

EDN: <https://elibrary.ru/asqzik>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-309-315>

УДК 613.6.027

© Коллектив авторов, 2025

Бокарев М.А.<sup>1</sup>, Сафонова С.С.<sup>1</sup>, Гребеньков С.В.<sup>2</sup>**Гигиеническая оценка микробиологических показателей элементов рабочей среды операторов беспилотных летательных аппаратов**<sup>1</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России, ул. Академика Лебедева, 6, Санкт-Петербург, 194044;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Пискаревский пр-т, 47, Санкт-Петербург, 195067

**Введение.** Обладая уникальными свойствами, беспилотные летательные аппараты (БпЛА) широко используются в гражданском и военном секторах. С ростом спроса на специалистов-операторов БпЛА нарастает необходимость проведения оценки условий труда на рабочих местах операторов БпЛА. При этом особое внимание уделяется санитарно-гигиеническому контролю микробной обсеменённости элементов управления беспилотных аппаратов.

**Цель исследования** — микробиологическая оценка качественного и количественного состава микроорганизмов, контаминирующих органы управления БпЛА, для дальнейшей разработки профилактических мероприятий, направленных на предотвращение распространения инфекционных заболеваний среди операторов БпЛА.

**Материалы и методы.** В исследовании проводилась оценка количественного и качественного состава микроорганизмов на пультах управления, клавиатурах, видеоочках и видеошлемах операторов БпЛА с использованием как персонального, так и многопользовательского оборудования.

**Результаты.** В результате исследования микробной контаминации пультов управления, клавиатур, видеоочков и видеошлемов операторов БпЛА было установлено, что при эксплуатации оборудования в режиме многопользовательского доступа уровень микробной контаминации повышается в 2.9 раз по сравнению с персональным использованием. В ходе исследования были идентифицированы и проранжированы основные виды микроорганизмов, обитающих на поверхностях видеоочков, видеошлемов, клавиатур и пультов управления операторов БпЛА с целью дальнейшей разработки и совершенствования мероприятий по сохранению и укреплению здоровья вышеуказанных специалистов.

**Ограничения исследования.** Необходимо исследование эффективности и безопасности различных методов дезинфекции для материалов (пластик, стекло, резина и др.), применяемых для создания органов управления БпЛА. На сегодняшний момент до конца не изучено влияние использования очков и шлемов на орган зрения операторов БпЛА в перспективе длительного их использования в процессе профессиональной деятельности специалистов, что не позволяет в полной мере оценить риски для их здоровья. Требуется разработка новых решений для минимизации воздействия на орган зрения неблагоприятных факторов, в том числе и микробиологических, а также позволяющих минимизировать проявления конъюнктивальной симптоматики.

**Выводы.** Многопользовательское оборудование наиболее подвержено микробной контаминации, что увеличивает риск возникновения инфекционно-воспалительных заболеваний у операторов БпЛА. При использовании очков и шлемов наблюдаются более выраженные проявления конъюнктивальной симптоматики вследствие более близкого расположения к органу зрения и наличия дополнительных вентиляторов в их конструкции. Спектральный состав микроорганизмов, контаминирующих органы управления БпЛА, представлен, главным образом, представителями условно-патогенной флоры. Ведущая причина контаминации оборудования условно-патогенными и патогенными микроорганизмами заключается в ограничении возможности соблюдения правил личной гигиены операторами БпЛА и недостаточной обработке оборудования растворами дезинфицирующих средств.

**Этика.** Проведение исследования одобрено на заседании независимого Этического комитета при Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова 17.12. 2024 г. (Протокол № 297 от 17.12.2024 г.). Исследование проведено с соблюдением этических принципов и добровольного согласия участников.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты; операторы беспилотных летательных аппаратов; микробиологическая контаминация; пульт управления; клавиатура; видеоочки; видеошлемы

**Для цитирования:** Бокарев М.А., Сафонова С.С., Гребеньков С.В. Гигиеническая оценка микробиологических показателей элементов рабочей среды операторов беспилотных летательных аппаратов. *Мед. труда и пром. экол.* 2025; 65(5): 309–315. <https://elibrary.ru/asqzik> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-309-315>

**Для корреспонденции:** Сафонова Софья Сергеевна, e-mail: sofya-s-2021@mail.ru

**Участие авторов:**

Бокарев М.А. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование;

Сафонова С.С. — концепция и дизайн исследования, написание текста, сбор и обработка материала;

Гребеньков С.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 29.04.2025 / Дата принятия к печати: 07.05.2025 / Дата публикации: 05.07.2025

Mikhail A. Bokarev<sup>1</sup>, Sofia S. Safonova<sup>1</sup>, Sergey V. Grebenkov<sup>2</sup>**Hygienic assessment of microbiological parameters of elements of the working environment from operators of unmanned aerial vehicles**<sup>1</sup>Military Medical Academy named after S.M. Kirov, 6, Akademika Lebedeva St, St. Petersburg, 194044;<sup>2</sup>North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41, Kirochnaya St, St. Petersburg, 191015

**Introduction.** Due to their unique properties, unmanned aerial vehicles (UAVs) are widely used in the civil and military sectors. Due to the growing demand for specialist UAV operators, there is an increasing need to assess the working conditions at the workplaces of UAV operators. At the same time, special attention is paid to the sanitary and hygienic control of microbial contamination of the controls of unmanned vehicles.

**The study aims** to execute a microbiological assessment of the qualitative and quantitative composition of microorganisms polluting the controls of unmanned aerial vehicles in order to further develop preventive measures aimed at preventing the spread of infectious diseases among operators of unmanned aerial vehicles.

**Materials and methods.** The study assessed the quantitative and qualitative composition of microorganisms on control panels, keyboards, video cameras and video helmets of operators of unmanned aerial vehicles using both personal and multi-user equipment.

**Results.** As a result of the study of microbial contamination of control panels, keyboards, video glasses and video helmets of operators of unmanned aerial vehicles, it was found that when operating equipment in multiuser access mode, the level of microbial contamination increases 2.9 times compared with personal use. In the course of the study, experts identified and ranked the main types of microorganisms living on the surfaces of video glasses, video helmets, keyboards and control panels of operators of unmanned aerial vehicles, with the aim of further developing and improving measures to preserve and promote the health of the aforementioned specialists.

**Limitations.** It is necessary to study the effectiveness and safety of various disinfection methods for materials (plastic, glass, rubber, etc.) used to create UAV controls. To date, the impact of the use of glasses and helmets on the visual organ of operators of unmanned aerial vehicles in the long term of their use in the professional activities of specialists has not been fully studied, which does not allow fully assess the risks to their health. It is necessary to develop new solutions to minimize the impact of adverse factors on the organ of vision, including microbiological ones, as well as to minimize the manifestations of conjunctival symptoms.

**Conclusion.** *Multiuser equipment is most susceptible to microbial contamination, which increases the risk of infectious and inflammatory diseases among UAV operators. When using glasses and helmets, there are more pronounced manifestations of conjunctival symptoms due to their closer location to the organ of vision and the presence of additional fans in their design. The spectral composition of microorganisms contaminating UAV controls is mainly represented by representatives of opportunistic flora. The leading reason for contamination of equipment by opportunistic and pathogenic microorganisms is the limitation of the ability of UAV operators to comply with personal hygiene rules and insufficient treatment of equipment with disinfectant solutions.*

**Ethics.** The study was approved at a meeting of the Independent Ethics Committee at the Kirov Military Medical Academy on December 17, 2024 (Protocol No. 297 dated December 17, 2024). The study was conducted in compliance with ethical principles and the voluntary consent of the participants.

**Keywords:** *unmanned aerial vehicles; operators of unmanned aerial vehicles; microbiological contamination; control panel; keyboard; video glasses; video helmets*

**For citation:** Bokarev M.A., Safonova S.S., Grebenkov S.V. Hygienic assessment of microbiological parameters of elements of the working environment from operators of unmanned aerial vehicles. *Med. truda i prom. ekol.* 2025; 65(5): 309–315. <https://elibrary.ru/asqzik> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-5-309-315> (in Russian)

**For correspondence:** *Sofya S. Safonova*, e-mail: [sofya-s-2021@mail.ru](mailto:sofya-s-2021@mail.ru)

**Contributions:**

*Bokarev M.A.* — research concept and design, text writing, editing;

*Safonova S.S.* — research concept and design, text writing, collection and processing of material;

*Grebenkov S.V.* — concept and design of research, editing.

**Funding.** The study had no funding.

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

*Received: 29.04.2025 / Accepted: 07.05.2025 / Published: 05.07.2025*

**Введение.** Беспилотные летательные аппараты на сегодняшний день являются уникальными системами гражданского и военного назначения. Они предоставляют возможность осуществлять наблюдение за различными объектами, проводить разведку местности, рекогносцировку, а также осуществлять транспортировку грузов, что находит широкое применение в различных сферах деятельности человека [1].

БПЛА оптимизируют рабочие процессы и снижают риски для здоровья и жизни человека, особенно в сложных многоуровневых условиях профессиональной среды. В настоящее время их активно применяют в различных областях, таких как спасательные операции, ликвидация чрезвычайных ситуаций, обследование труднодоступных районов, тушение пожаров и доставка гуманитарной помощи, а также используют для мониторинга окружающей среды и наблюдения за дикой природой, в сельском хозяйстве, строительстве, телекоммуникациях, киноиндустрии, геологии, картографии, охране и безопасности, научных исследованиях и многих других областях [2]. При этом их применение продолжает расширяться, открывая новые возможности и перспективы. В последнее время особое значение БПЛА приобрели при проведении боевых операций.

Расширение областей и сфер применения БПЛА определяет необходимость массовой подготовки специалистов-операторов БПЛА. При этом вместе с ростом зна-

чимости и широким распространением профессии — оператор БПЛА — в различных областях деятельности повышается необходимость гигиенической оценки факторов условий труда в целях разработки и совершенствования профилактических мероприятий, направленных на сохранение и укрепление их здоровья и повышения работоспособности.

Гигиеническая оценка трудовой деятельности операторов БПЛА включает в себя анализ различных вредных производственных факторов (физических, химических, биологических), а также определение параметров тяжести и напряжённости трудового процесса [3].

Одним из ключевых аспектов оценки биологических факторов труда данных специалистов является оценка уровня микробиологического загрязнения рабочих поверхностей органов управления беспилотных систем [4].

Исследование микробиологической контаминации пультов управления, экранов, клавиатур, видеоочков и видеочаше БПЛА было направлено на изучение и оценку качественного и количественного состава микроорганизмов.

Основными путями передачи и накопления микробов на рабочих поверхностях являются воздушный и контактный. Микробиологический профиль представлен условно-патогенными и патогенными формами микроорганизмов. При этом условно-патогенные микроорганизмы при определённых условиях, так же, как и патогенные, способны

вызвать инфекционные заболевания дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта, кожи, глаз и других органов. Они составляют основную долю (до 95%) микроорганизмов, обнаруживаемых на поверхностях органов управления БПЛА.

Рабочие места операторов БПЛА могут оборудоваться как в стационарных, так и в полевых, приспособленных условиях, сильно различающихся по уровню коммунально-бытового обустройства и возможностям обеспечения санитарно-гигиенических норм.

Арсенал применяемого оператором БПЛА оборудования включает в себя следующие элементы управления беспилотной системой: пульты управления, клавиатуры, компьютерные мыши, сенсорные дисплеи, а также оборудование для визуализации и управления БПЛА.

В процессе обучения и работы операторы БПЛА могут использовать как персональные приборы, так и приборы общего пользования. Использование оборудования для многопользовательского доступа приводит к тому, что устройства используются большим количеством специалистов. Это, в свою очередь, повышает вероятность передачи возбудителей инфекционных заболеваний.

Кроме того, оператор, как биологический объект, сам является носителем микроорганизмов и выделяет их в воздух рабочего помещения, дополнительно контаминируя окружающие предметы, например пульты управления, клавиатуры, видеоочки, видеошлемы [5]. Повышению концентрации в воздухе и на поверхностях оборудования патогенной микрофлоры (прежде всего стафилококковой и стрептококковой) способствует повышенная температура воздуха, нарушение режима проветривания и уборки помещения, нарушение аэроионного состава воздуха [6, 7]. Распространению способствует смена пользователей оборудования без проведения адекватной дезинфекционной обработки. Загрязнённая одежда операторов также может вносить свой вклад в контаминацию приборов и оборудования [8].

Известно, что бактерии и вирусы могут длительное время сохранять контагиозность на различных поверхностях [9]. Например, вирус гриппа А способен выживать до 48 часов на сухой поверхности, коронавирус SARS жизнеспособен в течение 96 часов, а споры бактерий и плесневых грибов могут сохраняться на различных поверхностях в течение нескольких месяцев.

Конструкция большинства стандартных пультов управления, клавиатур, видеоочков, видеошлемов зачастую является хорошей средой для накопления возбудителей, поскольку пыль, скапливающаяся на поверхности, в швах и между кнопками создаёт благоприятные условия для накопления и выживания микроорганизмов в течение длительного времени. При этом дезинфекция оказывается недостаточной эффективной. Контаминации поверхности оборудования, в частности БПЛА, выполненного преимущественно из пластика, в незначительной степени способствуют пылевые частицы и аэрозоли за счёт накопленного статического электричества. Помимо этого, наличие микроорганизмов и плесени на оборудовании рабочих мест и БПЛА также создаёт предпосылки для развития аллергопатологии.

Анализируя условия труда специалистов, обслуживающих БПЛА следует учитывать и тот факт, что в процессе операторской деятельности наблюдается тенденция к снижению частоты моргания глаз, расширению глазной щели и, как следствие, происходит недостаточное увлаж-

нение глаз [10, 11]. Видеоочки и видеошлемы, в отличие от компьютерных мониторов, располагаются в непосредственной близости от глаз операторов, а наличие в их конструкциях вентиляторов для предотвращения запотевания экранов и линз очков, способствует ещё большему ускорению испарения влаги глаз [12, 13]. Данные процессы сопровождается часто жалобами на зрительный дискомфорт, чувство инородного тела, зуда, жжения в глазах, слезотечением и гиперемией области глаз [14]. Проявления конъюнктивальной симптоматики стимулируют операторов к механическому воздействию на глаза посредством рук, что увеличивает вероятность переноса микроорганизмов с поверхности рук в периорбитальную область [15]. Также, в известной степени, способствует распространению микроорганизмов в пределах зоны циркуляции воздуха работа вентиляторов [16]. Таким образом, вышеуказанные факторы создают предпосылки для накопления микроорганизмов и развития воспалительных процессов в области органов зрения операторов БПЛА [17].

**Цель исследования** — микробиологическая оценка качественного и количественного состава микроорганизмов, контаминирующих органы управления БПЛА, для дальнейшей разработки профилактических мероприятий, направленных на предотвращение распространения инфекционных заболеваний среди операторов БПЛА.

**Материалы и методы.** В рамках исследования были рассмотрены такие устройства, как пульты управления, клавиатуры, видеоочки и видеошлемы, используемые операторами БПЛА, проходящими обучение в центрах подготовки данных специалистов в городе Санкт-Петербурге. Микробиологические исследования проведены в соответствии с Методическими рекомендациями МР 4.2.0220-20 «Методы санитарно-бактериологического исследования микробной обсеменённости объектов внешней среды» (утверждённые Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 04.12.2020 г.) Количественный учёт микроорганизмов (колонии образующие единицы — КОЕ) на поверхностях исследуемого оборудования проводили методом смывов с последующим посевом на плотные питательные среды и инкубацией при температуре 37°C в течение 48 часов. Для идентификации микроорганизмов проводилось описание культуральных признаков выделенного микроорганизма; получение чистой суточной культуры путём посева на селективные и дифференциальные микробиологические среды; окрашивание по Граму с последующим микроскопированием препаратов. Обработка обследуемых поверхностей растворами дезинфицирующих средств до начала исследования не проводилась.

Было проведено анкетирование 168 операторов беспилотных летательных аппаратов с целью оценки жалоб на зрительный дискомфорт, возникающий при управлении БПЛА с использованием мониторов и видеоочков и видеошлемов, а также частоты, продолжительности эксплуатации и характера использования оборудования. Задача анкетирования состояла в том, чтобы количественно определить, при использовании каких средств визуализации, используемых для управления БПЛА, наиболее выражены конъюнктивальные симптомы. Опросник включал в себя 4 раздела по 10 вопросов в каждой категории. Характер, интенсивность и частота жалоб определялись многомерной оригинальной (авторской) анкетой, при этом оценивались частота (от 0 баллов — никогда до 5 баллов — очень часто).

Результаты исследования были обработаны при помощи стандартного пакета данных Microsoft Excel 2010.

**Результаты.** Проведённое анкетирование позволило определить основные жалобы на зрительный дискомфорт: чувство инородного тела («песка»), зуд в глазах, сухость глаз, чувство жжения, покраснение глазных яблок и напряжение глазных мышц (*табл. 1*).

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что управление БПЛА с использованием специализированных очков и шлемов может оказывать более значительное негативное воздействие на зрительный аппарат по сравнению с применением традиционных мониторов. Это обстоятельство, в сочетании с повышенным уровнем микробной обсеменённости, увеличивает риск развития инфекционных заболеваний органов зрения.

В процессе микробиологической части исследования нами был проведён количественный учёт микроорганизмов (колонии образующие единицы) на поверхностях,

проведённый методом смывов с последующим посевом на плотные питательные среды: мясопептонный агар, кровяной агар, желточно-солевой агар и среду Эндо и подсчётом числа выросших колоний микроорганизмов (*табл. 2*).

Последующая идентификация бактерий включала в себя: описание культуральных признаков выделенного микроорганизма, получение чистой суточной культуры путём посева на питательные среды; окрашивание по Грамму и микроскопирование препарата.

Исследованные образцы смывов с поверхностей показали рост микроорганизмов в 89,1 % случаях. Микрофлора была представлена следующим спектральным составом: *Staphylococcus spp.* (41,0%), *Micrococcus spp.* (30,2), *Bacillus spp.* (7,8%), *Staphylococcus aureus* (6,8%), *Corynebacterium spp.* (4,0%), *Enterococcus spp.* (3,0%), *Enterococcus faecalis* (3,0%), *Clostridium spp.* (2,0%), *Escherichia coli* (0,9%), *Candida spp.* (0,9%), *Neisseria spp.* (0,3%), *Streptobacillus spp.* (0,1%), (*рис. 1*).

Таблица 1 / Table 1

**Частота проявления конъюнктивальной симптоматики (%) в зависимости от используемого средства визуализации БПЛА**

**Frequency of conjunctival symptoms (%), depending on the UAV imaging tool used**

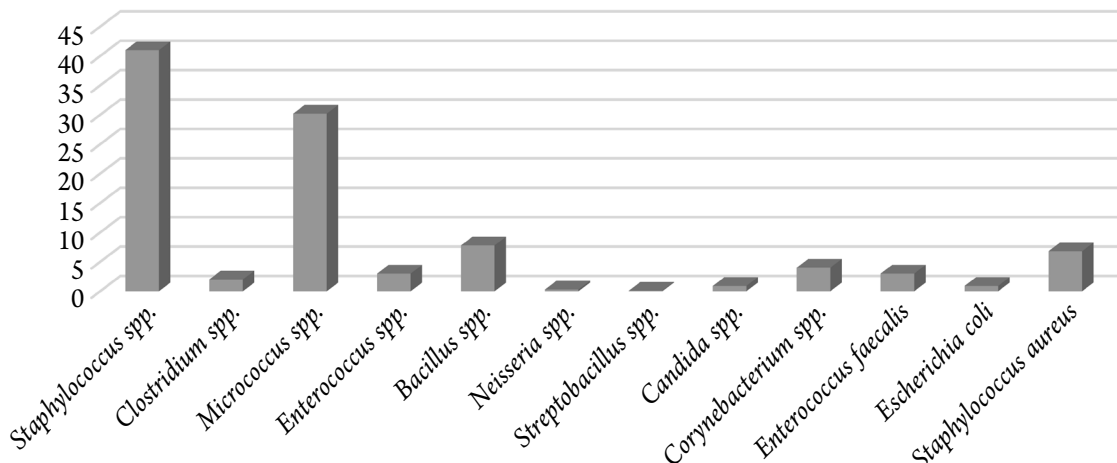
Симптомы / Symptoms	Очки и шлемы / Glasses and helmets	Компьютерные мониторы / Computer monitors
Сухость глаз / Dry eyes	79,6	35,7
Гиперемия конъюнктивы / Conjunctival hyperemia	96,3	47,1
Слезотечение / Lacrimation	71,7	12,3
Жжение и зуд / Burning and itching	34,1	9,6

Таблица 2 / Table 2

**Объём исследованного материала**  
**The volume of the studied material**

Санитарно-микробиологическое исследование поверхностей / Sanitary and microbiological examination of surfaces	Количество исследований / Number of studies	
	Объекты личного пользования / Objects of personal use	Объекты общего пользования / Objects of common use
Пульты управления / of control panels	36	54
Клавиатур / keyboards	27	43
Очков и шлемов / glasses and helmets	51	59

Процентное соотношение условно-патогенной микрофлоры / Percentage of conditionally pathogenic microflora



**Рис. 1. Спектральный состав микрофлоры поверхностей органов управления БПЛА**  
**Fig. 1. Spectral composition of the microflora of the UAV control surfaces.**

На приведённой диаграмме отчётливо прослеживается доминирование условно-патогенной микрофлоры, представленной преимущественно *Staphylococcus spp.* и *Micrococcus spp.*

Среди выделенных микроорганизмов преобладали грамположительные бактерии (56,8%). Удельный вес грамотрицательных бактерий составил 42,3%. Отдельно учитывался рост плесневых колоний, который наблюдался в 45% случаях. Результаты исследований показали, что бактериальному загрязнению подвержены 92% исследуемых клавиатур и 97% пультов управления, 91% очков и шлемов.

Дальнейший анализ полученных результатов позволил установить, что на оборудовании, предназначенном для совместного использования, микробная обсеменённость поверхностей значительно выше, чем на оборудо-

вании личного пользования. Так, для многопользовательских пультов управления, клавиатур, а также видеоочков и шлемов количественные показатели составили — 131 КОЕ/см<sup>2</sup>, 116 КОЕ/см<sup>2</sup>, 96 КОЕ/см<sup>2</sup> соответственно. В то время как для оборудования личного пользования данные показатели составили 31 КОЕ/см<sup>2</sup> для пультов управления, 29 КОЕ/см<sup>2</sup> для клавиатур, 18 КОЕ/см<sup>2</sup> для видеоочков и видеошлемов (рис. 2).

Также нами был проведён сравнительный анализ частоты выявления в процентах *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Bacillus cereus* на многопользовательском и персональном оборудовании (рис. 3).

*Staphylococcus aureus* является частью нормальной микрофлоры кожи и носовых пазух человека, при этом способен вызывать инфекционные заболевания. *Staphylococcus*

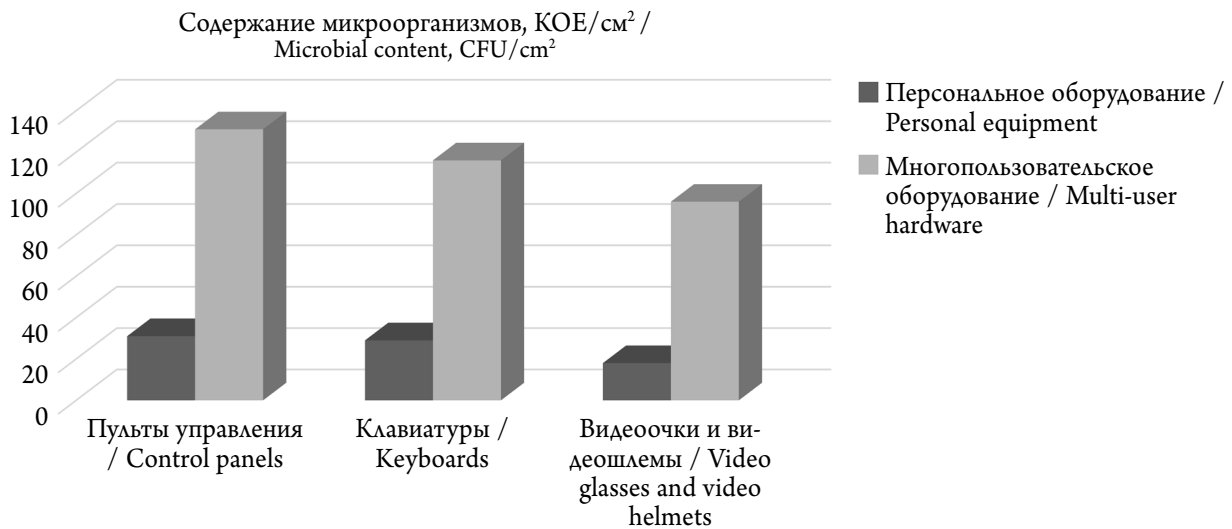


Рис. 2. Содержание микроорганизмов, КОЕ/см<sup>2</sup> для разных органов управления БПЛА  
Fig. 2. The content of microorganisms, CFU/cm<sup>2</sup> for different UAV controls

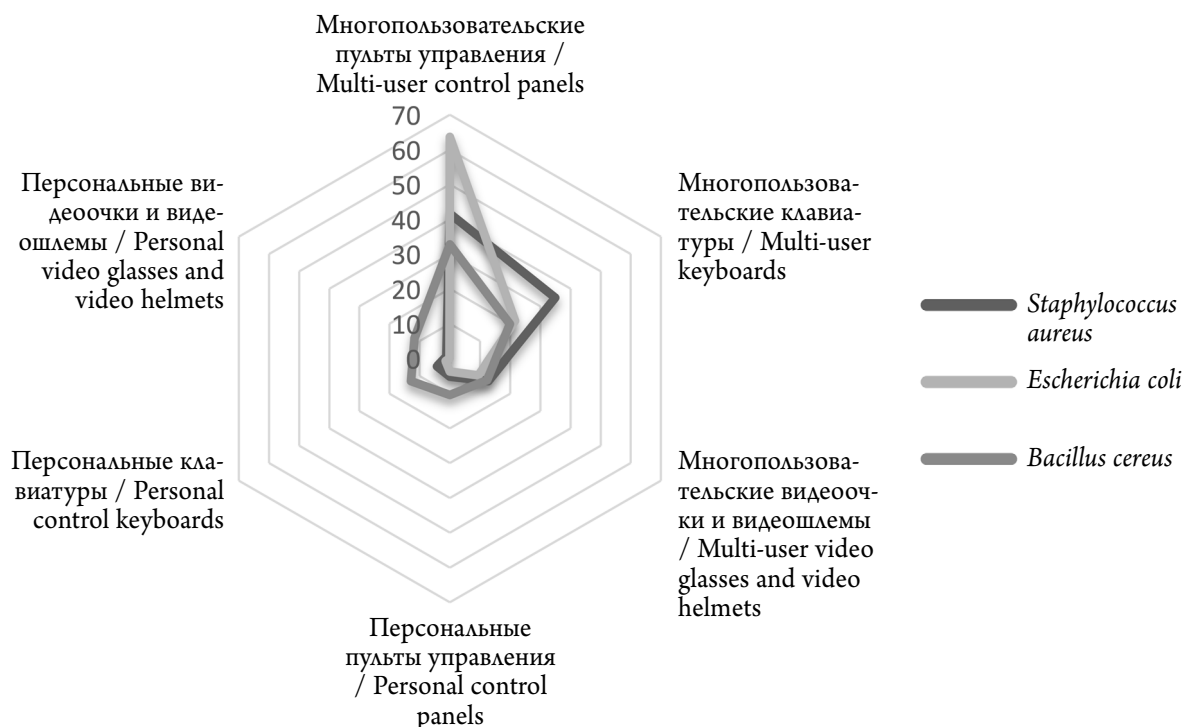


Рис. 3. Процентное распределение положительных результатов микробиологического анализа  
Fig. 3. Percentage distribution of positive results of microbiological analysis

*aureus* чаще всего обнаруживается на многопользовательских пультах управления (41,61%) и многопользовательских клавиатурах (34,95%), что указывает на их высокую контаминацию данными микроорганизмами.

Выделение бактерий, принадлежащих к семейству *Enterobacteriaceae*, в том числе *Escherichia coli*, а также *Enterococcus faecalis*, указывает на фекальное загрязнение элементов управления БПЛА. *Escherichia coli* наиболее распространена на многопользовательских пультах (63,67%), значительно реже выделение культуры наблюдалось на очках 1,44% и 0,13%).

Выделение *Bacillus cereus*, распространённой почвенной бактерии, свидетельствует о загрязнении окружающей среды более равномерно, но всё же данная группа чаще выявлялась на многопользовательских пультах (32,77%), клавиатурах (12,92%) и очках, и шлемах (11,71%).

Таким образом, многопользовательские устройства (пульты, клавиатуры, очки и шлемы) более подвержены микробной контаминации.

#### Выводы:

1. Многопользовательское оборудование наиболее подвержено микробной контаминации, что свидетельствует

о необходимости персонификации оборудования и проведения регулярной обработки приборов растворами дезинфицирующих средств.

2. Риск возникновения инфекционно-воспалительных заболеваний органа зрения выше при использовании очков и шлемов для управления БПЛА, по сравнению с использованием стандартных мониторов, находящихся на большем удалении от глаз.

3. Спектральный состав микроорганизмов, контаминирующих органы управления БПЛА, представлен главным образом, представителями условно-патогенной флоры: *Staphylococcus spp.*, *Clostridium spp.*, *Micrococcus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Bacillus spp.*, *Neisseria spp.*, *Streptobacillus spp.*, *Candida spp.*, *Corynebacterium spp.*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*.

4. Ведущей причиной контаминации оборудования условно-патогенными и патогенными микроорганизмами, можно назвать ограничение возможности соблюдения правил личной гигиены операторами БПЛА и недостаточную обработку оборудования растворами дезинфицирующих средств.

#### Список литературы

- Фетисов В.С., Неугодникова Л.М., Адамовский В.В., Красноперов Р.А. *Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние*. Уфа: ФОТОН; 2014.
- Горбунов А.А., Галимов А.Ф. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала. *Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России*. 2016; (2). <https://elibrary.ru/wazoxp>
- Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Р 2.2.2006-05. *Бюллетень нормативных и методических документов госсанэпиднадзора*. 2005; (3): 26–37.
- СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 28.01.2021. Введ. 01.03.2021.
- Лыков И.Н., Павлова О.П. Медико-экологические аспекты бактериальной контаминации воздуха и поверхностей офисов и учебных аудиторий. *Проблемы региональной экологии*. 2020; (2): 96–100. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2020-12096> <https://elibrary.ru/rmdshh>
- Вершинина М.В., Конев А.В. Оценка видового и количественного состава микробиоты компьютерных манипуляторов. В: *Актуальные проблемы ветеринарной науки и практики*. Омск: Омский ГАУ; 2020: 128–131. <https://elibrary.ru/jouaar>
- Столярова Е.С., Журавель И.В., Панасенко В.А. Микробиологическая оценка поверхности различных электронных устройств. В: Низамутдинова Н.С., ред. *Идеи молодых учёных — агропромышленному комплексу: инновационные технологии в ветеринарии и исследования в области ветеринарно-санитарной экспертизы*. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ; 2022: 86–91. <https://elibrary.ru/bqzzqg>
- Anderson G., Palombo E.A. Microbial contamination of computer keyboards in a university setting. *Am. J. Infect. Control*. 2009; 37(6): 507–509. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2008.10.032>
- Ansari S.A., Sattar S.A., Springthorpe V.S., Wells G.A. Rotavirus survival on human hands and transfer of infectious virus to animate and non-porous inanimate surfaces. *J. Clin. Microbiol.* 1988; 26: 1513–1518. <https://doi.org/10.1128/jcm.26.8.1513-1518.1988>
- Хасанова Н.Н., Агиров А.Х., Даутов Ю.Ю., Филимонова Т.А. Особенности развития утомления у профессионалов пользователей при работе на компьютере и его профилактика. *Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. 4: Естественно-математические и технические науки*. 2013; (2): 88–97. <https://elibrary.ru/rryimv>
- Шаповалов С.Л., Александров А.С. *Материалы к проблеме зрительного утомления операторов видеодисплейных терминалов*. М.: Гл. воен. клинич. госпиталь им. Н.Н. Бурденко; 1999.
- Ахмадеев Р.Р., Мухаммадеев Т.Р., Шайхутдинова Э.Ф., Хусниязова А.Р., Идрисова Л.Р., Тимербулатова М.Ф. Микрофлуктуации аккомодации как нейроофтальмологический показатель астенопии при пользовании девайсами. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2020; 15(4): 95–100. <https://elibrary.ru/ohccay>
- Ахмадеев Р.Р., Мухаммадеев Т.Р., Шайхутдинова Э.Ф., Хусниязова А.Р. Конъюнктивальный компонент компьютерного зрительного синдрома — причины и механизмы субъективных проявлений. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2024; 24(1): 2–6. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2024-24-1-1>
- Овечкин И.Г., Коновалов М.Е., Лексунов О.Г. и др. Основные субъективные проявления компьютерного зрительного синдрома. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14(3): 83–87. <https://elibrary.ru/arxnrp>
- Berg M. Skin problem in workers using visual display terminals. A study of 201 patients. *Contact Dermatitis*. 1988; 19(5): 335–341. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1988.tb02947.x>
- Moon J.H., Lee M.Y., Moon N.J. Association between video display terminal use and dry eye disease in school children. *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus*. 2014; 51(2): 87–92. <https://doi.org/10.3928/01913913-20140128-01>
- Зрянина Н.В., Кулганов В.А., Яковлев А.Г. Результаты изучения системы охраны труда и здоровья пользователей персональных электронно-вычислительных машин. *Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского*. 2016; (654): 198–207. <https://elibrary.ru/xnhihp>

## References

1. Fetisov V.S., Neugodnikova L.M., Adamovskii V.V., Krasnoperov R.A. *Unmanned aviation: terminology, classification, current state*. Ufa: FOTON; 2014. (in Russian).
2. Gorbunov A.A., Galimov A.F. The influence of meteorological factors on the use and flight safety of unmanned aerial vehicles with an onboard radio signal repeater. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii*. 2016; (2) <https://elibrary.ru/wazoxp> (in Russian).
3. Guidelines for the hygienic assessment of factors in the working environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions: R 2.2.2006-05. *Byulleten' normativnykh i metodicheskikh dokumentov gosudarstvennogo sanitarno-epidemiologicheskogo nadzora*. 2005; (3): 26–37 (in Russian).
4. SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans. Approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on 01/28/2021. Effective from 03/01/2021 (in Russian).
5. Lykov I.N., Pavlova O.P. Medical and ecological aspects of bacterial contamination of air and surfaces in offices and classrooms. *Problemy regional'noi ekologii*. 2020; (2): 96–100. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2020-12096> <https://elibrary.ru/rmdshm> (in Russian).
6. Vershinina M.V., Konev A.V. Assessment of the species and quantitative composition of the microbiota of computer manipulators. In: *Aktual'nye problemy veterinarnoi nauki i praktiki*. Omsk: Omskii GAU; 2020: 128–131 <https://elibrary.ru/jouaap> (in Russian).
7. Stolyarova E.S., Zhuravel' I.V., Panasenko V.A. [Microbiological assessment of the surface of various electronic devices]. In: *Nizamutdinova N.S., ed. Idei molodykh uchenykh – agropromyshlennomu kompleksu: innovatsionnye tekhnologii v veterinarii i issledovaniya v oblasti veterinarno-sanitarnoi ekspertizy*. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skii GAU; 2022: 86–91 <https://elibrary.ru/bqzqg> (in Russian).
8. Anderson G., Palombo E.A. Microbial contamination of computer keyboards in a university setting. *Am. J. Infect. Control*. 2009; 37(6): 507–509. <https://doi.org/10.1016/j.jaic.2008.10.032>
9. Ansari S.A., Sattar S.A., Springthorpe V.S., Wells G.A. Rotavirus survival on human hands and transfer of infectious virus to animate and non-porous inanimate surfaces. *J. Clin. Microbiol.* 1988; 26: 1513–1518. <https://doi.org/10.1128/jcm.26.8.1513-1518.1988>
10. Khasanova N.N., Agirov A.Kh., Dautov Yu.Yu., Filimonova T.A. Features of fatigue development in professional computer users and its prevention. *Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*. 2013; (2): 88–97 <https://elibrary.ru/rryimv> (in Russian).
11. Shapovalov S.L., Aleksandrov A.S. *Materials on the problem of visual fatigue in video display terminal operators*. Moscow: Gl. voen. klinich. hospital' im. N.N. Burdenko; 1999 (in Russian).
12. Akhmadeev R.R., Mukhamadeev T.R., Shaikhutdinova E.F., Khusniyarova A.R., Idrisova L.R., Timerbulatova M.F. Microfluctuations of accommodation as a neuro-ophthalmological indicator of asthenopia when using devices. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana*. 2020; 15(4): 95–100 <https://elibrary.ru/ohccay> (in Russian).
13. Akhmadeev R.R., Mukhamadeev T.R., Shaikhutdinova E.F., Khusniyarova A.R. Conjunctival component of computer vision syndrome — causes and mechanisms of subjective manifestations. *RMZh. Klinicheskaya oftalmologiya*. 2024; 24(1): 2–6. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2024-24-1-1> (in Russian).
14. Ovechkin I.G., Konovalov M.E., Leksunov O.G., et al. The main subjective manifestations of computer vision syndrome. *Rossiiskii oftalmologicheskii zhurnal*. 2021; 14(3): 83–87. <https://elibrary.ru/arxnrp> (in Russian).
15. Berg M. Skin problem in workers using visual display terminals. A study of 201 patients. *Contact Dermatitis*. 1988; 19(5): 335–341. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1988.tb02947.x>
16. Moon J.H., Lee M.Y., Moon N.J. Association between video display terminal use and dry eye disease in school children. *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus*. 2014; 51(2): 87–92. <https://doi.org/10.3928/01913913-20140128-01>
17. Zryanina N.V., Kulganov V.A., Yakovlev A.G. Results of studying the occupational health and safety system for personal computer users. *Trudy VoЕННО-kosmicheskoi akademii imeni A.F. Mozhaiskogo*. 2016; (654): 198–207 <https://elibrary.ru/xxnihp> (in Russian).

## Сведения об авторах:

Бокарев Михаил Александрович

зам. начальника кафедры общей и военной гигиены, с курсом военно-морской и радиационной гигиены, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России, канд. мед. наук, доцент.

E-mail: [mikhailbokarevspb@rambler.ru](mailto:mikhailbokarevspb@rambler.ru)

<https://orcid.org/0009-0000-4558-0932>

Сафонова Софья Сергеевна

адъюнкт Военно-медицинской академии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России.

E-mail: [sofya-s-2021@mail.ru](mailto:sofya-s-2021@mail.ru)

<https://orcid.org/0009-0003-7654-4821>

Гребеньков Сергей Васильевич

зав. кафедрой медицины труда ФГБВОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, д-р мед. наук, проф.

E-mail: [sergey.grebenkov@gmail.com](mailto:sergey.grebenkov@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-7124-2504>

## About the authors:

Mikhail A. Bokarev

Deputy Head of the Department (General and Military Hygiene, with a course in naval and radiation hygiene), Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Cand. of Sci. (Med.), Docent.

E-mail: [mikhailbokarevspb@rambler.ru](mailto:mikhailbokarevspb@rambler.ru)

<https://orcid.org/0009-0000-4558-0932>

Sofya S. Safonova

Associate Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov.

E-mail: [sofya-s-2021@mail.ru](mailto:sofya-s-2021@mail.ru)

<https://orcid.org/0009-0003-7654-4821>

Sergey V. Grebenkov

Head of the Department of Occupational Medicine, North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Dr. of Sci. (Med.), Professor.

E-mail: [sergey.grebenkov@gmail.com](mailto:sergey.grebenkov@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-7124-2504>