

<https://doi.org/10.31631/2073-3046-2022-21-6-13-23>

## Особенности вирусно-бактериальной контаминации объектов больничной среды инфекционного госпиталя для лечения больных COVID-19 в период пандемии

И. А. Егоров<sup>1</sup>, С. С. Смирнова\*<sup>1,2</sup>, В. А. Мищенко<sup>1</sup>, И. В. Вялых<sup>1</sup>, А. Ю. Маркарян<sup>1</sup>, Н. Н. Жуйков<sup>1</sup>, С. В. Романов<sup>4</sup>, А. В. Пономарёва<sup>5</sup>, И. В. Чистякова<sup>4</sup>, А. С. Килячина<sup>4</sup>, О. Ю. Аверьянов<sup>3</sup>, В. А. Смирнова<sup>3</sup>, А. Н. Большакова<sup>3</sup>, Е. В. Верник<sup>4</sup>, Н. А. Пушкарёва<sup>4</sup>, А. В. Семёнов<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup> ЕНИИВИ ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург

<sup>3</sup> ГАУЗ СО «Областная детская клиническая больница», г. Екатеринбург

<sup>4</sup> ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», г. Екатеринбург

<sup>5</sup> Управление Роспотребнадзора по Свердловской области, г. Екатеринбург

<sup>6</sup> Институт естественных наук и математики Уральского федерального университета имени Первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

### Резюме

**Актуальность.** В условиях пандемии COVID-19 в развёрнутой широкой сети госпиталей для лечения больных, инфицированных SARS-CoV-2, возникают высокие риски контаминации объектов окружающей среды больниц и самих пациентов, что может приводить к развитию экзогенной внутрибольничной инфекции. **Цель.** Изучить особенности вирусно-бактериальной контаминации объектов больничной среды госпиталя для лечения больных, инфицированных SARS-CoV-2 в период пандемии COVID-19. **Материалы и методы.** Проведено исследование на наличие РНК SARS-CoV-2 и условно-патогенных микроорганизмов 343 проб с объектов внешней среды инфекционного госпиталя для лечения больных COVID-19 в процессе его плановой работы в течение трёх суток по 20 унифицированным точкам отбора: в зоне пребывания пациентов, общепольничной зоне, а также с наружной поверхности средств индивидуальной защиты медицинского персонала (комбинезоны, перчатки). В исследовании применяли эпидемиологические (описательно-оценочный и аналитический), молекулярно-генетические (ОТ-ПЦР, секвенирование), бактериологические и статистические методы исследования. **Результаты и их обсуждение.** В ходе исследования установлен высокий уровень вирусно-бактериальной контаминации объектов внешней среды реанимационного отделения инфекционного госпиталя для лечения больных с COVID-19 – 11,1%, в т.ч. объекты общепольничной среды – 9,3% (рабочее место врача – 16,7%); зона нахождения пациента – 13,9% (электроотсос – 27,8%, аппарат ИВЛ, манипуляционный стол – по 16,7%); наружная поверхность перчаток персонала – 21,1–38,9%; наружная поверхность защитных комбинезонов персонала – 44,4–50,0%. SARS-CoV-2, выделенный с объектов внешней среды госпиталя, относился к генетическому варианту B.1.617.1 DELTA, что соответствовало специфике эпидемиологической ситуации на момент проведения исследования. В структуре условно-патогенной микрофлоры преобладали *Enterococcus faecalis* (38,1%), *Klebsiella pneumoniae* (21,4%) и *Escherichia coli* (16,7%), которые продемонстрировали высокий уровень резистентности (к 3-м и более группам антибиотиков). **Заключение.** Первоначально основными источниками контаминации объектов больничной среды SARS-CoV-2, скорее всего, были пациенты. Дальнейшая контаминация объектов больничной среды инфекционного госпиталя вирусами и условно-патогенной микрофлорой происходила при непосредственном участии медицинского персонала. Сложившаяся ситуация требует пересмотра подходов к правилам дезинфекции, применению СИЗ и антисептической обработке рук работников инфекционного госпиталя в условиях пандемии COVID-19, а также продолжительности времени работы персонала.

**Ключевые слова:** инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, вирусы, SARS-CoV-2, COVID-19, бактерии, объекты окружающей среды, контаминация, инфекционный госпиталь

Конфликт интересов не заявлен.

\* Для переписки: Смирнова Светлана Сергеевна, к. м. н, ведущий научный сотрудник, руководитель Урало-Сибирского научно-методического центра по профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, Екатеринбургского НИИ вирусных инфекций ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора; доцент кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23. +7(908) 917-59-86, [smirnova\\_ss69@mail.ru](mailto:smirnova_ss69@mail.ru). ©Егоров И. А. и др.

**Для цитирования:** Егоров И. А., Смирнова С. С., Мищенко В. А. и др. Особенности вирусно-бактериальной контаминации объектов больничной среды инфекционного госпиталя для лечения больных COVID-19 в период пандемии. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2022;21(6): 13–23. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2022-21-6-13-23>

### Characteristic of Viral and Bacterial Contamination in Objects of the Infection

#### Hospital Environment of the Hospital for the Treatment of Patients with COVID-19 During the Pandemic Period

IA Egorov<sup>1</sup>, SS Smirnova<sup>\*1,2</sup>, VA Mishchenko<sup>1</sup>, IV Vialykh<sup>1</sup>, AYU Markarian<sup>1</sup>, NN Zhuikov<sup>1</sup>, SV Romanov<sup>4</sup>, AV Ponomareva<sup>5</sup>, IV Chistiakova<sup>4</sup>, AS Kiliachina<sup>4</sup>, OYu Averianov<sup>3</sup>, VA Smirnova<sup>3</sup>, AN Bolshakova<sup>3</sup>, EV Vernik<sup>4</sup>, NA Pushkareva<sup>4</sup>, AV Semenov<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup>Yekaterinburg Research Institute of Virus Infections «Vector», Rospotrebnadzor, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ural State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia

<sup>3</sup>Regional Children's Clinical Hospital, Yekaterinburg, Russia

<sup>4</sup>Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region, Yekaterinburg, Russia

<sup>5</sup>Department of Rospotrebnadzor in the Sverdlovsk Region, Yekaterinburg, Russia

<sup>6</sup>Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

#### Abstract

**Relevance.** Due to the COVID-19 pandemic a infectious diseases hospitals nationwide network has been deployed to treat patients infected with SARS-CoV-2. The principles of their formation with a strict division into «infectious» and «clean» zones, despite the epidemiological justification, lead to the formation of a dynamic artificially created closed ecosystem. In such an ecosystem, on the one hand, patients who undergo a wide range of invasive and aggressive therapeutic and diagnostic manipulations, and medical personnel stay for a long time, on the other hand, pathogens of a viral and bacterial nature that can adapt to hospital conditions and form resistant strains circulate. As a result, high risks of contamination of environmental objects of hospitals and patients themselves are created, which can lead to the development of exogenous nosocomial infection. **Aims.** To study the features of viral and bacterial contamination of objects in the hospital environment of the infectious diseases hospital for the treatment of patients infected with SARS-CoV-2 during the COVID-19 pandemic. **Materials and methods.** A study was conducted on 343 samples from the external environment of the infectious diseases hospital for COVID-19 patients' treatment during its planned work. Sample collection was performed during three days (Tuesday, Thursday, Sunday) at 20 unified sampling points: in the area where patients general hospital area as well as from the outer surface of personal protective equipment for medical personnel (overalls, gloves). The study used epidemiological (descriptive-evaluative and analytical), molecular genetic (SARS-CoV-2 PCR-RT, sequencing), bacteriological (isolation, cultivation and MALDI-TOF identification of bacterial cultures) methods. Statistical significance of differences was assessed by Fisher's point test ( $\varphi$ ). Differences were considered significant at  $p \leq 0.05$ . Statistical data processing was carried out using the Microsoft Office 2010 application package, the online resource <https://medstatistic.ru/>, ST Statistica 10. **Results.** The study demonstrated a high level of viral and bacterial contamination of environmental objects in the intensive care unit of the infectious diseases hospital for COVID-19 patients treatment – 11.1%, incl. objects of the general hospital environment – 9.3% (doctor's workplace – 16.7%); patient location area – 13.9% (electric pump – 27.8%, mechanical ventilation, manipulation table – 16.7% each); the outer surface of personnel gloves – 21.1–38.9%; the outer surface of protective overalls for personnel – 44.4–50.0%. SARS-CoV-2 isolated from the objects of the external environment of the hospital belonged to the genetic variant B.1.617.1 DELTA, which corresponded to the epidemiological situation at sampling collection period. The opportunistic microflora structure was dominated by *Enterococcus faecalis* (38.1%), *Klebsiella pneumoniae* (21.4%) and *Escherichia coli* (16.7%), which demonstrated a high level of resistance (to 3 or more groups of antibiotics). **Conclusion.** Initially, the main sources of the infectious diseases hospital environmental objects contamination with SARS-CoV-2 are most likely patients. Further contamination of the infectious diseases hospital environmental objects with viruses and opportunistic microflora occurs with the medical personnel direct participation. The current situation requires a review of approaches to the rules for disinfection, the PPE use and employees hands antiseptic treatment in infectious diseases hospital during the COVID-19 pandemic, as well as the length of staff work period length.

**Keywords:** healthcare-associated infections, viruses, SARS-CoV-2, COVID-19, bacteria, environmental objects, contamination, infectious diseases hospital

No conflict of interest to declare.

**For citation:** Egorov IA, Smirnova SS, Mishchenko VA et al. Characteristic of viral and bacterial contamination in objects of the infection hospital environment of the hospital for the treatment of patients with COVID-19 during the pandemic period. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2022;21(6): 13–23 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2022-21-6-13-23>

\* For correspondence: Smirnova Svetlana S., Cand. Sci. (Med.), leading researcher, head of the Ural-Siberian scientific-methodological center for the prevention of health-care-related infections of Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Yekaterinburg; associate Professor of the Department of epidemiology, social hygiene and organization of sanitary-epidemiological service of Ural State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 23 Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russia. +7(908) 917-59-86, [smirnova\\_ss69@mail.ru](mailto:smirnova_ss69@mail.ru). ©Egorov IA, et al.

## Введение

Пандемия COVID-19 стала серьёзным испытанием для современной системы здравоохранения. Высокий эпидемический потенциал вируса SARS-CoV-2 показал необходимость в развёртывании специально оборудованных структурных подразделений медицинских организаций (МО) – инфекционных госпиталей для лечения больных, инфицированных SARS-CoV-2 [1].

Принципы формирования инфекционных госпиталей закреплены в законодательных актах Российской Федерации и основаны на жёстком разделении на «красную» (грязную) и «зелёную» (чистую) зоны, что эпидемиологически оправданно с точки зрения внутрибольничного распространения SARS-CoV-2, в первую очередь среди медицинского персонала [2]. Однако в инфекционных госпиталях возникают условия для формирования динамической, искусственно созданной закрытой экосистемы. В этой экосистеме находятся как длительно пребывающие пациенты, которым проводят широкий спектр инвазивных и агрессивных лечебно-диагностических манипуляций, так и медицинский персонал. Использование сложного комплекта средств индивидуальной защиты (СИЗ) персонала, применение нескольких пар медицинских перчаток, длительная рабочая смена приводят к нарушению отработанных технологий профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП). Сложившиеся условия ведут к активной циркуляции возбудителей ИСМП вирусной и бактериальной природы, с формированием у них адаптации к больничным условиям и селекции резистентных штаммов возбудителей. Это усугубляет эпидемиологическую ситуацию в инфекционных госпиталях, ведёт к высоким рискам контаминации объектов окружающей среды больниц и самих пациентов, с последующим развитием экзогенной внутрибольничной инфекции [3].

В условиях пандемии COVID-19 исследования по обнаружению вируса SARS-CoV-2 на различных объектах больничной среды проводили в различных странах мира: Китае (Songjie Wu, et al., 2020), Южной Корее (Byung-Han Ryu, et al., 2020), США (Coil D. A., et al., 2021), Англии (Moore G., et al., 2021) [4–6]. Не меньший интерес у исследователей вызывает изучение свойств циркулирующих агентов бактериальной природы, в том числе их антибиотикорезистентность (Shemse Sebre, et al., 2020; Laila Chaoui, et al., 2019; Entsar H. Ahmed, et al., 2019; F Cyr Doscoph Afle, et al., 2019), однако эти исследования осуществлены в стационарах медицинских организаций, оказывающих плановую медицинскую помощь населению [7–10].

Исследование, проведённое в Англии (Moore G., et al., 2021), совмещало в себе изучение контаминации объектов больничной среды ПНК SARS-CoV-2 и бактериями, однако в ходе него не проводили секвенирование и родо-видовую характеристику выделенных бактерий [6].

В обстоятельствах продолжающейся пандемии COVID-19 создается необходимость в совместной оценке вирусной и бактериальной контаминации объектов окружающей среды «красной зоны» инфекционных госпиталей для лечения больных с COVID-19 с целью разработки целенаправленных профилактических и противоэпидемических мероприятий, направленных на снижение риска развития ИСМП у пациентов и персонала инфекционных госпиталей в период пандемии COVID-19.

**Цель исследования** – изучить особенности вирусно-бактериальной контаминации объектов больничной среды инфекционного госпиталя для лечения больных, инфицированных SARS-CoV-2, в период пандемии COVID-19.

## Материалы и методы

Исследование проведено в октябре–ноябре 2021 г. на базе одного из учреждений здравоохранения Свердловской области, где был развёрнут инфекционный госпиталь для лечения больных с COVID-19.

Исследованы 343 пробы смывов для выявления ПНК SARS-CoV-2 и выделения условно-патогенных микроорганизмов с объектов внешней среды инфекционного госпиталя для лечения больных COVID-19 в процессе его плановой работы. Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

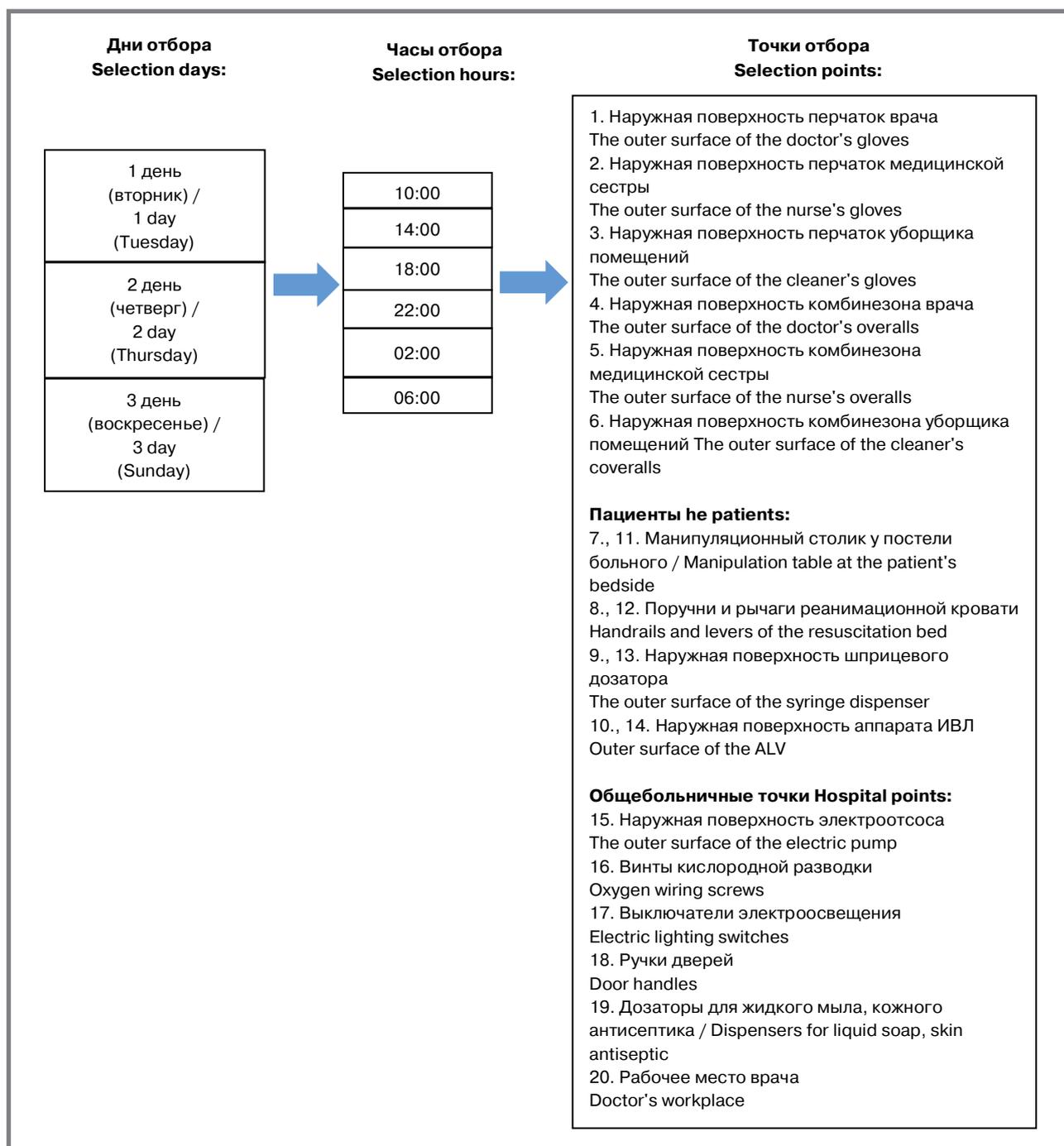
Смывы брали одновременно двумя стерильными тампонами с каждой унифицированной точки. После процедуры взятия смыва для обнаружения ПНК SARS-CoV-2 тампон погружали в стерильные одноразовые пробирки, наполненные 2 мл транспортной среды для вирусов (ООО «Полигем»), для определения условно-патогенных бактерий – в стерильные стеклянные пробирки с пептонной водой. В динамике с каждой из 20 унифицированных точек было взято 17–18 проб смывов (см. рис. 1).

Хранение, подготовку проб к транспортированию и транспортировку осуществляли в соответствии с МР 3.1.0196-20 «Профилактика инфекционных болезней».

В исследовании применяли эпидемиологические (описательно-оценочный и аналитический), молекулярно-генетические (ОТ-ПЦР, секвенирование), бактериологические и статистические методы исследований. При анализе полученных данных применяли общепринятые статистические приемы. Данные представлены в виде абсолютных и относительных величин (%).

ПНК SARS-CoV-2 в образцах выявляли в соответствии с МР 3.1.0196-20 «Выявление возбудителя COVID-19 в образцах внешней среды» и МУК 4.2.2942-11 «Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях» и инструкцией к проведению ПЦР в реальном времени с применением тест-системы АмплиСенс® Cov-Bat-FL, для выделения нуклеиновых кислот из исследуемых проб использовали

**Рисунок 1. Дизайн исследования**  
**Figure 1. Research design**



набор «РИБО-преп», для проведения обратной транскрипции применяли набор «Реверта-L» (ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва).

Для секвенирования SARS-CoV-2 проводили амплификацию локусов гена, кодирующего S-белок, с помощью олигонуклеотидных праймеров из Протокола Университета Женевы (Geneva, December 26th, 2020, Rue Gabrielle-Perret-Gentil 4, 1211 Geneva 14, Switzerland; MP 3.1.0272-22.3.1. «Профилактика инфекционных болезней. Молекулярно-генетический мониторинг штаммов возбудителя новой коронавирусной инфекции»)

и определяли нуклеотидную последовательность по Сэнгеру.

**Праймеры для проведения ПЦР:**

1. CACV\_55\_F: atggaaccattacagatgctgtag и R47: catatgagttgtgacatgttcag, фланкирующие фрагмент гена S-белка размером 1068 п.н.
2. F44: tctctcttagtaaaggtagactt и CACV\_51\_R: gagggagatcacgcactaaa, фланкируют фрагмент гена S-белка размером 570 п.н.

Реакцию амплификации осуществляли с применением набора ScreenMix-HS (ЗАО «Евроген»,

Россия). В реакционную смесь набора ScreenMix-NS объемом 25 мкл вносили 10 мкл выделенной кДНК с добавлением 1 пМ прямого и обратного праймеров. Амплификацию осуществляли на амплификаторе MyiQ™ («Bio-Rad», США) по программе 95 °C – 5 мин; 35 циклов 95 °C – 20 с, 55 °C – 20 с, 72 °C – 40 с; 72 °C – 2 мин.

Продукты амплификации очищали в геле с использованием Cleanup Standard (ЗАО «Евроген», Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Для получения меченых ампликонов использовали набор BigDye® Terminator v3.1 Cycle (Thermo FS, США), как указано в инструкции к препарату. Секвенирование полученных фрагментов ДНК выполняли на генетическом анализаторе Honor 1616 HID (Nanjing Superyears Gene Technology Co., Ltd., Китай), для выравнивания и анализа полученных последовательностей применяли программу MEGA 7.0.

Для дифференциации геновариантов ВЭП (категория «высокий эпидемиологический потенциал») вируса SARS-CoV-2 определяли наличие мутаций S-гена. Нумерация нуклеотидных остатков приведена относительно нуклеотидной последовательности референс-штамма Wuhan-Hu-1 (GenBank: NC\_045512.2).

Фенотипические свойства циркулирующей микрофлоры устанавливали бактериологическим методом с подтверждением чистоты культуры, постановкой биохимических рядов. Оценку антибиотикорезистентности выделенных штаммов выполняли с помощью автоматического бактериологического анализатора VITEK® 2 Compact (bioMérieux SA, Франция) и классическим полуколичественным диско-диффузионным методом.

Статистическую значимость различий оценивали по точечному критерию Фишера ( $\phi$ ). Различия считали достоверными при  $p \leq 0,05$ . Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office 2010, онлайн-ресурса <https://medstatistic.ru/>, ПС Statistica 10.

### Результаты и обсуждение

Инфекционный госпиталь для лечения больных COVID-19 находился в отдельно стоящем корпусе на территории многопрофильной медицинской организации. Медицинская помощь оказывалась пациентам (беременным женщинам и детям), инфицированным SARS-CoV-2 со средне-тяжелым и тяжелым клиническим течением заболевания.

РНК SARS-CoV-2 была выявлена в 38 пробах с объектов больничной среды реанимационного отделения. Общий уровень контаминации составил 11,1% (38 проб), при этом доля находок, содержащих РНК SARS-CoV-2, в течение недели была неравномерна и в динамике к третьему дню исследования снизилась в 6,7 раз (с 17,5% в первый день – вторник до 2,6% в третий день – воскресенье,  $\phi_{\text{ЭМП}} = 4,085$ ,  $p < 0,01$ ). Уровень контаминации

условно-патогенной микрофлорой (УПМ) имел схожую тенденцию со снижением доли положительных проб к концу недели в 1,8 раза (с 14,0% в первый день до 7,8% в третий,  $\phi_{\text{ЭМП}} = 1,520$ ,  $p > 0,05$ ).

Суточная вариабельность вирусно-бактериальной контаминации объектов больничной среды реанимационного отделения имела временные различия. РНК SARS-CoV-2 обнаруживали преимущественно в пробах, отобранных в ночное (02:00) – 16,7%, вечернее (18:00) – 15,0%, дневное (14:00) время – 13,3%, в то время как представители УПМ преимущественно были выделены из проб, отобранных в вечерние (18:00 – 15,0%, 22:00 – 12,7%) и утренние (06:00 – 13,0%, 10:00 – 11,7%) часы.

При ранжировании объектов больничной среды установлено, что наиболее контаминированными точками отбора в зоне нахождения пациента были: наружная поверхность электроотсоса (27,8%), наружная поверхность аппарата искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ) и манипуляционный стол у постели больного (по 16,7%). В меньшей степени были контаминированы наружная поверхность шприцевого дозатора (11,1%), поручни и рычаги реанимационной кровати (8,3%), винты кислородной разводки (5,6%). Общий уровень контаминации зоны пребывания пациента составил 13,9%.

Уровень контаминации объектов общебольничной среды был несколько ниже и составил 9,3%. Отмечено, что контаминация ручек дверей, дозаторов для жидкого мыла и кожного антисептика составила по 11,1%, выключателей электроосвещения – 5,9%. Наиболее контаминированной точкой общебольничной зоны оказалось рабочее место врача (стол, клавиатура компьютера, мышь), где микроорганизмы были обнаружены в 16,7% проб.

В ходе исследования установлено, что наиболее значительный уровень вирусно-бактериальной контаминации был выявлен при исследовании комплектов средств индивидуальной защиты (СИЗ) персонала. Так, были контаминированы 50,0% наружных поверхностей комбинезонов врачей и медицинских сестёр и 44,4% наружных поверхностей комбинезонов уборщиков служебных помещений. Контаминация верхней пары перчаток врачей выявлена в 38,9% случаев, медицинских сестёр – 22,2%, у уборщиков помещений – 21,1% (табл. 1).

В процессе исследования было выделено 42 штамма бактерий, главным образом: *Enterococcus faecalis* (16 штаммов, 38,1%), *Klebsiella pneumoniae* (9 штаммов, 21,4%), *Escherichia coli* (7 штаммов, 16,7%). С меньшей частотой выделяли *Enterococcus faecium* (3 штамма, 7,1%), *Staphylococcus aureus* (3 штамма, 7,1%), *Pseudomonas aeruginosa* (2 штамма, 4,8%) и *Pantoea agglomerans* (2 штамма, 4,8%).

Структура УПМ, выделенных с объектов больничной среды реанимационного отделения, имела суточную вариабельность. Так, представителей

**Таблица 1. Частота вирусно-бактериальной контаминации различных объектов больничной среды инфекционного госпиталя для лечения больных с COVID-19**

**Table 1. The frequency of viral-bacterial contamination of various objects of the hospital environment of the infectious diseases hospital for the treatment of patients with COVID-19**

Точка отбора смывов Flush sampling point	Всего проб Total samples	Включая положительные including positive		Из них Of these			
		абс. чис. absolute number	доля, % percent, %	SARS-CoV-2		УПМ Opportunistic microflora	
				абс. чис. absolute number	доля, % percent, %	абс. чис. absolute number	доля, % percent, %
СИЗ персонала медицинской организации Individual protection means a medical organization personnel							
Наружная поверхность комбинезона врача The outer surface of the doctor's overalls	18	9	50,0	0	0,0	9	100,0
Наружная поверхность комбинезона медицинской сестры The outer surface of the nurse's overalls	19	9	50,0	4	44,4	6	66,7
Наружная поверхность комбинезона уборщика помещений The outer surface of the cleaner's coveralls	9	4	44,4	2	50,0	4	100,0
Наружная поверхность верхней пары перчаток врача The outer surface of the doctor's gloves	18	7	38,9	2	28,6	7	100,0
Наружная поверхность верхней пары перчаток медицинской сестры The outer surface of the nurse's gloves	19	4	21,1	1	25,0	3	75,0
Наружная поверхность верхней пары перчаток уборщика помещений The outer surface of the cleaner's gloves	9	2	22,2	2	100,0	0	0,0
Объекты больничной среды Hospital environment facility							
Наружная поверхность электроотсоса The outer surface of the electric pump	18	5	27,8	4	80,0	2	40,0
Наружная поверхность аппарата ИВЛ Outer surface of the ALV	36	6	16,7	6	100,0	0	0,0
Манипуляционный стол у постели больного Manipulation table at the patient's bedside	36	6	16,7	3	50,0	4	66,7
Рабочее место врача Doctor's workplace	18	3	16,7	3	100,0	1	33,3
Наружная поверхность шприцевого дозатора The outer surface of the syringe dispenser	36	4	11,1	4	100,0	0	0,0
Ручки дверей Door handles	18	2	11,1	2	100,0	0	0,0
Дозаторы для жидкого мыла и кожного антисептика Dispensers for liquid soap and skin antiseptic	18	2	11,1	2	100,0	0	0,0
Поручни и рычаги реанимационной кровати Handrails and levers of the resuscitation bed	36	3	8,3	1	33,3	2	66,7

Таблица 1. Продолжение  
Table 1.

Точка отбора смывов Flush sampling point	Всего проб Total samples	Включая положительные including positive		Из них Of these			
		абс. чис. absolute number	доля, % percent, %	SARS-CoV-2		УПМ Opportunistic microflora	
				абс. чис. absolute number	доля, % percent, %	абс. чис. absolute number	доля, % percent, %
Выключатели электроосвещения Electric lighting switches	17	1	5,9	1	100,0	0	0,0
Винты кислородной разводки Oxygen wiring screws	18	1	5,6	1	100,0	0	0,0
Всего Total	343	68	19,8	38	55,9	38	55,9

граммотрицательной микрофлоры (*K. pneumoniae*, *E. coli*, *P. aeruginosa*) преимущественно выделяли в утренние (10:00), дневные (14:00) и вечерние (18:00) часы, в том время как представителей грамположительной микрофлоры (*E. faecalis*, *E. faecium*, *S. aureus*) – в ночные (22:00, 02:00) и утренние (06:00).

По результатам оценки профиля антибиотикорезистентности к группам антимикробных препаратов (АМП) штаммов, выделенных с различных объектов внешней среды реанимационного отделения, наибольшая устойчивость отмечалась к пенициллинам (40,5%), фторхинолонам и тетрациклинам (по 33,3%) и цефалоспорином (26,2%).

Среди устойчивых штаммов *E. faecalis* наибольшая резистентность была отмечена к макролидам (100,0%) и тетрациклинам (75,0%). К фторхинолонам проявляли устойчивость 18,8% штаммов *E. faecalis*.

Все штаммы *E. faecium* были устойчивы к макролидам (100,0%), треть была резистентна к нитрофурантоину (33,3%).

Треть штаммов *S. aureus* была устойчива к пенициллинам и макролидам (по 33,3%). Один выделенный штамм *S. aureus* имел фенотип  $MLS_B$ , обуславливающий перекрёстную устойчивость ко всем макролидам, линкозамидам и стрептограминам В.

Все выделенные штаммы *K. pneumoniae* (100%) были устойчивы к пенициллинам, цефалоспорином, макролидам и сульфаметоксазол/триметоприму, в 66,7% – к фторхинолонам, аминогликозидам, нитрофурантоину, в 22,2% – к карбапенемам, тетрациклинам, фосфомицину. Бета-лактамазу расширенного спектра действия (ESBL) продуцировали 7 (77,8%) из 9 выделенных штаммов *K. pneumoniae*.

Все выделенные штаммы *E. coli* проявили резистентность к пенициллинам (100,0%), 71,4% – к фторхинолонам. В меньшей степени устойчивость *E. coli* проявлялась к цефалоспорином – 28,6%, аминогликозидам и фосфомицину – по 14,3%. ESBL продуцировали 2 (28,6%) из 7 выделенных штаммов *E. coli*.

Штаммы *P. aeruginosa* были резистентны к фосфомицину (100,0%) и пенициллинам (50,0%), штаммы *P. agglomerans* – к тетрациклинам (100,0%) и карбапенемам (50,0%).

По результатам секвенирования РНК SARS-CoV-2, в пробах, полученных с наружной поверхности электроотсоса и наружной поверхности комбинезона медицинской сестры, был выявлен генетический вариант ВЭП линии Delta, В.1.617.1 (Индийский 2») по наличию замены Т19R (Т (тирозин) на R (аргинин) – 19 позиция). Полученные изоляты были депонированы в базу данных GenBank NCBI под номерами: OM037137 (изолят SARS-CoV-2/human/RUS/44-N1-95\_EKB\_26-10-2021/2021) и OL663846 (изолят SARS-CoV-2/human/RUS/46-N1-105\_EKB\_26-10-2021/2021).

В ходе исследования было выявлено 11 вариантов вирусно-бактериальных ассоциаций, спектр сочетания которых был крайне разнообразен: SARS-CoV-2 + *E. faecalis* (27,3%), SARS-CoV-2 + *K. pneumoniae* (18,2%), SARS-CoV-2 + *E. coli* (9,1%), SARS-CoV-2 + *P. aeruginosa* (9,1%), *P. agglomerans* + *E. faecalis* (9,1%), *E. coli* + *E. faecalis* (9,1%), *K. pneumoniae* + *E. faecalis* (9,1%), *K. pneumoniae* + *E. coli* (9,1%). В качестве ассоцианта в большинстве случаев (63,6%) выступал SARS-CoV-2, среди бактериальной микрофлоры лидировали *E. faecalis* (54,5%) и *K. pneumoniae* (36,4%) (табл. 2).

Работники медицинских организаций, чья профессиональная деятельность тесно связана с воздействием различных биологических факторов, в силу интенсивности и массовости контактов с инфицированными пациентами, выделяющими SARS-CoV-2, являются самой незащищенной и активно вовлекаемой в эпидемический процесс COVID-19 категорией населения [1,11,13–15].

Риск инфицирования работников медицинских организаций, контактирующих с пациентами, выделяющими SARS-CoV-2, в 11,6 раза превышает общепопуляционный [16]. По результатам исследования, проведённого среди работников медицинских организаций г. Екатеринбурга

**Таблица 2. Ассоциации микроорганизмов, выделенные с различных объектов внешней среды реанимационного отделения инфекционного госпиталя для лечения больных с COVID-19**

**Table 2. Associations of microorganisms isolated from various environmental objects of the intensive care unit of the infectious diseases hospital for the treatment of patients with COVID-19**

Вариант ассоциации / Association Option	Точка отбора смывов Flush sampling point	Частота встречаемости ассоциации Association frequency	
		абс. чис. absolute number	доля, % percent, %
SARS-CoV-2 + <i>Enterococcus faecalis</i>	Наружная поверхность перчаток врача The outer surface of the doctor's gloves	3	27,3
	Наружная поверхность комбинезона медицинской сестры The outer surface of the nurse's overalls		
	Наружная поверхность комбинезона уборщика помещений The outer surface of the cleaner's coveralls		
SARS-CoV-2 + <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Наружная поверхность комбинезона уборщика помещений The outer surface of the cleaner's coveralls	2	18,2
	Рабочее место врача / Doctor's workplace		
<i>Pantoea agglomerans</i> + <i>Enterococcus faecalis</i>	Наружная поверхность комбинезона врача The outer surface of the doctor's overalls	1	9,1
<i>Escherichia coli</i> + <i>Enterococcus faecalis</i>		1	9,1
<i>Klebsiella pneumoniae</i> + <i>Enterococcus faecalis</i>		1	9,1
<i>Klebsiella pneumoniae</i> + <i>Escherichia coli</i>	Наружная поверхность комбинезона медицинской сестры The outer surface of the nurse's overalls	1	9,1
SARS-CoV-2 + <i>Escherichia coli</i>	Манипуляционный стол у постели больного / Manipulation table at the patient's bedside	1	9,1
SARS-CoV-2 + <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Наружная поверхность электроотсоса The outer surface of the electric pump	1	9,1
Всего ассоциаций Total associations		11	100,0

и направленного на оценку рисков инфицирования SARS-CoV-2 в условиях работы в медицинских организациях различного профиля установлено, что работа в условиях инфекционного госпиталя в 1,8 раза увеличивала риск инфицирования SARS-CoV-2 (RR – 1,78, [95%ДИ 1,65–1,93]). Основными факторами риска инфицирования работников инфекционного госпиталя явились: оказание медицинской помощи пациенту с COVID-19; участие в аэрозоль-генерирующих процедурах; прямой

контакт с окружающей средой, в которой находился больной COVID-19; выполнение функций уборщика помещений; использование СИЗ с неполной защитой органов зрения; отсутствие регулярной замены СИЗ; продолжительность рабочей смены [11].

Одним из эпидемиологически значимых факторов передачи инфекции в условиях стационара являются руки персонала. Их доля в структуре всех факторов составляет более 50,0% [12]. В нашем исследовании получены данные, подтверждающие

роль рук медицинского персонала в передаче внутрибольничной инфекции. Так, уровень контаминации наружной поверхности перчаток у врачей составил 38,9%, у медицинских сестёр – 22,2%, у уборщиков служебных помещений – 21,1%.

В условиях пандемии COVID-19 работа сотрудников реанимационного отделения инфекционного госпиталя сопряжена со значительной эмоциональной и физической нагрузкой, необходимостью длительного нахождения в «грязной» зоне в сочетании с дефицитом СИЗ [17]. Оказание медицинской помощи различным пациентам с проведением им широкого спектра процедур, в том числе связанных с генерацией аэрозоля, приводит к контаминации СИЗ. В нашем исследовании контаминация наружной поверхности комбинезонов работников медицинских организаций различных категорий достигала половины от числа отобранных проб и составила: по 50,0% у врачей и медицинских сестёр и 44,4% у уборщика служебных помещений.

На контаминированной поверхности СИЗ могут сохраняться возбудители инфекционных заболеваний вирусной и бактериальной природы. Последовательное оказание медицинской помощи нескольким пациентам, перемещение внутри отделения наряду с длительным использованием комплекта СИЗ способствует распространению микроорганизмов в замкнутой экосистеме реанимационного отделения, как среди медицинских работников, так и среди пациентов [18,19]. Отмечено, что все точки отбора смывов, которые были включены в исследование, были контаминированы в той или иной степени (от 5,6% – винты кислородной разводки до 27,8% – наружная поверхность электроотсоса), что подчеркивает роль контаминации защитных перчаток и комбинезонов персонала как фактора передачи возбудителей инфекционных заболеваний между помещениями реанимационного отделения.

Наиболее контаминированной зоной в реанимационном отделении было рабочее место врача (16,7%). Контаминация зоны пребывания пациента составила 13,9%, общепольничной зоны – 9,3%.

Искусственно созданная замкнутая экосистема инфекционного госпиталя для лечения больных с COVID-19 создаёт условия для активной циркуляции условно-патогенных микроорганизмов и селекции штаммов, устойчивых к антимикробным препаратам. В нашем исследовании в структуре выделенных штаммов микроорганизмов преобладали *E. faecalis* (16 штаммов, 38,1%), *K. pneumoniae* (9 штаммов, 21,4%), *E. coli* (7 штаммов, 16,7%).

Преимущественное выделение в первой половине дня с объектов больничной среды таких представителей грамотрицательной флоры, как *K. pneumoniae*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, может быть предопределено их этиологической ролью в развитии внутрибольничной пневмонии у пациентов реанимационного профиля и проведением санации трахеобронхиального дерева, относящейся

к аэрозоль-генерирующей процедуре именно в утренние часы.

Выделенный с поверхностей SARS-CoV-2 относился к геноварианту B.1.617.1 DELTA, который имел глобальное распространение в период проведения исследования (октябрь–ноябрь 2021 г.), что соответствовало специфике эпидемиологической ситуации на момент проведения исследования.

Наибольшее число ассоциаций вирусов и бактерий было выделено с наружной поверхности комбинезонов персонала инфекционного госпиталя – 63,6%, при общем уровне их контаминации в 47,8% (24,0% – РНК SARS-CoV-2, 76,0% – УПМ).

Таким образом, в ходе исследования установлен высокий уровень вирусно-бактериальной контаминации объектов внешней среды реанимационного отделения инфекционного госпиталя для лечения больных с COVID-19 – 11,1%, в т.ч. объекты общепольничной среды – 9,3% (рабочее место врача – 16,7%); зона нахождения пациента – 13,9% (электроотсос – 27,8%, ИВЛ, манипуляционный стол – по 16,7%); наружная поверхность перчаток персонала – 21,1–38,9%; наружная поверхность СИЗ персонала – 44,4–50,0%.

В структуре условно-патогенной микрофлоры преобладали *E. faecalis* (38,1%), *K. pneumoniae* (21,4%) и *E. coli* (16,7%), которые продемонстрировали высокий уровень резистентности (к трём и более группам антибиотиков).

### Заключение

Полученные результаты нашего исследования подчёркивают значимость специальной одежды медицинского персонала (комбинезоны, перчатки) в эпидемиологической цепочке передачи возбудителей внутрибольничных инфекций. Ситуация усугубляется отсутствием разработанных методик обработки комбинезонов и перчаток в условиях длительного пребывания персонала в «грязной» зоне. Сложившиеся на данный момент практики применения СИЗ в инфекционных госпиталях приводят к активной циркуляции возбудителей ИСМП, формированию у них адаптации к больничным условиям и селекции резистентных штаммов. Всё это создаёт высокие риски экзогенного инфицирования как для пациентов госпиталей, так и для персонала.

Первоначально основными источниками контаминации объектов больничной среды инфекционного госпиталя SARS-CoV-2, скорее всего, были пациенты инфекционного госпиталя. Дальнейшая контаминация объектов больничной среды инфекционного госпиталя вирусами и условно-патогенной микрофлорой происходит при непосредственном участии медицинского персонала. Сложившаяся ситуация требует пересмотра подходов к правилам дезинфекции, применению СИЗ и антисептической обработки рук работников инфекционного госпиталя в условиях пандемии COVID-19.

## Источники финансирования

Научно-исследовательская работа «Изучение эпидемического процесса и профилактика вирусных

инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (на примере ветряной оспы, норо- и ротавирусной инфекции и др.)» УДК 616.9; 614.4, Рег. № НИОКТР 121040500099-5.

## Литература

1. Кутырев В. В., Попова А. Ю., Смоленский В. Ю. и др. Эпидемиологические особенности новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Сообщение 2: особенности течения эпидемического процесса COVID-19 во взаимосвязи с проводимыми противоэпидемическими мероприятиями в мире и Российской Федерации. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020, № 2. С. 6–12.
2. МР 3.1.0229-21. 3.1. Профилактика инфекционных болезней. Рекомендации по организации противоэпидемических мероприятий в медицинских организациях, осуществляющих оказание медицинской помощи пациентам с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) (подозрением на заболевание) в стационарных условиях. Доступно на: <https://docs.cntd.ru/document/573382386> (дата обращения: 03.02.2022).
3. Брусина Е. Б., Зуева Л. П., Ковалишина О. В. и др. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи: современная доктрина профилактики Часть 2. Основные положения // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2018 Т. 17, № 6(103). С. 4–10.
4. Wu S., Wang Y., Jin X., et al. Environmental contamination by SARS-CoV-2 in a designated hospital for coronavirus disease 2019 // *Am. J. Infect. Control. Elsevier Inc*. 2020 Vol. 48, N8. P. 910–914.
5. Coil D., Albertson T., Banerjee S., et al. SARS-CoV-2 detection and genomic sequencing from hospital surface samples collected at UC Davis // *PLoS One*. 2021 Vol. 16, N6. P. e0253578.
6. Moore G., Rickard H., Stevenson D., et al. Detection of SARS-CoV-2 within the healthcare environment: a multi-centre study conducted during the first wave of the COVID-19 outbreak in England. *J. Hosp. Infect.* 2021 Vol. 108, P. 189–196
7. Sebre S., Abegaz W.E., Seman A., et al. Bacterial Profiles and Antimicrobial Susceptibility Pattern of Isolates from Inanimate Hospital Environments at Tikur Anbessa Specialized Teaching Hospital, Addis Ababa, Ethiopia // *Infect. Drug Resist.* 2020 Vol. 13, P. 4439–4448.
8. Chaoui L., Mhand R., Mellouki F., et al. Contamination of the Surfaces of a Health Care Environment by Multidrug-Resistant (MDR) Bacteria // *Int J Microbiol.* 2019 Vol. 2019, P. 3236526.
9. Entsar H. Ahmed, Hebat-Allah M. Hassan, Nahla M. El-Sherbiny, et al. Bacteriological Monitoring of Inanimate Surfaces and Equipment in Some Referral Hospitals in Assiut City, Egypt. *Int. J. Microbiol.* 2019 Vol. 2019, P. 5907507
10. Afle F., Agbankpe A., Johnson R., et al. Healthcare-associated infections: bacteriological characterization of the hospital surfaces in the University Hospital of Abomey-Calavi/so-ava in South Benin (West Africa). *BMC Infect. Dis.* 2019 Vol. 19, P. 28.
11. Егоров И. А., Смирнова С. С., Вяткина Л. Г. и др. Сравнительная характеристика рисков инфицирования SARS-CoV-2 работников медицинских организаций различного профиля в период пандемии. *Проблемы гигиенической безопасности и профилактики нарушений трудоспособности у работающих: Материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции, Нижний Новгород, 24–25 ноября 2021 года. И. А. Умнягина, ред. Нижний Новгород: МедиаЛ, 2021. С. 325–333.*
12. СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней». Раздел XLIV. Профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573660140> (дата обращения: 03.02.2022).
13. Gomez-Ochoa S., Franco O., Rojas L., et al. COVID-19 in Health-Care Workers: A Living Systematic Review and Meta-Analysis of Prevalence, Risk Factors, Clinical Characteristics, and Outcomes. // *Am J Epidemiol.* 2021 Vol. 190, N1. P. 161–175.
14. Брико Н.И., Каграманян И.Н., Никифоров В.В. и др. Пандемия COVID-19. Меры борьбы с ее распространением в Российской Федерации // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2020 Т. 19, № 2. С. 4–12.
15. Celebi G., Piskin N., Celik Beklevic A., et al. Specific risk factors for SARS-CoV-2 transmission among health care workers in a university hospital // *Am J Infect Control.* 2020 Vol. 48, N10. P. 1225–1230.
16. Nguyen L., Drew D., Joshi A., et al Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study // *Lancet Public Heal.* 2020 Vol. 5, N9. P. e475–e483.
17. COVID-19: гигиена и безопасность труда медицинских работников, World Health Organization (WHO), International Labour Organization, (ILO). (Feb. 22, 2021).
18. Рациональное использование средств индивидуальной защиты при COVID-19 и соображения применительно к ситуации их острой нехватки, World Health Organization (WHO). (Apr. 06, 2020).
19. Casanova L., Alfano-Sobsey E., Rutala W., et al. Virus transfer from personal protective equipment to healthcare employees' skin and clothing. // *Emerg Infect Dis.* 2008 Vol. 14, N8. P. 1291–1293.

## References

1. Kutyrev VV, Popova AIU, Smolenskii VIU, et al. Epidemiological peculiarities of new coronavirus infection (COVID-2019). Communication 2: peculiarities of epidemic process development in conjunction with performed anti-epidemic measures around the world and in the Russian Federation. *Problems of particularly dangerous infections*. 2020;2:6–12. (In Russ.). doi: 10.21055/0370-1069-2020-2-6-12
2. Prevention of infectious diseases. Recommendations for the organization of anti-epidemic measures in medical organizations providing medical care to patients with a new coronavirus infection (COVID-19) (suspected disease) in a hospital (MP 3.1.0229-21. 3.1.). Available at: – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573382386> (date of the application: 03.02.2022).
3. Brusina EB, Zueva LP, Kovalishina OV, et al. Healthcare-associated infections: modern doctrine of prophylaxis. Part II. Basic concept. *Epidemiology and vaccinal prevention*. 2018;17(6):4–10. (In Russ.). doi: 10.31631/2073-3046-2018-17-6-4-10.
4. Wu S, Wang Y, Jin X, et al. Environmental contamination by SARS-CoV-2 in a designated hospital for coronavirus disease 2019. *Am. J. Infect. Control. Elsevier Inc*. 2020;48(8):910–914. doi: 10.1016/j.ajic.2020.05.003
5. Coil D, Albertson T, Banerjee S, et al. SARS-CoV-2 detection and genomic sequencing from hospital surface samples collected at UC Davis. *PLoS One*. 2014;16(6): e0253578. doi: 10.1371/journal.pone.0253578
6. Moore G, Rickard H, Stevenson D, et el. Detection of SARS-CoV-2 within the healthcare environment: a multi-centre study conducted during the first wave of the COVID-19 outbreak in England. *J. Hosp. Infect.* 2021;108:189–196. doi: 10.1016/j.jhin.2020.11.024
7. Sebre S, Abegaz W, Seman A, et al. Bacterial Profiles and Antimicrobial Susceptibility Pattern of Isolates from Inanimate Hospital Environments at Tikur Anbessa Specialized Teaching Hospital, Addis Ababa, Ethiopia. *Infect. Drug Resist.* 2020;13:4439–4448. doi: 10.2147/IDR.S286293
8. Chaoui L, Mhand R, Mellouki F, et al. Contamination of the Surfaces of a Health Care Environment by Multidrug-Resistant (MDR) Bacteria. *Int J Microbiol.* 2019;2019: 3236526. doi:10.1155/2019/3236526.
9. Entsar H Ahmed, Hebat-Allah M Hassan, Nahla M El-Sherbiny, et al. Bacteriological Monitoring of Inanimate Surfaces and Equipment in Some Referral Hospitals in Assiut City, Egypt. *Int. J. Microbiol.* 2019;2019:5907507. doi: 10.1155/2019/5907507.
10. Afle F, Agbankpe A, Johnson R, et al. Healthcare-associated infections: bacteriological characterization of the hospital surfaces in the University Hospital of Abomey-Calavi/so-ava in South Benin (West Africa). *BMC Infect. Dis.* 2019;19:28. doi: 10.1186/s12879-018-3648-x.
11. Egorov IA, Smirnova SS, Viatkina LG, et al. Sravnitelnaia kharakteristika riskov infitsirovaniia SARS-CoV-2 rabotnikov meditsinskikh organizatsii razlichnogo profilia v period pandemii Problemy gigienicheskoi bezopasnosti i profilaktiki narushenii trudospobnosti u rabotaiushchikh Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii Nizhnii Novgorod 24 25 noiabria 2021 goda Pod redaktсиеi I A Umniaginoi Nizhnii Novgorod Medial 2021. 325–333. (In Russ)
12. «Sanitary and epidemiological requirements for the prevention of infectious diseases. Section XLIV. Prevention of healthcare-associated infections (SaNPiN 3.3686-21). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573660140> (date of the application: 03.02.2022).
13. Gomez-Ochoa S, Franco O, Rojas L, et al. COVID-19 in Health-Care Workers: A Living Systematic Review and Meta-Analysis of Prevalence, Risk Factors, Clinical Characteristics, and Outcomes. *Am J Epidemiol.* 2021;190(1):161–175. doi: 10.1093/aje/kwaa191.
14. Briko NI, Kagramanian IN, Nikiforov VV, et al. Pandemic COVID-19. prevention measures in the Russian Federation. *Epidemiology and vaccinal prevention.* 2020;19(2):4–12 (In Russ.). doi 10.31631/2073-3046-2020-19-2-4-12.
15. Celebi G, Piskin N, Celik Beklevic A, et al. Specific risk factors for SARS-CoV-2 transmission among health care workers in a university hospital. *Am J Infect Control.* 2020;48(10):1225–1230. doi: 1016/j.ajic.2020.07.039.
16. Nguyen L, Drew D, Joshi A, et al. Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study. *Lancet Public Heal.* 2020;5(9):e475–e483. doi: 10.1016/S2468-2667(20)30164-X.
17. COVID-19: Gigena i bezopasnost truda meditsinskikh rabotnikov, World Health Organization (WHO), International Labour Organization, (ILO). (Feb. 22, 2021)
18. Ratsionalnoe ispolzovanie sredstv individualnoi zashchity pri COVID-19 i soobrazheniia primenitelno k situatsii ikh ostroi nekhvatki, World Health Organization (WHO). (Apr. 06, 2020)
19. Casanova L, Alfano-Sobsey E, Rutala WA, et al. Virus transfer from personal protective equipment to healthcare employees' skin and clothing. *Emerg Infect Dis.* 2008;14(8):1291–1293. doi:10.3201/eid1408.080085.

## Об авторах

- **Иван Андреевич Егоров** – младший научный сотрудник Урало-Сибирского научно-методического центра по профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи Екатеринбургского НИИ вирусных инфекций ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, 620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23. +7 (922) 127-66-88, egorov\_ia@eniivi.ru. ORCID: 0000-0002-7153-2827.
- **Светлана Сергеевна Смирнова** – к. м. н., ведущий научный сотрудник, руководитель Урало-Сибирского научно-методического центра по профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи Екатеринбургского НИИ вирусных инфекций ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, 620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23; доцент кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620028, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, д.3. +7 (908) 917-59-86, smirnova\_ss69@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9749-4611.
- **Владимир Алексеевич Мищенко** – научный сотрудник Лаборатории трансмиссивных вирусных инфекций и клещевого энцефалита, Екатеринбургского НИИ вирусных инфекций ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, 620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23. +7 (965) 515-34-89, mischenko\_va@eniivi.ru. ORCID: 0000-0003-4280-283X.
- **Иван Владимирович Вялых** – к. вет. н., ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией трансмиссивных вирусных инфекций и клещевого энцефалита Екатеринбургского НИИ вирусных инфекций ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, 620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23. +7 (912) 240-35-87, vialykiv@eniivi.ru. ORCID: 0000-0002-3123-8359.
- **Александр Юрьевич Маркрян** – к. б. н., заведующий лабораторией респираторных вирусных инфекций Екатеринбургского НИИ вирусных инфекций ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, 620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23. +7 (922) 199-09-80, markaryan\_ay@eniivi.ru. ORCID: 0000-0002-7286-6079.
- **Николай Николаевич Жуйков** – научный сотрудник Урало-Сибирского научно-методического центра по профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи Екатеринбургского НИИ вирусных инфекций ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, 620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23. +7 (912) 263-22-52, zhuykov\_nn@eniivi.ru. ORCID: 0000-0002-7018-7582.
- **Сергей Викторович Романов** – главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», 620078, Россия, г. Екатеринбург, пер. Отдельный, 3. +7 (343) 374-13-79, Romanov\_SV@66.rosptrebnadzor.ru. ORCID: 0000-0001-7357-9496.
- **Анжелика Владимировна Пономарева** – заместитель руководителя Управления Роспотребнадзора по Свердловской области, 620078, Россия, г. Екатеринбург, пер. Отдельный, 3. +7 (343) 374-13-79, Ponomareva\_AV@66.rosptrebnadzor.ru. ORCID: 00000-0002-5236-3458.
- **Ирина Викторовна Чистякова** – заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», 620078, Россия, г. Екатеринбург, пер. Отдельный, 3. +7 (343) 270-15-98, Chistyakova\_IV@66.rosptrebnadzor.ru. ORCID: 0000-0002-3247-9269.
- **Анастасия Сергеевна Киличина** – заведующая лабораторией контроля биологических факторов, врач-вирусолог ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», 620078, Россия, г. Екатеринбург, пер. Отдельный, 3. +7 (343) 270-15-90, Kilyachina\_AS@66.rosptrebnadzor.ru. ORCID: 0000-0003-1751-3462.
- **Олег Юрьевич Аверьянов** – главный врач ГАУЗ Свердловской области «Областная детская клиническая больница», 620149, Россия, г. Екатеринбург, ул. Серафимы Дерябиной, 32. +7 (343) 231-91-01, averianovoy@mis66.ru. ORCID: 0000-0003-3955-349X.
- **Вероника Анатольевна Смирнова** – начальник эпидемиологического отдела ФБУЗ Свердловской области «Областная детская клиническая больница», 620149, Россия, г. Екатеринбург, ул. Серафимы Дерябиной, 32. +7 (922) 148-33-15, smirnovava@mis66.ru. ORCID: 0000-0002-9657-4257.
- **Ангелина Николаевна Большакова** – врач-эпидемиолог ФБУЗ Свердловской области «Областная детская клиническая больница», 620149, Россия, г. Екатеринбург, ул. Серафимы Дерябиной, 32. +7 (912) 274-72-12, anbolshakova73@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7678-6984.
- **Елена Владимировна Верник** – главный врач Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области в Ленинском, Верх-Исетском, Октябрьском и Кировском районах города Екатеринбурга», 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мичурина, 91. +7 (908) 916-65-88, Mail\_08@66.rosptrebnadzor.ru.
- **Наталья Александровна Пушкарева** – заведующая лабораторией контроля биологических факторов Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области в Ленинском, Верх-Исетском, Октябрьском и Кировском районах города Екатеринбурга», 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мичурина, 91. +7 (343) 350-21-64, Mail\_08@66.rosptrebnadzor.ru.
- **Александр Владимирович Семёнов** – д. б. н., руководитель НИИ вирусных инфекций ФБУН ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, 620030, Россия, г. Екатеринбург, ул. Летняя, 23; профессор кафедры экспериментальной биологии и биотехнологии Института естественных наук и математики Уральского федерального университета имени Первого президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. +7 (922) 119-41-46, alexvsemenov@gmail.com. ORCID: 0000-0003-3223-8219.

Поступила: 24.06.2022. Принята к печати: 14.09.2022.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

## About the Authors

- **Ivan A. Egorov** – Junior researcher of the Ural-Siberian scientific-methodological center for the prevention of health-care-related infections of Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, 23 Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation. +7 (922) 127-66-88, egorov\_ia@eniivi.ru. ORCID: 0000-0002-7153-2827.
- **Svetlana S. Smirnova** – Cand. Sci. (Med.), leading researcher, head of the Ural-Siberian scientific-methodological center for the prevention of health-care-related infections of Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, 23 Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation; associate Professor of the Department of epidemiology, social hygiene and organization of sanitary-epidemiological service of Ural State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 3 Repina St., Yekaterinburg, 620028, Russian Federation. +7 (908) 917-59-86, smirnova\_ss69@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9749-4611.
- **Vladimir A. Mishchenko** – Researcher Laboratory of vector-borne viral infections and tick-borne encephalitis Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, 23 Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation. +7 (965) 515-34-89, mischenko\_va@eniivi.ru. ORCID: 0000-0003-4280-283X.
- **Ivan V. Vialyk** – Cand. Sci. (Veterinary), Head of the Laboratory of vector-borne viral infections and tick-borne encephalitis Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, 23 Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation. +7 (912) 240-35-87, vialykiv@eniivi.ru. ORCID: 0000-0002-3123-8359.
- **Aleksandr Yu. Markarian** – Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Respiratory Viral Infections, Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, 23 Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation. +7 (922) 199-09-80, markaryan\_ay@eniivi.ru. ORCID: 0000-0002-7286-6079.
- **Nikolai N. Zhuykov** – researcher Ural-Siberian scientific-methodological center for the prevention of health-care-related infections Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, 23 Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation. +7 (912) 263-22-52, zhuykov\_nn@eniivi.ru. ORCID: 0000-0002-7018-7582.
- **Sergei V. Romanov** – Chief Physician of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region, 3 Otdel'nyy lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation. +7 (343) 374-13-79, Romanov\_SV@66.rosptrebnadzor.ru. ORCID: 0000-0001-7357-9496.
- **Anzhelika V. Ponomareva** – Deputy Head of the Department of Rosptrebnadzor for the Sverdlovsk Region, 3 Otdel'nyy lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation. +7 (343) 374-13-79, Ponomareva\_AV@66.rosptrebnadzor.ru. ORCID: 00000-0002-5236-3458.
- **Irina V. Chistiakova** – Deputy Chief Physician of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region, 3 Otdel'nyy lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation. +7 (343) 270-15-98, Chistyakova\_IV@66.rosptrebnadzor.ru. ORCID: 0000-0002-3247-9269.
- **Anastasiya S. Kiliachina** – Head of the Laboratory for the Control of Biological Factors, Virologist of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region, 3 Otdel'nyy lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation. +7 (343) 270-15-90, Kilyachina\_AS@66.rosptrebnadzor.ru. ORCID: 0000-0003-1751-3462.
- **Oleg Yu. Averianov** – Chief Physician State Autonomous Healthcare Institution of the Sverdlovsk Region «Regional Children's Clinical Hospital», 32 Seraphim Deryabina St., Yekaterinburg, 620149, Russian Federation. +7 (343) 231-91-01, averianovoy@mis66.ru. ORCID: 0000-0003-3955-349X.
- **Veronika A. Smirnova** – Head of the epidemiological department State Autonomous Healthcare Institution of the Sverdlovsk Region «Regional Children's Clinical Hospital», 32 Seraphim Deryabina St., Yekaterinburg, 620149, Russian Federation. +7 (922) 148-33-15, smirnovava@mis66.ru. ORCID: 0000-0002-9657-4257.
- **Angelina N. Bolshakova** – Epidemiologist State Autonomous Healthcare Institution of the Sverdlovsk Region «Regional Children's Clinical Hospital», 32 Seraphim Deryabina St., Yekaterinburg, 620149, Russian Federation. +7 (912) 274-72-12, anbolshakova73@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7678-6984.
- **Elena V. Vernik** – Head doctor of the Branch Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region in the Leninsky, Verkh-Issetsky, Oktyabrsky and Kirovsky Districts of the City of Yekaterinburg, 91 Michurina St., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation. +7 (908) 916-65-88, Mail\_08@66.rosptrebnadzor.ru.
- **Natalia A. Pushkareva** – Head of the Laboratory for the Control of Biological Factors of the Branch Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region in the Leninsky, Verkh-Issetsky, Oktyabrsky and Kirovsky Districts of the City of Yekaterinburg, 91 Michurina St., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation. +7 (343) 350-21-64, Mail\_08@66.rosptrebnadzor.ru.
- **Aleksandr V. Semenov** – Dr. Sci. (Biol.), Head Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector», Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, 23 Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation; Professor of the Department of experimental biology and biotechnology Institute of natural sciences and mathematics, Ural Federal University, 19 Mira str., Yekaterinburg, 620000, Russian Federation. +7 (922) 119-41-46, alexvsemenov@gmail.com. ORCID: 0000-0003-3223-8219.

Received: 24.06.2022. Accepted: 14.09.2022.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.