

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

EDN: <https://elibrary.ru/orwlr>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-12-817-825>

УДК 613.63; 613.6.02; 623.44.

© Коллектив авторов, 2023

Бухтияров И.В.^{1,2}, Ковалевский Е.В.^{1,2}, Цхомария И.М.^{1,2}**Оценка эффективности средств индивидуальной защиты и их влияние на здоровье медицинских работников**¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275;²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России» (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991

Исследования в области оценки эффективности и последствий использования средств индивидуальной защиты (в том числе и органов дыхания) всегда были предметом внимания в медицине труда. Особую актуальность эти проблемы приобрели в период пандемии COVID-19. Оценка эффективности средств индивидуальной защиты в отношении вирусов осложнена отсутствием единых стандартизованных подходов. Необходимо учитывать и возможное негативное влияние частого и длительного использования средств индивидуальной защиты на медицинских работников. Существующие данные по оценке эффективности средств индивидуальной защиты, в первую очередь органов дыхания — масок и респираторов, указывают на определённую эффективность в отношении вирусов, однако продолжительное использование негативно сказывается на здоровье работников. Необходимо продолжать исследования в этих направлениях, совершенствуя методологию исследований. Необходимы меры по снижению или предотвращению возникновения негативных эффектов в результате использования средств индивидуальной защиты, в том числе создание благоприятных условий труда, профилактика и лечение возможных изменений в состоянии здоровья.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты; медицинские работники; SARS-CoV-2; COVID-19**Для цитирования:** Бухтияров И.В., Ковалевский Е.В., Цхомария И.М. Оценка эффективности средств индивидуальной защиты и их влияние на здоровье медицинских работников. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(12): 817–825. <https://elibrary.ru/orwlr> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-12-817-825>**Для корреспонденции:** Цхомария Ираклий Мамукович, младший научный сотрудник ФГБНУ «НИИ МТ». E-mail: iraklytchomariya@mail.ru**Участие авторов:**

Все авторы — разработка концепции и дизайна обзора, редактирование, написание текста.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 28.11.2023 / Дата принятия к печати: 06.12.2023 / Дата публикации: 29.12.2023

Igor V. Bukhtiyarov^{1,2}, Evgeny V. Kovalevsky^{1,2}, Irakly M. Tskhomariia^{1,2}**Evaluation of the effectiveness of personal protective equipment and their impact on the health of medical workers**¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, 105275;²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), building 2, 8, Trubetskaya St., Moscow, 119991

Studies in the area of assessing the effectiveness and consequences of the use of personal protective equipment (including respiratory protection) has always been the subject of attention in occupational medicine. These problems have become particularly relevant during the COVID-19 pandemic. Assessing the effectiveness of personal protective equipment against viruses is complicated by the lack of uniform standardized approaches. It is also necessary to take into account the possible negative effects of personal protective equipment on the health and well-being of healthcare workers due to their frequent and prolonged use. Existing data assessing the effectiveness of masks and respirators indicate some effectiveness of personal protective equipment against viruses, but prolonged use negatively affects the health of workers. It is necessary to continue studies in these directions, improving the methodology. Measures are needed to reduce or prevent the occurrence of negative effects as a result of the use of personal protective equipment, including the creation of favorable working conditions, prevention and treatment of possible changes in health status.

Keywords: personal protective equipment; healthcare workers; SARS-CoV-2; COVID-19**For citation:** Bukhtiyarov I.V., Kovalevsky E.V., Tskhomaria I.M. Evaluation of the effectiveness of personal protective equipment and their impact on the health of medical workers: a literary review. *Med. труда i prom. ekol.* 2023; 63(12): 817–825. <https://elibrary.ru/orwlr> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-12-817-825> (in Russian)**For correspondence:** Irakly M. Tshomaria, Junior Researcher at the Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: iraklytchomariya@mail.ru**Author IDs:** Bukhtiyarov I.V. <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>Kovalevsky E.V. <https://orcid.org/0000-0001-5166-6871>Tskhomariia I.M. <https://orcid.org/0000-0002-9615-3284>**Contribution:**

All authors are responsible for the concept and design of the study, editing, writing a text;

Funding. The study had no funding.**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

Received: 28.11.2023 / Accepted: 06.12.2023 / Published: 29.12.2023

Исследования в области оценки эффективности и последствий использования средств индивидуальной защиты (СИЗ, в том числе и органов дыхания — СИЗОД) всегда были предметом внимания в медицине труда. Особую актуальность это направление приобрело в период пандемии COVID-19. Многие страны в начале пандемии оказались совершенно не готовы обеспечить СИЗ всех работников. Международные организации (ВОЗ) и национальные органы, ответственные за контроль над инфекционными болезнями, давали разные рекомендации по применению СИЗ (масок, перчаток), их типам в различных производственных и непроизводственных условиях [1–3]. Особое внимание уделялось работникам с повышенным риском контакта с вирусом, в первую очередь медицинским работникам, в связи с чем наиболее эффективные СИЗ предназначались именно им. Однако под понятием «эффективных» СИЗ (в первую очередь защищающих органы дыхания — СИЗОД) чаще подразумевается их эффективность, оценённая производителем в лабораторных условиях и представленная в виде ожидаемого коэффициента защиты (КЗ). Проведение измерений КЗ в производственных условиях показывает, что эффективность СИЗОД может значительно снижаться вследствие различных факторов [4]. В связи с этим важно проводить изучение эффективности применения СИЗ на рабочих местах, в первую очередь медицинского персонала. При этом следует учитывать, что длительное использование СИЗОД может оказывать неблагоприятное влияние на здоровье пользователя. Проведён обзор литературы по оценке эффективности СИЗ и СИЗОД в отношении биологического фактора, а также их влиянию на состояние здоровья медицинских работников.

Исследования по оценке эффективности СИЗ, и в первую очередь респираторов и медицинских масок, остаются одной из главных тем в отношении не только вируса SARS-CoV-2, но и других респираторных инфекций. Ввиду относительно малого времени изучения вируса SARS-CoV-2 большинство исследований часто используют результаты исследований эффективности СИЗ против других вирусов.

Исследование эффективности хирургической маски и респиратора N95 против вируса гриппа в лабораторных условиях показало, что при плотном прилегании (использовании в соответствии с инструкцией по применению) в подмасочное пространство не попадает свыше 94,5% (94,8%) и 99,8% (99,6%) всех вирусных (вирулентных) копий соответственно, при этом при плохом (свободном) прилегании — 68,9% (56,6%) и 64,5% (66,5%), а полученные значения коэффициентов изоляции (*fit factors*) — 200+ для респиратора и 135 для маски — снижались до 4,6 и 2,3 соответственно. Большая часть вирусов задерживалась передними двумя слоями, на внутреннем слое оставалось 2,3% в центральной части и 0,8% в боковой части маски, а у респиратора — 0,4% и 0,2% соответственно. При этом плотное прилегание препятствовало попаданию вирусных частиц с учётом любого размера аэрозольных частиц (<1 мкм, 1–4 мкм и >4 мкм) свыше 92,7% у маски и 99,4% у респиратора [5]. Респираторы N95 демонстрируют более эффективную защиту в отношении частиц малых размеров (частицы размером 1–4 мкм и <1 мкм и из которых в ходе экспериментов выделялась значительная часть вирусных частиц [5, 7]) по сравнению с хирургической маской при правильном ношении [5, 6]. Следует отметить, что вирус, попадая на внешнюю поверхность СИ-

ЗОД, может сохранять свою инфекционную активность, в результате чего существует риск передачи при непрямом контакте (при снятии или продолжительном ношении СИЗОД) [7]. Вирус гриппа примерно одинаков по размерам с коронавирусом, поэтому дополнительными вопросами при оценке эффективности СИЗОД в отношении SARS-CoV-2 могут быть такие факторы, как патогенность, контагиозность и вирулентность, восприимчивость организма, методы выделения и определения вируса или его частиц с поверхностей, в воздухе и др. Следует отметить, что лабораторные исследования воспроизводят, как правило, идеальные или хотя бы контролируемые условия, и показанная эффективность СИЗОД может отличаться от реальных условий вследствие таких факторов, как количество инфицированных пациентов и персонала, меняющиеся параметры микроклимата и окружающей среды, наличие вентиляции (в т. ч. естественной) и размерность помещений, условия ношения СИЗОД работниками (движения могут способствовать образованию зазоров между лицом и СИЗОД, уменьшая защитные свойства) и т. д. При этом чаще всего оценка эффективности СИЗОД в отношении химических факторов и пыли проводится путём сравнения концентраций в воздухе рабочей зоны в подмасочном пространстве СИЗОД, что позволяет рассчитать коэффициент защиты. В случае вирусов нет понимания, что и как следует определять в воздухе, поскольку часто встречаемое в исследованиях определение генетического материала (например, вирусных РНК) не означает наличие «жизнеспособного» (вирулентного) вируса. Ряд исследователей смогли выявить не только фрагменты вируса, но и жизнеспособные вирусы [8, 9], другие же получили отрицательные результаты во всех отбираемых пробах [10, 11]. Поэтому чаще всего исследования эффективности СИЗОД в отношении вирусов проводится эпидемиологическими методами (например, оценка заболеваемости в различных группах и т. д.).

Метаанализ рандомизированных клинических испытаний по сравнительной оценке эффективности медицинских масок и респираторов N95 (принятая в США маркировка респираторов, европейский аналог — FFP2) против различных вирусных респираторных инфекций (включая семейство коронавирусов *Coronaviridae*, но без SARS-CoV-2) показал, что оба вида СИЗОД обеспечивают аналогичную защиту у медицинских работников от лабораторно подтверждённых вирусных инфекций во время оказания обычной медицинской помощи и при процедурах, не сопровождаемых образованием аэрозолей (например, интубация), однако достоверность данных оценивалась авторами как низкая (для лабораторно подтверждённой респираторной инфекции или лабораторно подтверждённого гриппа) или крайне низкая (для гриппоподобных инфекций и клинически подтверждённых респираторных инфекций) во многом из-за косвенности данных (поскольку не было сравнительной оценки защитных свойств данных СИЗОД в отношении именно SARS-CoV-2) и различных выявленных неточностей [12].

В систематическом обзоре и метаанализе [13] была продемонстрирована статистически значимая эффективность масок и респираторов N95 в отношении вируса SARS, гриппоподобных заболеваний, клинически проявляющихся респираторных заболеваний.

В другом метаанализе была продемонстрирована эффективность СИЗОД (в большинстве своём масок) в виде снижения заражения лабораторно подтверждёнными респираторными вирусными инфекциями (включая ви-

рус гриппа и вариант *H1N1*, коронавирусы SARS-CoV-1 и -2) на 65% ($OR=0,35$; 95% ДИ: 0,24–0,51) среди различных групп населения, а среди медицинских работников эффективность возрастала до 80% ($OR=0,20$; 95% ДИ: 0,11–0,37) [14].

Метаанализ 6 исследований «случай–контроль» по оценке эффективности масок и респираторов против COVID-19 показал статистически значимое снижение заболеваемости при их использовании ($OR=0,38$; 95% ДИ: 0,21–0,69) в исследуемых группах, при этом среди медицинских работников оно было более выражено ($OR=0,29$; 95% ДИ: 0,18–0,44) [15]. Однако хоть и ряд систематических обзоров и метаанализов и демонстрируют определённое снижение риска заражения различными респираторными инфекциями при использовании масок и респираторов, они также показывают отсутствие статистически значимой разницы между использованием респираторов и использованием отношении инфекций (т. е. маски не уступают по эффективности респираторам N95) [12, 13, 15–17].

Систематический обзор публикаций по данному вопросу [18] за период с января 2019 г. по апрель 2021 г. показал, что в большинстве исследований указывается, что использование СИЗ в целом обеспечивает защиту, но требует правильного подхода к использованию (в том числе и прекращение повторного использования, правильный выбор, правильное надевание и снятие). Также показано что респираторы и хирургические маски в большинстве своём давали некоторую степень защиты от COVID-19, а ношение перчаток, лицевых щитков и костюмов несколько снижало вероятность инфицирования, но ни одно из упомянутых исследований не продемонстрировало эффективности защиты при их использовании по отдельности (а при процедурах, сопровождаемых образованием аэрозолей, риск повышался даже при их ношении полного комплекта). В метаанализе были продемонстрированы и противоположные по результатам исследования (отсутствие эффектов от ношения СИЗ). Однако большая часть включённых исследований имеет достаточно низкую оценку достоверности и подвержена нестандартизируемым смещениям (*bias*) (ввиду того, что включённые исследования представляют собой нерандомизированные наблюдательные исследования).

Один из первых приведённых метаанализов по оценке эффективности применения СИЗ в отношении COVID-19 [19] показал эффективность использования СИЗ в целом ($OR=0,53$; 95% ДИ: 0,34–0,84), хотя ношение перчаток и костюмов, а также мытье рук не показало статистически значимого эффекта (эффективность СИЗОД в целом обеспечивается в основном за счёт ношения масок и респираторов N95).

Во всех подобных исследованиях (систематические обзоры и метаанализы) авторы указывают на большое количество ограничений, связанных с типами включённых исследований и полученных данных, которые, как правило, были низкого качества. В связи с этим необходимо увеличение числа правильно построенных исследований (например, рандомизированных клинических исследований, учитывающих большое количество различных, в том числе мешающих факторов).

Исследование 960 медицинских работников различных отделений и профессий [20], которые работали в госпиталях (в среднем 40 дней), во время 14-дневного карантина проходили ПЦР-тестирование (все) и определение анти-SARS-CoV-2 IgG и IgM (672 из 960), показало

отсутствие переболевших в этой группе. По результатам анонимного опроса большинство из них все время или большую часть времени работы использовало различные виды СИЗ. Авторы указывают на эффективность различных СИЗ в различных условиях (что может требовать рационализации использования различных видов СИЗ в зависимости от инфекционного риска). Однако 838 медработников указали на негативные эффекты, связанные с использованием СИЗ: повреждение кожи (598, 62,3%), одышка (593, 61,8%), головокружение (555, 57,8%) и головная боль (516, 53,8%). Наибольший риск негативных эффектов был выявлен у медсестёр и врачей, работавших в отделениях реанимации, лабораториях, операционных. Длительность использования (количество дней) и возраст работника были связаны с большим риском возникновения негативных эффектов.

Использование респираторов имеет наибольшее значение при так называемых «процедурах, сопровождаемых образованием аэрозолей» (ПСОА), таких как интубация трахеи, неинвазивная искусственная вентиляция лёгких (ИВЛ), трахеотомия, бронхоскопия и др., поскольку они могут стимулировать кашель, что может приводить к увеличению концентрации вируса в рабочей зоне. На примере систематического обзора по риску заражения SARS-CoV при выполнении ПСОА было показано, что при выполнении медицинскими сотрудниками некоторых процедур (интубация трахеи, неинвазивная ИВЛ, трахеотомия и вентиляция лёгких ручным устройством перед интубацией) имеется повышенный риск передачи вируса, однако авторы подчёркивают, что данные результаты нужно интерпретировать с осторожностью ввиду низкого качества исследований, ограничений (по выборке, медицинским характеристикам пациентов, соблюдению правил ношения СИЗ, по количеству исследований для расчёта OR и т. д.) [21]. К тому же стоит учитывать, что вероятность передачи, инфекционная доза и другие параметры даже для близкородственных вирусов (SARS-CoV-1 и -2) могут быть разными.

Изучение первых случаев в период, когда контакт с заболевшими в быту и общественных местах был крайне низок, позволяло сделать предположительную оценку путей передачи и эффективности некоторых мер профилактики, например СИЗ. Так, в одном из исследований не было выявлено в течение 14-дневного карантина ни одного заболевшего среди 41 медицинского работника, находившегося при выполнении ПСОА (интубация, эктубация) в зоне ближе 2 метров от пациента с подтверждённым ПЦР результатом в течение хотя бы 10 минут и использовавшего хирургические маски (85%) или респираторы N95 (15%) [22]. В другом исследовании не было выявлено ни одного случая заболевания среди 52 анестезиологов, которые выполняли интубацию в полном комплекте СИЗ (респиратор N95 или маска + защитные очки + защитный комбинезон с капюшоном и одноразовые бахилы для ног + две пары перчаток + лицевой щиток или капюшон с или без респираторов с принудительной подачей воздуха) [23]. Ещё в одном исследовании длительный контакт с пациентом без соблюдения мер предосторожностей и отсутствие должной защиты (отсутствие СИЗ или ненадлежащий выбор СИЗ, в особенности при выполнении ПСОА) привели к профессионально обусловленному заражению вирусом медицинского персонала (у 43 из 121 проявились симптомы в течение 14 дней: 3 из них имели подтверждённый ПЦР диагноз COVID-19) [24].

Отчасти данные результаты позволяют оценить положительную эффективность СИЗ, однако следует указать, что часто не учитываются, но при этом могут вносить вклад в вероятность инфицирования такие факторы, как:

1) устраняющие вирус: например, дезинфекционная уборка помещений (где находятся пациенты, персонал, подсобные и т. д.), её частота и другие меры по устранению;

2) инженерно-технические: режим проветривания и работа вентиляционного оборудования, параметры микроклимата, параметры помещения и количество людей в нем;

3) соблюдение административных и организационных мероприятий: соблюдение правил личной гигиены, регулирование длительности контакта с пациентами, поведение персонала при выполнении манипуляций (например, какие-либо манипуляции с уже надетыми СИЗ во время работы) или обычных действий (например, питье воды в неподалёженном месте), правильность выполнения алгоритмов надевания, ношения и снятия СИЗ (инфицирование возможно при контакте с загрязнёнными частями СИЗ при снятии после выполнения процедур);

4) иные: инфекционная доза, размерность и концентрация частиц в воздухе (особенно малых до 1–4 мкм, которые могут находиться во взвешенном состоянии до нескольких часов) и на поверхностях, аэродинамика физиологических процессов (чихание, кашель), частота, длительность контактов с пациентами или между самими сотрудниками и расстояние общения, состояние здоровья и восприимчивости персонала и пациентов, стадии заболевания (инкубационный период, продромальное и др.) и многие другие факторы, влияющие на условия воздействия и, как следствие, на результаты исследований.

В то же время маски с достаточной эффективностью фильтрации и респираторы будут уменьшать риск распространения вируса, поскольку являются пассивным барьером для крупных капель и частиц, выделяемых при кашле, чихании, разговоре и др. (в особенности при правильном ношении) [25]. А значит, их правильное применение и пациентами, и сотрудниками будет уменьшать загрязнённость воздуха и поверхностей (вирусную нагрузку).

На эффективность СИЗОД влияет правильное использование: правильный выбор размеров и формы маски с учётом анатомического строения лица и особенностей (наличие растительности, использование очков, размеры лица и др.), обеспечение плотности прилегания (в зависимости от материала и типа петель, затяжек и др.), условия труда (параметры микроклимата, основные и сопутствующие факторы производственной среды и т. д.), особенности деятельности работника (движения головы в различных плоскостях, проводимые манипуляции) и многое другое. Большая часть данных факторов учитывается при проведении проверки изолирующих свойств респираторов (так называемый *Fit-test*), которая является обязательной за рубежом (стандарт США [26], законы Великобритании [27] и др.), в связи с чем предлагаются пособия, устанавливающие правильность ношения СИЗОД по качественным и количественным показателям [26, 28, 29], в том числе и медицинских СИЗОД [30]. В Российской Федерации в Трудовом Кодексе и других нормативных и методических документах устанавливаются необходимость использования и тип средств с учётом эксплуатационных характеристик, указанных производителем, од-

нако проведение оценки изолирующих свойств СИЗОД никак не регламентируется, несмотря на существующие отечественные методические [31]) или адаптированные (во многом аналогичные зарубежным требованиям) [32] документы. В связи с этим необходимо уделять данному вопросу должное внимание и обучать медицинский персонал правильному ношению СИЗОД и других СИЗ с учётом использования качественных и количественных методов проверки изолирующих свойств СИЗ.

Использование СИЗ и СИЗОД, особенно среди работников красной зоны, может оказывать влияние на здоровье медперсонала. Например, при опросе медицинских работников были выявлены жалобы на головную боль, повреждения кожи, акне, нарушение сознания [33, 34], а также на сухость носа и глаз [34], число которых увеличивалось с длительностью ношения масок и респираторов (N95) [33] (однако и сами авторы указывают на то, что следует учитывать влияние дополнительных неучтённых факторов, таких как режим сна, ожирение, астма, уровень стресса и др.). Повреждение кожных покровов могут вызывать не только маски, но и защитные очки (способствуют нагреванию и обезвоживанию кожи, образуют вдавления, контактные дерматиты, крапивница, ксероз и т. д.), и костюмы (выявляются дерматиты, в том числе аллергический, повреждения, вызываемые вследствие трения и мацерации кожи), а последние — способствовать тепловому стрессу и обезвоживанию [34].

В одном из метаанализов существующей научной литературы по данному направлению [35] было показано, что у 78% медицинских сотрудников имелись негативные эффекты при использовании СИЗ. Наиболее частыми были головная боль (55,9%), сухость кожи (54,4%), одышка (53,4%), травмы от сдавливания СИЗ (40,4%), зуд (39,8%), гипергидроз (38,5%) и дерматит (31,0%). Также использование СИЗ связано с кожными реакциями, такими как дерматит, аллергические реакции, атопия, зуд лица, угревая сыпь, различные высыпания. Помимо возраста, пола и типа работ, факторами, связанными с риском негативных эффектов среди медицинских работников из-за использования СИЗ, были: ожирение, сахарный диабет, курение, ранее существовавшая головная боль (способствовали усилению негативных эффектов), более длительная продолжительность смен с использованием СИЗ, увеличение количества дней подряд с использованием СИЗ и повышенный контакт с пациентами с подтверждённым или подозреваемым COVID-19.

В другом исследовании [36] были получены схожие данные по распространённости (~75%) побочных эффектов со стороны кожи, связанных с применением СИЗ как среди медицинского персонала, так и других категорий населения. Частота кожных побочных эффектов, связанных с ношением маски, составила ~57 %, а побочных эффектов, связанных с использованием перчаток и средств гигиены рук, — ~49% (у медицинских работников почти в 2 раза чаще по сравнению другими группами населения). Наиболее частыми побочными эффектами со стороны кожи были контактный дерматит, угревая сыпь, экзема, зуд, жжение, эритема, папулы, сухость, трещины кожи. Повреждения преимущественно локализовались на переносице, щеках и кистях рук. Для большинства эффектов были выявлены разные факторы риска (например, предыдущие истории болезней по типу дерматозов, экзем и др. были факторами риска развития некоторых побочных эффектов). Наиболее распространённым фактором

риска была продолжительность ношения СИЗ. Частое мытье рук с мылом, использование перчаток, санитайзеров и масок чаще всего вызывали кожные реакции. Респираторы N95 были признаны самым вредным типом СИЗОД для кожи по сравнению с остальными типами.

В одном из исследований 80% обследованных сотрудников реанимационных отделений сообщили о негативных эффектах длительного ношения СИЗ, которые включали в себя ощущения жара (1266, 51%), жажды (1174, 47%), зоны сдавливания (1088, 44%), головные боли (696, 28%), невозможность пользоваться ванной (661, 27%) и крайнее утомление (492, 20%). Все негативные последствия были связаны с большей продолжительностью смен и, как следствие, с длительностью ношения СИЗ [37].

При исследовании влияния комбинезонов на самочувствие на 5 добровольцах в «заразной» зоне стационара были выявлены и субъективные (ухудшение самочувствия, ощущение тепла или жара, профузное потоотделение), и объективные (увеличение средних величин температуры «оболочки» тела и его «ядра», теплосодержания организма, увеличение влажности пододёжного пространства, увеличение ЧСС) к определённому часу их ношения (к третьему часу работы показатели теплового состояния соответствовали верхней границе допустимых значений для продолжительности работы не более 3 часов за рабочую смену согласно МУК 4.3.1895-04 [38]) [39].

В исследовании теплового состояния организма при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов на 25 добровольцах (врачи и средний медицинский персонал инфекционного отделения) также были получены данные об увеличении в ходе выполнения профессиональных обязанностей частоты сердечных сокращений (ЧСС) в среднем на 9 уд./мин. по сравнению с исходными значениями (наибольший прирост ЧСС наблюдался в группе лиц 20–29 лет на пятом часу и составил 16 уд./мин.), увеличении температуры «оболочки» и «ядра» (в среднем, на пятом часу работы подмышечная температура тела ($T_{п/м}$) поднялась на 0,4°C, средневзвешенная температура кожи ($T_{ск}$) — на 2,6°C, $T_{ст}$ — на 1,3°C по сравнению с исходными значениями), влагопотерь (средняя величина часовых влагопотерь составила 113 г/ч), энерготрат (в среднем увеличились на ~36% по сравнению с исходными значениями), что способствовало развитию перегрева, появлению дискомфортных ощущений, а также снижению работоспособности (следует учитывать, что тяжесть труда соответствовала «вредному» классу условий труда 3.2, но условия труда по параметрам микроклимата оценивались как «допустимые») [40]. В другом исследовании, где оценка функционального состояния организма при эксплуатации защитного многоразового костюма проводилась в лабораторных условиях в климатической камере с выполнением лёгкой физической и умеренной умственной нагрузки в ходе испытаний на 6 добровольцах в течение 8 часов, также наблюдалось повышение температуры различных частей тела к концу исследования, практически одинаковое по сравнению с вышеуказанным исследованием [40] потоотделение (111,5 г/ч), избыточное теплосодержание организма добровольцев на уровне 5,6 Вт/м² (следует отметить, что плотность теплового потока в зависимости от участка тела увеличивалась или уменьшалась), также не было выявлено статистически достоверных изменений показателей психофизиологического и психического состояния добровольцев, а параметры кардиореспираторной систе-

мы (КРС: ЧСС, частоты дыхательных движений (ЧДД) и др.) не имели значимых изменений в течение 8 часов (увеличивались лишь при физической нагрузке). Авторы делают вывод, что применение костюма при температуре воздуха 25°C и лёгкой физической нагрузке обеспечивает адекватный теплообмен и не приводит к риску перегрева организма [41], при этом в другом исследовании при участии 13 добровольцев, испытывавших 4 типа комплектов СИЗ, отмечалось, что превышение установленных значений теплового состояния организма (средневзвешенная температура тела (СВТТ), средневзвешенная температура тела (СВТК), ректальная температура (РТ)) при работе средней степени тяжести характерно для всех типов исследуемых костюмов в допустимых (25°C) и вредных (30°C) условиях микроклимата: минимальное время достижения допустимого теплового состояния для четырёхчасовой работы при 25°C составляло от 40 мин. (по показателю СВТТ для 1 из костюмов) до 220 мин. (по РТ для 1 из костюмов), а при 30°C — от 30 (по СВТК для всех 4 костюмов и 2 по СВТТ) до 100 мин. (по РТ для 1 из костюмов) [42]. В связи с этим следует отметить, что условия труда медицинских работников в стационарах, как правило, характеризуются как вредные по фактору тяжести (вынужденная поза, перемещение в пространстве, подъём и перемещение пациентов (вручную), оборудования и др.) и напряжённости (интеллектуальные, эмоциональные, сенсорные нагрузки и др.) труда, по биологическому фактору (высокий риск инфицирования различными путями), а также по параметрам микроклимата и другим факторам, которые могут воздействовать на КРС, теплорегуляцию, центральную нервную систему по отдельности или комплексно, тем самым фактор использования СИЗ будет оказывать дополнительное влияние на функциональное состояние и здоровье медицинского работника. В связи с этим представляется важным проведение дальнейших исследований по оценке вклада различных факторов как по отдельности, так и вместе с СИЗ, а также улучшать условия труда медицинских работников не только инфекционных, но и других отделений (патологоанатомических, стерилизационных и т. д.) для снижения риска неблагоприятного воздействия СИЗ на их здоровье. Также следует учитывать состав материала СИЗ, поскольку разные по составу виды СИЗ могут оказывать разную нагрузку на тепловое состояние организма, иметь разную эффективность испарения и, как следствие, разное время достижения и превышения допустимых показателей теплового состояния [42].

Исследование [43] продемонстрировало, что ношение маски повышает параметры микроклимата (температуру >34°C и влажность >70%) в подмасочном пространстве (при этом повышение температуры окружающей среды незначительно влияет на температуру под маской), повышает термическую чувствительность и снижает тепловой комфорт, вызывает дыхательный дискомфорт, а также может привести к снижению ощущения нейтральной и наиболее комфортной температуры окружающей среды на 1,4 и 1,5°C соответственно. Существенные различия могут наблюдаться между респираторами N95 и хирургическими масками: средняя частота сердечных сокращений, температура, влажность и температура кожи в подмасочном пространстве, а также значения субъективных показателей ощущения влажности, тепла, сопротивления дыханию, зуда, усталости и общего дискомфорта значительно чаще выше для масок N95, чем для хирургических масок [44].

В систематическом обзоре [45] среди 954 случаев негативных дерматологических эффектов от использования масок (K95 и N95) было обнаружено более 17 различных побочных реакций на лице, включая 10 наиболее частых по процентному соотношению: зуд (38,8%), боль в ушах (10,7%), ощущения дискомфорта (9,4%), эритема (7,5%), сухость кожи (6,5%), различные высыпания (6,3%), рубцы (4,4%), шелушение (2,3%), боль (2,0%), жжение (2,0%) и волдыри (7%). Маски для лица могут обострить такие кожные заболевания, как угревую сыпь, розацеа и себорейный дерматит.

Большинство исследований, на которых строятся метаанализы, являются исследованиями с применением опросников, и поскольку часто эти опросники заполняются самостоятельно, то существует вероятность искажения полученных результатов. В этой связи следует вести исследования путём проведения медицинских обследований и/или лабораторных исследований с привлечением специалистов, которые смогут объективно и с помощью инструментальных и лабораторных методов подтверждать побочные явления, вызываемые ношением СИЗ: терапевты, дерматологи, неврологи, кардиологи и др.

Комбинированное использование всех СИЗ, которое применяется медперсоналом при лечении коронавирусных больных, может вызывать увеличение частоты дыхания, ограничение видимости/поля зрения, трудности в коммуникации (приглушенная речь), ограничение подвижности рук (вследствие большого числа используемых перчаток), физическую (вследствие ограниченности в движении и увеличении сложности выполнения определённых задач, требующих физической нагрузки) и умственную (когнитивные нарушения) усталость, нарушение терморегуляции (поскольку костюмы, как правило, непроницаемы для жидкостей), трудности в надевании и снятии СИЗ (угроза безопасности), дискомфорт (который способствует развитию беспокойства и стресса). Необходимо искать возможные рациональные решения данных проблем (использование и подбор наиболее удобных, но не уменьшающих степень защиты СИЗ, тренировки по надеванию СИЗ, правильное питание и питьевой режим, рациональный режим работы, проветривание помещений по возможности и т. д.) [46].

Эксперимент Liu *et al.* [47] показал, что использование хирургических масок и в особенности респираторов N95 меняет метаболизм в клетках кожи (в большей степени метаболизм глицерофосфолипидов и сфинголипидов), что может быть связано с гипоксией и повышенной влажностью кожи в области, соприкасающейся с маской, и, как следствие, может повышать риск воспаления и нарушения барьерной функции кожи. Park *et al.* провели изучение последствий ношения медицинской маски для состояния кожи с учётом длительности использования. При ношении маски температура кожи щёк, подбородка и периоральной области возросла, но оставалась постоянной после достижения определённого уровня (несмотря на длительность ношения), отмечались покраснение кожи (статистически значимое в области щёк после 1 и 6 часов, но также наблюдалось и на коже лба после 1 часа), повышение влажности кожи подбородка и периорбитальной области (после 1 часа) и её снижение — в периоральной области (после 1 и 6 часов), повышение секреции кожного сала (после 1 и 6 часов) по сравнению с показателями до использования маски. Авторы отмечают, что изменения в коже при ношении маски могут происходить уже через относительно короткий промежуток времени, а также тем-

пература кожи, покраснение и увлажнённость показали значительные различия между областью, на которой была надета маска, и областью, на которой не было маски [48].

Следует учитывать, что некоторые негативные последствия (головные боли, утомление) могут возникать в результате воздействия вредных факторов условий труда, факторов риска образа жизни (курение, ожирение, несоблюдение режима сна и т. д.), а также от перенесённых инфекционных (включая и COVID-19) и неинфекционных заболеваний или преморбидных состояний, а СИЗ в таком случае лишь усиливают их эффект. Медицинский персонал часто использовал СИЗ и до пандемии COVID-19, хоть и в меньшем масштабе и длительности по времени. В связи со всем вышесказанным необходимо более детальное изучение и дифференцировка причинных факторов негативных изменений в функциональном состоянии и здоровье медицинских работников.

Необходимо учитывать, что применение дезинфицирующих и гигиенических средств (для гигиены рук) снижает вероятность передачи вируса (как с контактирующих поверхностей, так от человека к человеку), но при этом те же гигиенические средства могут приводить к повышению чувствительности кожи и её раздражению, ксерозу, контактному и аллергическому дерматитам (приводящим к различным проявлениям и последствиям: эритемы, отеки, образование корок, лихенификацию) с учётом содержания различных видов дезинфицирующих агентов и добавок (и их механизмов воздействия на развитие кожных поражений) [49]. Метаанализ [50] показал, что при увеличении частоты мытья рук (не менее 8–10 раз за день) увеличивается риск развития экземы, однако обработка спиртосодержащими дезинфицирующими средствами не приводила к статистически значимому повышению риска развития экземы, что может быть обусловлено меньшим раздражением кожи [51]. Дезинфицирующие средства могут содержать химические вещества, которые способны вызывать сенсibilизацию организма, раздражать кожу и слизистые глаз и верхних дыхательных путей, вызывать аллергические реакции и многие другие побочные эффекты. Поэтому необходимо соблюдать большое количество различных профилактических мер для предотвращения или минимизации негативных последствий их использования (выбирать проверенные, в составе которых имеются смягчающие средства, применять в соответствии с инструкциями, соблюдать меры предосторожности при приготовлении и применении, заменять в случае аллергии или других побочных эффектов, но с учётом эффективности в отношении вирусов и других микроорганизмов и т. д.). И это также следует учитывать при изучении негативных последствий в связи с использованием СИЗ.

Обобщая данные, можно предполагать, что СИЗ позволяют уменьшить вероятность заражения коронавирусом, однако необходимо понимать, что существует большой ряд мешающих факторов, не позволяющих оценить их реальную эффективность. Исследования эффективности СИЗ усложняются тем фактом, что в настоящее время охват вакцинацией медицинских работников довольно высок, что может сказаться на заболеваемости, в том числе и в стёртой форме. К тому же крайне сложно провести масштабное рандомизированное клиническое исследование по оценке эффективности, а лабораторные или полевые исследования содержания вирусных частиц никак не регламентированы и не унифицированы. Применение СИЗ может вызывать побочные и негативные эффекты,

которые сказываются на здоровье медицинского персонала. Но несмотря на все это, СИЗ являются важным элементом защиты медицинских работников, обеспечивающим «двойную» барьерную функцию (относительно эффективное снижение вероятности как распространения вируса, так и контакта с ним, т. е. уменьшение инфекционной дозы), и все работники в должной мере должны быть ими обеспечены. Необходимо принять ряд мер, позволяющих снизить или предотвратить возникновение негативных эффектов в результате использования СИЗ:

1) Организационно-административные: соблюдать режим труда и отдыха, увеличивать частоту регламентированных перерывов, увеличивать количество выдаваемых СИЗ, уменьшать время ношения СИЗ с учётом параметров безопасности, соблюдать питьевой режим, режим проветривания, режим дезинфекции помещений.

2) Инженерно-технические: налаживание системы вентиляции и кондиционирования воздуха и других систем для поддержания комфортных условий труда с учётом использования СИЗ и т. д.

3) Соблюдать оптимальные и допустимые условия труда медицинских работников с учётом всех воздействующих факторов рабочей среды и трудового процесса.

4) Изучать влияние состава и других характеристик материалов, из которых сделаны СИЗ, с целью выявления наиболее эффективных и в то же время физиологически адаптированных СИЗ.

5) Обучать правильному надеванию и снятию, а также ношению СИЗ,

6) Проводить комплексное обследование медицинских работников, выявляя факторы риска и сопутствующие заболевания, влияющие на риск и тяжесть негативных эффектов ношения СИЗ, оценивать и давать рекомендации о допуске сотрудника к работе.

7) Включать в обследование консультации дерматологов по лечению и профилактике кожных заболеваний, включая лекарственные средства.

8) Рекомендовать надлежащее питание, отказ от вредных привычек, нормализовать время сна.

Использование СИЗ должно регламентироваться с учётом реализации других мер профилактики, которые выше в иерархии мер контроля вредного фактора, где наиболее эффективными мерами является физическое устранение или замена вредного фактора, при невозможности реализации данных мер — использование технические решения (изоляция или экранирование людей), а также организационных мер (изменения рабочего порядка) и только в последнюю очередь — использование СИЗ [52].

Особо следует отметить, что с учётом имеющихся данных представляется целесообразным рассмотрение изменений в состоянии здоровья в связи с интенсивным использованием СИЗ как профессионально обусловленных или профессиональных.

Список литературы (пп. 5–30, 33–37, 43–51 см. References)

1. Всемирная организация здравоохранения. Временные рекомендации от 2 февраля 2021 г. «COVID-19: гигиена и безопасность труда медицинских работников». <https://clck.ru/375Ehk>
2. Методические рекомендации МР 3.1.0170-20 «Эпидемиология и профилактика COVID-19».
3. Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 11 апреля 2020 года N 02/6673-2020-32 «О направлении рекомендаций по применению СИЗ для различных категорий граждан при рисках инфицирования COVID-19».
4. Кириллов В.Ф., Филин А.С., Чиркин А.В. Обзор результатов производственных испытаний средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). *Токсикологический вестник*. 2014; 6 (129): 44–49.
31. МУ 2.2.8.1893-04 «Обнаружение локализации подсоса воздуха в подмасочное пространство средств индивидуальной защиты органов дыхания с помощью люминесцирующих аэрозолей».
32. ГОСТ 12.4.299—2015. «Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию».
38. МУК 4.3.1895-04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания».
39. Конюхов А.В., Гереев А.М., Лемешко В.И. Особенности теплового состояния медицинских работников при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(11): 801–803. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-803>
40. Бухтияров И.В., Гереев А.М., Краснова С.В., Конюхов А.В., Сажина М.В., Малахова И.С., Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Меркулова А.Г., Калинина С.А. Тепловое состояние организма при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(11): 1321–1327. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1321-1327>
41. Юдин А.Б., Калтыгин М.В., Коновалов Е.А., Власов А.А., Альтов Д.А., Батов В.Е., Шириева А.И., Якунчикова Е.А., Данилова О.А.. Оценка функционального состояния организма при эксплуатации защитного многоразового костюма как средства минимизации риска инфицирования медицинского персонала. *Анализ риска здоровью*. 2021; 4: 152–161.
42. Батов В.Е., Кузнецов С.М. Гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от биологических факторов. *Здоровье населения и среда обитания*. 2022; 30(10): 58–66. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-58-66>
52. Иерархия мер контроля. Национальный институт охраны труда США. NIOSH. Hierarchy of controls. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html#print>

References

1. World Health Organization. Temporary recommendations dated February 2, 2021 "COVID-19: occupational health and safety of medical workers". <https://clck.ru/375Ehk> (in Russian).
2. Methodological recommendations of MR 3.1.0170-20 "Epidemiology and prevention of COVID-19" (in Russian).
3. Letter of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare dated April 11, 2020 No. 02/6673-2020-32 "On the direction of recommendations on the use of PPE for various categories of citizens at risk of infection with COVID-19" (in Russian).
4. Kirillov V.F., Filin A.S., Chirkin A.V. Overview of industrial testing outcome of respiratory organs personal protection equipment. *Toxicological Review*. 2014; 6: 44–49 (in Russian).
5. Noti J.D., Lindsley W.G., Blachere F.M., Cao G., Kashon M.L., Thewlis R.E., McMillen C.M., King W.P., Szalajda J.V.,

- Beezhold D.H. Detection of Infectious Influenza Virus in Cough Aerosols Generated in a Simulated Patient Examination Room. *Clinical Infectious Diseases*. 2012; 54(11): 1569–1577. <https://doi.org/10.1093/cid/cis237>
6. Lindsley W.G., King W.P., Thewlis R.E., Reynolds J.S., Panday K., Cao G., Szalajda J.V. Dispersion and exposure to a cough-generated aerosol in a simulated medical examination room. *J Occup Environ Hyg*. 2012; 9(12): 681–90. <https://doi.org/10.1080/15459624.2012.725986>
 7. Blachere F.M., Lindsley W.G., McMillen C.M., Beezhold D.H., Fisher E.M., Shaffer R.E., Noti J.D. Assessment of influenza virus exposure and recovery from contaminated surgical masks and N95 respirators. *Journal of virological methods*. 2018; 260: 98–106.
 8. Lednicky J.A., Lauzard M., Fan Z.H. et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *Int J Infect Dis*. 2020; 100: 476–82
 9. Linde K.J., et al. (COCON Consortium). Detection of SARS-CoV-2 in Air and on Surfaces in Rooms of Infected Nursing Home Residents. *Annals of Work Exposures and Health*. 2023; 67(1): 129–140. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxac056>
 10. Masoumbeigi H., Ghanizadeh G., Yousefi Arfaei R. et al. Investigation of hospital indoor air quality for the presence of SARS-Cov-2. *J. Environ. Health Sci. Engineer*. 2020; 18: 1259–1263. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00543-3>
 11. Faridi S., Niazi S., Sadeghi K. et al. A field indoor air measurement of SARS-CoV-2 in the patient rooms of the largest hospital in Iran. *Sci. Total Environ*. 2020; 725: 138401. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138401>
 12. Bartoszko J.J., Farooqi M.A.M., Alhazzani W., Loeb M. Medical masks vs N95 respirators for preventing COVID-19 in healthcare workers: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Influenza Other Respi Viruses*. 2020; 14: 365–373. <https://doi.org/10.1111/irv.12745>
 13. Offeddu V., Yung C.F., Low M.S.F., Tam C.C., Effectiveness of Masks and Respirators Against Respiratory Infections in Healthcare Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Infectious Diseases*. 2017; 65(11): 1934–1942. <https://doi.org/10.1093/cid/cix681>
 14. Liang M., Gao L., Cheng C., Zhou Q., Uy J.P., Heiner K., Sun C. Efficacy of face mask in preventing respiratory virus transmission: A systematic review and meta-analysis. *Travel Med Infect Dis*. 2020; 36: 101751. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101751>
 15. Li Y., Liang M., Gao L., Ahmed M. A., Uy J. P., Cheng C. et al. Face masks to prevent transmission of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *American journal of infection control*. 2021; 49(7): 900–906.
 16. Long Y., Hu T., Liu L., et al. Effectiveness of N95 respirators versus surgical masks against influenza: A systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Med*. 2020; 13: 93–101. <https://doi.org/10.1111/jebm.12381>
 17. Smith J.D., MacDougall C.C., Johnstone J., Copes R. A., Schwartz B., Garber G.E. Effectiveness of N95 respirators versus surgical masks in protecting health care workers from acute respiratory infection: a systematic review and meta-analysis. *Cmaj*. 2016; 188(8): 567–574.
 18. Soleman S.R., Lyu Z., Okada T., Sassa M.H., Fujii Y., Mahmoud M.A.M., Ebner D.K., Harada K.H. Efficacy of personal protective equipment to prevent environmental infection of COVID-19 among healthcare workers: a systematic review. *Environ. Health Prev. Med*. 2023; 28: 1. <https://doi.org/10.1265/ehpm.22-00131>
 19. Schoberer D., Osmanovic S., Reiter L., Thonhofer N., Hoedl M. Rapid review and meta-analysis of the effectiveness of personal protective equipment for healthcare workers during the COVID-19 pandemic. *Public Health in Practice*. 2022; 4: 100280.
 20. Zhao Y., Liang W., Luo Y., Chen Y., Liang P., Zhong R., et al. Personal protective equipment protecting healthcare workers in the Chinese epicentre of COVID-19. *Clinical Microbiology and Infection*. 2020; 26(12): 1716–1718.
 21. Tran K., Cimon K., Severn M., Pessoa-Silva C.L., Conly J. Aerosol Generating Procedures and Risk of Transmission of Acute Respiratory Infections to Healthcare Workers: A Systematic Review. *PLoS ONE*. 2012; 7(4): e35797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035797>
 22. Ng R., Hoong Poon B., Hai Kiat Puar T., et al. COVID-19 and the Risk to Health Care Workers: A Case Report. *Ann Intern Med*. 2020; 172: 766–767. <https://doi.org/10.7326/L20-0175>
 23. Yao W. et al. Emergency tracheal intubation in 202 patients with COVID-19 in Wuhan, China: lessons learnt and international expert recommendations. *British journal of anaesthesia*. 2020; 125(1): e28–e37.
 24. Heinzerling A., Stuckey M.J., Scheuer T., Xu K., Perkins K.M., Resseger H., Magill S., Verani J.R., Jain S., Acosta M., Epton E. Transmission of COVID-19 to Health Care Personnel During Exposures to a Hospitalized Patient — Solano County, California, February 2020. *MMWR Morb. Mortal Weekly Rep*. 2020; 69(15): 472–476. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6915e5>
 25. Chan K.H., Yuen K.Y. COVID-19 epidemic: disentangling the re-emerging controversy about medical facemasks from an epidemiological perspective. *Int. J. Epidemiol*. 2020; 49(4): 1063–1066.
 26. OSHA. 29 CFR § 1910.134 Respiratory protection. <https://clck.ru/375F79>
 27. The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 Approved Code of Practice and guidance L5 (Sixth edition). <https://clck.ru/375F6P>
 28. HSE «Guidance on respiratory protective equipment (RPE) fit testing INDG479». <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg479.htm>
 29. ANSI/AIHA/ASSE Z88.10-2010 «Respirator Fit Testing Methods».
 30. NIOSH [2015]. «Hospital Respiratory Protection Program Toolkit: Resources for Respirator Program Administrators». Atlanta, GA: Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication Number 2015-117 (revised 04/2022). <https://doi.org/10.26616/NIOSH-PUB2015117revised042022>
 31. Methodical instructions 2.2.8.1893-04 "Detection of localization of air suction into the under-mask space of personal respiratory protection equipment using luminescent aerosols" (in Russian).
 32. National standard 12.4.299—2015. "Personal respiratory protection equipment. Recommendations for selection, application and maintenance" (in Russian).
 33. Rosner E. Adverse Effects of Prolonged Mask Use among Healthcare Professionals during COVID-19. *J. Infect. Dis. Epidemiol*. 2020; 6: 130. <https://doi.org/10.23937/2474-3658/1510130>
 34. Shubhanshu K., Singh A. Prolonged Use of N95 Mask a Boon or Bane to Healthcare Workers During Covid-19 Pandemic. *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2022; 74(2): 2853–2856. <https://doi.org/10.1007/s12070-021-02396-0>
 35. Galanis P., Vraka I., Fragkou D., Bilali A., Kaitelidou D. Impact of personal protective equipment use on health care workers' physical health during the COVID-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Infection Control*. 2021; 49(10): 1305–1315.
 36. Montero-Vilchez T., Cuenca-Barrales C., Martinez-Lopez A., Molina-Leyva A., Arias-Santiago S. Skin adverse events related to personal protective equipment: a systematic review and meta-analysis. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2021; 35: 1994–2006. <https://doi.org/10.1111/jdv.17436>
 37. Tabah A. et al. Personal protective equipment and intensive care unit healthcare worker safety in the COVID-19 era (PPE-SAFE): An international survey. *Journal of Critical Care*. 2020; 59: 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2020.06.005>

38. Methodical instructions 4.3.1895-04 "Assessment of the thermal state of a person in order to substantiate hygienic requirements for the microclimate of workplaces and measures to prevent cooling and overheating".
39. Konyukhov A.V., Geregei A.M., Lemesko V.I. Features of the thermal state of medical workers when using personal protective equipment against biological factors. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60(11): 801–803 (in Russian). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-803>
40. Bukhtiyarov I.V., Geregey A.M., Krasnova S.V., Konyukhov A.V., Sazhina M.V., Malakhova I.S., Burmistrova O.V., Losik T.K., Merkulova A.G., Kalinina S.A. The thermal state of body when using personal protective equipment against biological factors. *Gigiena i sanitariya.* 2022; 101(11): 1321–1327 (in Russian). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1321-1327>
41. Yudin A.B., Kaltygin M.V., Konovalov E.A., Vlasov A.A., Altov D.A., Batov V.E., Shiryayeva A.E., Yakunchikova E.A., Danilova O.A. Assessing functional state of the body when wearing a reusable protective suit to minimize risks of contagion among medical personnel. *Health Risk Analysis.* 2021; 4: 152–161 (in Russian). <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.17.eng>
42. Batov V.E., Kuznetsov S.M. Hygienic Assessment of Personal Protective Equipment against Biological Hazards. *Public Health and Life Environment — PH&LE.* 2022; (10): 58–66 (in Russian). <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-58-66>
43. Zhang R., Liu J., Zhang L., Lin J., Wu Q. The distorted power of medical surgical masks for changing the human thermal psychology of indoor personnel in summer. *Indoor Air.* 2021; 31(5): 1645–1656. <https://doi.org/10.1111/ina.12830>
44. Li Y., Tokura H., Guo Y. et al. Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* 2005; 78: 501–509. <https://doi.org/10.1007/s00420-004-0584-4>
45. Thatiparthi A., Liu J., Martin A., Wu J.J. Adverse Effects of COVID-19 and Face Masks: A Systematic Review. *J. Clin. Aesthet. Dermatol.* 2021; 9(1): S39–S45.
46. Ruskin K.J., Ruskin A.C., Musselman B.T, Harvey J.R., Nesthus T.E., O'Connor M. COVID-19, Personal Protective Equipment, and Human Performance. *Anesthesiology.* 2021; 134: 518–525. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003684>
47. Liu Y., Zhao H., Chen H., Li X., Ran C., Sun H., Wang L. Does mask wearing affect skin health? An untargeted skin metabolomics study. *Environment International.* 2023; 178: 108073.
48. Park S.-R., Han J., Yeon Y.M., Kang N.Y., Kim, E. Effect of face mask on skin characteristics changes during the COVID-19 pandemic. *Skin Res Technol.* 2021; 27: 554–559. <https://doi.org/10.1111/srt.12983>
49. Rundle C.W., Presley C.L., Militello M., Barber C., Powell D.L., Jacob S.E., Atwater A.R., Watsky K.L., Yu J., Dunnick C.A. Hand hygiene during COVID-19: Recommendations from the American Contact Dermatitis Society. *J Am Acad Dermatol.* 2020; 83(6): 1730–1737. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.07.057> Epub 2020 Jul 22.
50. Loh E.D.W., Yew Y.W. Hand hygiene and hand eczema: A systematic review and meta-analysis. *Contact Dermatitis.* 2022; 87(4): 303–314. <https://doi.org/10.1111/cod.14133>
51. Löffler H., Kampf G., Schmermund D., Maibach H.I. How irritant is alcohol? *British Journal of Dermatology.* 2007; 157(1): 74–81. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2007.07944.x>
52. Hierarchy of controls. NIOSH. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html#print>