. International Journal of Plant Protection and Application. 2020; 3(3): 41-49.
35. Chongchong Chen, Shougen Li, Xiaoyi Wu, Yaxiong Wang, Feng Kang Analysis of droplet size uniformity and selection of spray parameters based on the biological optimum particle size theory. PMID: 34555405. 2022; 204: 112076.
36. Keener, H. M., et al. Assessing the potential of unmanned aerial vehicle spraying of aqueous ozone as an outdoor disinfectant for SARS-CoV-2. Environmental Research. 2021; 197: 110944.
37. Monica Lopes-Ferreira, Geonildo Rodrigo Disner, Sonia Corina Hess, Rubens Onofre Nodari. Carla Lima Critical analysis of the extensive aerial application of pesticides and its implications for human health. 2023; 7 (1): 31-36.
38. Xue Chen, Changling Wang, Mingyu Zhao, Zhaoyan Zhu, Tong Zhu, Jingyi Gao, Junxue Wu, Jiajun Han, Fanrong Zhao, Kai Wang Pesticide spray drift and risk assessment using unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer and traditional electric knapsack sprayer (EKS). Science of The Total Environment. 2025; 1005: 180866.

39. Chang Jo Kim, Xiu Yuan, Min Kim, Kee Sung Kyung & Hyun Ho Noh. Monitoring and risk analysis of residual pesticides drifted by unmanned aerial spraying. *Scientific Reports*. 2023; 13 (1): 10834.
40. Airborne transport of herbicides from UAV applications under varied operational and meteorological conditions. *Science of The Total Environment*. 2026; 1032: 181811
41. Pesticides negative effects risk assessment for respiratory system of farmers when using unmanned aerial vehicles. *Toxicology Letters (Supplement)*. 2025; 411: 295–296.
42. Pilarczyk M., Ulewicz R. The Impact of Technological Innovations in the Use of Plant Protection Products on Environmental and Worker Safety. *System Safety: Human - Technical Facility – Environment*. 2025; 7 (1): 184-193.

References:

1. Tsepkova GA, Kuzmich VG, Gaiduk SV et al. Topical issues of occupational diseases associated with exposure to harmful industrial factors of chemical etiology. *Medline.ru*. 2023; 24 (1): 640-654.
2. Gizatullina DZ, Nikolaev MA, Gaifullina RF et al. Impact of atmospheric air chemicals and health risk assessment for the population of the city of Kazan. *Orenburg Medical Herald*. 2024; 12 3(47): 14-17.
3. Rakhmanin Yu.A., Dodina N.S., Alekseeva A.V. Modern methodological approaches to assessing public health risks due to chemicals exposure. 2023; 4: 33-41.
4. Kozhukhova V.V., Chekuldova S.V. Unmanned aircraft systems as an instrument to reduce the environmental risks of oil and gas companies. 2025; 8 (181): 1251-1255.
5. A brief review on unmanned aerial vehicles and its applications. *ADALYA*. 2020; 9 (12).
6. Anikaeva A.D. Martyushev D.A. Assessment of the unmanned aerial vehicle potential application in the oil and gas industry. 2020; 4 (20): 344-355.
7. Likso V.V. Drones and Robotics. *The Great Encyclopedia*. Moscow: AST Publ.; 2023. 161 p.
8. Wang N.A., Siegmann B., Rascher U. Comparison of a UAV and an airborne-based system to acquire far-red sun-induced chlorophyll fluorescence measurements over structurally different crops. *Agricultural and forest meteorology*. 2022; 323.
9. Zhigalin A.A., Sazonova S.A. Use of UAVs in construction. 2024; 125-128.
10. POGONYSHEV V.A., POGONYSHEVA D.A., UL'YANOVA N.D., MILYUTINA E.M. Agrodrones as a tool for digitalization of technical plant growing support. 2025; 4 (110): 56-61.
11. Kabiyeu A., Abayeva K., Malenko A. Use of uav in forestry. *Science and world*. 2022; 7 (107): 46-47.

12. Makolova L.V., Vishnyakov YA.D., Vishnyakova S.P. Ensuring comprehensive safety of transport activities with the use of innovative technologies. 2024; 2 (16).
13. Lukmanov F.F. Development of a methodology for the use of unmanned aerial vehicles for extinguishing fires, conducting rescue, search and other urgent work. 2025; 2-1 (237): 41-43.
14. Alberg N.I., Borisenkova O.P. Environmental applications of unmanned aerial vehicles abstract. 2025; 369–374.
15. Alpysbayeva K.A., Beknazarova Z.B., Taishikov M.A. Innovative technologies in plant protection: development and application of a hardware-software complex for releasing entomophages using UAVs. 2024; 4-3(20): 5.
16. Rakhmatullin D.A. Using quadrocopters for monitoring and applying fertilizers on agricultural land. 2024; 3-2 (90):193-201.
17. Toscano F., Fiorentino C., Capece N., Erra U., Travascia D., Scopa A., Drosos M., D'antonio P. Unmanned aerial vehicle for precision agriculture: a review. IEEE ACCESS. 2024; 12: 69188-69205.
18. Abdykadyrov S.K., Isaeva A.E. On the economic efficiency of using uavs in agriculture. 2024; 5 (2): 97-103.
19. Kuznetsov R.V. The use of UAVs in agriculture as a factor of increasing competitiveness. 2024; 4 (9): 69-75.
20. Krukhmalev A.V. Use of unmanned aerial vehicles in agriculture: modern technologies and prospects. 2025; 2 (15): 124-142.
21. Badmaev A.KH. International experience in developing innovative potential in agriculture and the possibilities of its adaptation in the conditions of the russian federation. 2025; 50 (4): 106-116.
22. Marchenko L.A., Artushin A.A., Smirnov I.S., Mochkova T.V., Spiridonov A.Yu., Kurbanov R.K. Technology of pesticides and fertilizers application with unmanned aerial vehicles in digital agriculture. 2019; 5(13): 38-45.
23. Priporov I.E., Bogdanov R.P., Alenin P.V., Aushev M.KH. Prospects for the introduction of unmanned aerial vehicle in agriculture for chemical treatment of plants. 2023; 3 (101): 191-195.
24. Rakitskii V.N., Kuzmin S.V., Bereznyak I.V., Mishina A.L., Veshchemova T.E., Artyomova O.V., Methodological approaches to hygienic assessment of safe distances when performing agricultural work using unmanned aircraft systems. 2024; 103 (11): 1405-1411.
25. Kramar V. UAS (drone) in response to coronavirus. Conference of open innovations association, FRUCT. 2020; 27: 90-100.

26. Miroshnikova A.A., Permyakova O.G. The use of UAVs in medicine. Logistics audit of transport and supply chains 2021; 342-344.
27. Gorkov A.S., Zhuravlev V.K., Goryunov M.A. A method of using unmanned aerial vehicles for disinfection. Modern scientific research and innovations. 2022; 4(132): 342–344.
28. Roslavl'tseva S.A., Zhulev A.I. The prospect of using unmanned aerial vehicles for purposes of medical disinsection. 2021; 3 (42): 250-252.
29. Gorkov A.S., Boravkova O.V. Possibility of use of unmanned aerial vehicle for disinfection of area objects. 2022; 4(32): 9-13.
30. Roslavl'tseva S.A., Zulev A.I., Cvetkov D.A. The use of unmanned aerial vehicles for acaricide treatments. 2021; (120): 22.
31. Gevorkyan I.S. The need to strengthen the fight against vectors of the tularemia pathogen due to modern climate change. 2021; 3(42): 137–140.
32. Modorskiy V.Ya. An unmanned aerial vehicle for treating power line wires with an anti-icing solution. Russian Federation, patent 2025109622, IPC B64U 10/13 (2023.01) B64U 101/45 (2023.01) H02G 7/16 (2006.01) B64D 1/18 (2006.01)
33. Erdniev L.P., Kuzyanov D.A., Gusev YU.S., Mikerov A.N. The problematic issues of unmanned aerial vehicle application in agriculture. 2024; 5 (91): 513-521.
34. Chen P. C., Qi H. X., Lin Z. X., Zhou J. K., Li J. W., Ouyang F. Effect of temperature and humidity on droplet deposition of unmanned agricultural aircraft system. International Journal of Plant Protection and Application. 2020; 3(3): 41-49.
35. Chongchong Chen, Shougen Li, Xiaoyi Wu, Yaxiong Wang, Feng Kang Analysis of droplet size uniformity and selection of spray parameters based on the biological optimum particle size theory. PMID: 34555405. 2022; 204: 112076.
36. Keener, H. M., et al. Assessing the potential of unmanned aerial vehicle spraying of aqueous ozone as an outdoor disinfectant for SARS-CoV-2. Environmental Research. 2021; 197: 110944.
37. Monica Lopes-Ferreira, Geonildo Rodrigo Disner, Sonia Corina Hess, Rubens Onofre Nodari. Carla Lima Critical analysis of the extensive aerial application of pesticides and its implications for human health. 2023; 7 (1): 31-36.
38. Xue Chen, Changling Wang, Mingyu Zhao, Zhaoyan Zhu, Tong Zhu, Jingyi Gao, Junxue Wu, Jiajun Han, Fanrong Zhao, Kai Wang Pesticide spray drift and risk assessment using unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer and traditional electric knapsack sprayer (EKS). Science of The Total Environment. 2025; 1005: 180866.
39. Chang Jo Kim, Xiu Yuan, Min Kim, Kee Sung Kyung & Hyun Ho Noh. Monitoring and risk analysis of residual pesticides drifted by unmanned aerial spraying. Scientific Reports. 2023; 13 (1): 10834.

40. Airborne transport of herbicides from UAV applications under varied operational and meteorological conditions. *Science of The Total Environment*. 2026; 1032: 181811
41. Pesticides negative effects risk assessment for respiratory system of farmers when using unmanned aerial vehicles. *Toxicology Letters (Supplement)*. 2025; 411: 295–296.
42. Pilarczyk M., Ulewicz R. The Impact of Technological Innovations in the Use of Plant Protection Products on Environmental and Worker Safety. *System Safety: Human - Technical Facility – Environment*. 2025; 7 (1): 184-193.

Информация об авторах:

Быков Алексей Владимирович (Bykov A. V.) - к.т.н.; адрес: 410022, Саратов, ул. Заречная 1А, зд.1; старший научный сотрудник лаборатории гигиенических методов исследования факторов окружающей среды Саратовского МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора; (Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies»); e-mail: shniva995@mail.ru; тел. +79878052196; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5376-1148>.

Микеров Анатолий Николаевич (Mikerv A.N.) - д.б.н.; адрес: 410022, Саратов, ул. Заречная 1А, зд. 1; руководитель Саратовского МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора; профессор кафедры микробиологии Саратовского государственного медицинского университета им. В.И. Разумовского (Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies»; Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky); e-mail: mail@smncg.ru; тел. 8(845-2) 92-78-90; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0670-7918>.

Эрдниев Леонид Петрович (Erdniev L.P.) - к.м.н.; адрес: 410022, Саратов, ул. Заречная 1А, зд.1; ведущий научный сотрудник лаборатории гигиенических методов исследования факторов окружающей среды Саратовского МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора; (Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies»); e-mail: leonid-erdniev@yandex.ru; тел. 8(845-2) 92-78-90; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5187-7361>.

Поступила/Received: 23.06.2026

Принята в печать/Accepted: 24.06.2026