

EDN: <https://elibrary.ru/kvsxes>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-4-237-244>

УДК 612.521.1

© Коллектив авторов, 2024

Конюхов А.В.<sup>1</sup>, Шупорин Е.С.<sup>1</sup>, Иванов И.В.<sup>1,2</sup>, Бурмистрова О.В.<sup>1</sup>**Тепловое и функциональное состояние работников микробиологических лабораторий при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов**<sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275;<sup>2</sup>ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России, ул. Лесопарковая, 4, Санкт-Петербург, 195043

**Введение.** Использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) от патогенных биологических агентов (ПБА) медицинскими работниками микробиологических лабораторий является обязательным требованием инфекционной безопасности, однако низкая или отсутствующая воздухо- и паропроницаемость данных СИЗ и их элементов может способствовать нарушению функционального и теплового состояния.

**Цель исследования** — физиолого-гигиеническая оценка СИЗ от ПБА по показателям теплового состояния организма при моделировании профессиональной деятельности работников микробиологической лаборатории.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на базе лаборатории средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов ФГБНУ «НИИ МТ» на 12 практически здоровых лицах — медицинских работников мужского и женского пола при моделировании рабочей деятельности и санитарно-эпидемиологических требований к микробиологической лаборатории.

**Результаты.** Полученные в динамике исследования значения показателей температуры кожи и тела, частоты сердечных сокращений, артериального давления и уровня насыщения кислородом крови позволили определить степень напряжения теплового и функционального состояния организма медицинских работников. Показатели, полученные в ходе эксперимента, оценивались в соответствии с действующими нормативными документами. Ряд показателей теплового состояния, полученные в ходе исследования имели статистически значимые отличия от их исходных значений при  $p < 0,05$ .

**Выводы.** При использовании средств индивидуальной защиты от ПБА при комфортных микроклиматических условиях был отмечен рост некоторых критериальных показателей обследованных лиц, в частности до верхней границы допустимых значений теплового состояния, что свидетельствует о ведущем влиянии СИЗ на терморегуляцию организма и обуславливает необходимость их снижения в процессе производственной деятельности и требует ограничить максимальную продолжительность рабочей смены в заданных условиях тремя часами с последующим перерывом для восстановления теплового состояния и водно-солевого баланса.

**Этика.** Исследование проведено с соблюдением этических принципов и норм, протокол заседания локального этического комитета № 9 от 23.11.2022.

**Ключевые слова:** производственная деятельность; микробиологическая лаборатория; биологическая защита; средства индивидуальной защиты; тепловое состояние организма; терморегуляция; функциональное состояние организма

**Для цитирования:** Конюхов А.В., Шупорин Е.С., Иванов И.В., Бурмистрова О.В. Тепловое и функциональное состояние работников микробиологических лабораторий при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(4): 237–244. <https://elibrary.ru/kvsxes> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-4-237-244>

**Для корреспонденции:** Конюхов Алексей Владимирович, e-mail: [poiuytyui@yandex.ru](mailto:poiuytyui@yandex.ru)

**Участие авторов:**

Конюхов А.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста;

Шупорин Е.С. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, редактирование;

Иванов И.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование;

Бурмистрова О.В. — написание текста, редактирование.

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

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

Дата поступления: 12.03.2024 / Дата принятия к печати: 10.04.2024 / Дата публикации: 20.05.2024

Alexey V. Konyuhov<sup>1</sup>, Evgenii S. Shuporin<sup>1</sup>, Ivan V. Ivanov<sup>1,2</sup>, Olga V. Burmistrova<sup>1</sup>**Thermal and functional condition of microbiological laboratory workers when using personal protective equipment against biological factors**<sup>1</sup>Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, 105275;<sup>2</sup>State Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 4, Lesoparkovaja St., St. Petersburg, 195043

**Introduction.** The use of personal protective equipment (PPE) against pathogenic biological agents (PBA) by medical workers in microbiological laboratories is a mandatory requirement for infectious safety, however, low or absent air and vapor permeability of these PPE and their elements can contribute to disruption of the functional and thermal state.

**The aim of the study** is a physiological and hygienic assessment of PPE against pathogenic pathogens based on indicators of the thermal state of the body when modeling the professional activities of microbiological laboratory workers.

**Materials and methods.** The study was conducted on the basis of the laboratory of personal protective equipment and industrial exoskeletons of Izmerov Research Institute of Occupational Health on 12 practically healthy individuals — male and female medical workers while simulating work activities and sanitary and epidemiological requirements for a microbiological laboratory.

**Results.** The values of skin and body temperature, heart rate, blood pressure and blood oxygen saturation levels obtained in the dynamics of the study made it possible to determine the degree of stress in the thermal and functional state of the body

of medical workers. The indicators obtained during the experiment were assessed in accordance with current regulatory documents. A number of thermal state indicators obtained during the study had statistically significant differences from their initial values at  $p < 0.05$ .

**Conclusions.** When using personal protective equipment against pathogenic pathogens under comfortable microclimatic conditions, an increase in some criterion indicators of the examined individuals was noted, in particular to the upper limit of permissible values of thermal state, which indicates the leading influence of PPE on the thermoregulation of the body and necessitates a reduction in the process of production activities and requires limiting the maximum duration of a work shift under given conditions is three hours, followed by a break to restore the thermal state and water-salt balance.

**Ethics.** The study was conducted in compliance with ethical principles and norms, an extract from the minutes of the meeting of the local ethics committee No. 9 dated 11/23/2022 was obtained.

**Keywords:** production operation; microbiological laboratory; biological protection; personal protective equipment; thermal condition; thermoregulation; functional state

**For citation:** Konyukhov A.V., Shuporin E.S., Ivanov I.V., Burmistrova O.V. Thermal and functional condition of microbiological laboratory workers when using personal protective equipment against biological factors. *Med. truda and prom. ekol.* 2024; 64(4): 237–244. <https://elibrary.ru/kvsxes> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-4-237-244> (in Russian)

**For correspondence:** Alexey V. Konyukhov, e-mail: poiuytui@yandex.ru

**Contribution:**

Konyukhov A.V. — concept and design of research, data collection and processing, text writing;

Shuporin E.S. — research concept and design, data collection and processing, editing;

Ivanov I.V. — concept and design of the study, editing;

Burmistrova O.V. — writing, editing.

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

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

Received: 12.03.2024 / Accepted: 10.04.2024 / Published: 20.05.2024

**Введение.** Деятельность работников микробиологических лабораторий отличается повышенной тяжестью и напряжённостью труда [1, 2]. В микробиологических лабораториях персонал сталкивается с множеством различных операций, быстрой сменой видов деятельности и с повышенными рисками заражения и аварийных ситуаций [3, 4]. Установлено, что работники микробиологических лабораторий, которые работают от 6 до 10 лет, имеют повышенные показатели распространённости болезней органов дыхания ( $24,42 \pm 1,37$ ), органов пищеварения ( $8,14 \pm 0,86$ ) и болезней кожи и подкожной клетчатки ( $8,14 \pm 0,86$ ), а также, стаж работы более 10 лет связан с достоверным увеличением заболеваний мочеполовой системы ( $13,95 \pm 1,00$ ) [5, 6]. Причиной вышеописанных заболеваний среди работников является множество факторов, ряд из которых может быть связан не с условиями труда в лаборатории, а с применяемыми средствами профилактики инфекционных заболеваний [7, 8].

Так, в «заразной» зоне для защиты тела и органов дыхания работники лабораторий обязаны использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) от патогенных биологических агентов (ПБА) различных видов и комплекций [9–12]. Применяемые в лабораториях СИЗ от ПБА могут полностью или частично изолировать человека от внешней среды [13], тем самым влияя на тепло- и влагообмен, нарушая тепловое состояние, что в конечном итоге влияет на работоспособность и здоровье [14]. Исследования теплового состояния медицинских работников редко проводятся в связи с комфортными или близкими к комфортным микроклиматическим условиями на рабочих местах. Также следует учесть, что сбор данных о тепловом и функциональном состоянии в «заразных» зонах инфекционных отделений и лабораторий затруднён в связи с особым режимом объекта, требованиями микробиологической безопасности и необходимостью использования СИЗ от ПБА на протяжении рабочей смены. Однако имеющиеся данные об условиях труда и функциональном состоянии медицинских работников инфекционного стационара, принимавших участие в оказании помощи пациентам с новой коронавирусной инфекцией, свидетельствуют о превышении допустимых показателей теплого

состояния. Использование изолирующих СИЗ от ПБА высокого класса в «заразных» зонах инфекционных отделений у принимавших в исследованиях лиц — врачей, медицинских сестёр и санитаров приводило к перегреву или высоким влагопотерям с потом [15–18]. При этом конкретная должность или специализация медицинского работника играли наименьшую роль в формировании изменений в тепловом состоянии.

Учитывая вышеизложенное, остаётся открытым вопрос о работниках микробиологических лабораторий, вынужденных использовать СИЗ от ПБА в «заразной» зоне и при этом выполнять не только умственную, но и физическую работу.

**Цель исследования** — провести физиолого-гигиеническую оценку СИЗ от ПБА по показателям теплового состояния организма при моделировании профессиональной деятельности работников микробиологической лаборатории.

**Задачи исследования:**

- построить модель трудовой деятельности работника микробиологической лаборатории с учётом хронометража, микроклиматических условий, используемых СИЗ и энергозатрат;
- провести оценку теплового состояния работников микробиологических лабораторий по заданной модели трудовой деятельности и исследовать некоторые аспекты их функционального состояния;
- на основании полученных данных о тепловом состоянии определить максимально допустимую продолжительность непрерывной работы в заданных условиях.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на базе лаборатории средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов ФГБНУ «НИИ МТ». В исследованиях принимали участие 12 практически здоровых лиц — медицинских работников (6 мужского и 6 женского пола), возрастом от 25 до 56 лет, масса тела —  $84,4 \pm 23$  ( $M \pm \sigma$ ), индекс массы тела (ИМТ) —  $28,5 \pm 5,8$  ( $M \pm \sigma$ ), рост —  $170,8 \pm 10,5$  см ( $M \pm \sigma$ ).

Участники испытаний — медицинские работники были одеты в СИЗ от ПБА, приближенному к противочум-

ному костюму I класса (хирургический костюм, халат одноразовый, респиратор класса защиты FFP3, очки, перчатки медицинские 2 пары, шапочка, обувь, носки, бахилы)<sup>1</sup>. Пример используемой в исследовании комплектации СИЗ представлен на **рисунке 1**.

Моделирование рабочей деятельности в лаборатории формировалось на основании хронометража трудового процесса действительного медицинского персонала «заразных» зон инфекционного стационара и микробиологических лабораторий в соответствии с уровнем энергозатрат в реальных условиях (по результатам ранее проведённых исследований, рассчитанных по ЧСС во время работы). Моделирование физической и умственной нагрузок осуществлялось следующим образом: работник в сидячем положении сортировал на столе по принципу схожести лабораторные пробирки четырёх типов суммарным количеством 70 штук, производя расчёт какое количество пробирок каждого типа, записывая в журнал и на электронный носитель. Сортируемые пробирки собирались в разные планшеты. После сортировки работник разносил планшеты с пробирками по разным помещениям и распisyвался в журнале, возвращался на рабочее место и ждал пока ассистент (исполнитель эксперимента) подготавливал новую партию пробирок количеством 70 штук. Время на выполнения одного описанного цикла — 10 минут. Продолжительность одного эксперимента — 240 минут (4 часа).

Изучение теплообмена и функционального состояния организма медицинских работников проводили до начала работы, в процессе выполнения трудовой деятельности и в течение 30 мин после её окончания в соответствии с МУК 4.3.1895–04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания»<sup>2</sup> и ГОСТ Р ИСО 9886–2008 «Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений»<sup>3</sup>.

У обследованных лиц регистрировали:

- температуру кожи ( $T_K$ ) на 11 участках поверхности тела;
- температуру под респиратором в области подбородка ( $T_{П/Р}$ );
- тепло- и влагоощущения ( $T_O, V_O$ ) по балльным шкалам согласно МУК 4.3.1895–04;
- температуру тела в подмышечной впадине ( $T_{П/М}$ );
- АД;
- ЧСС;
- уровень насыщения крови кислородом;
- самочувствие по пятибалльной шкале.

До и после выполнения трудовой деятельности (в начале и конце эксперимента) у них регистрировали также массу тела.

В соответствии с МУК 4.3.1895–04 рассчитывали:

- площадь поверхности тела человека ( $S$ );

<sup>1</sup> Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней. СанПиН 3.3686-21. – 1092 с.

<sup>2</sup> Методические указания МУК 4.3.1895–04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания»

<sup>3</sup> Государственный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9886–2008 «Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений»



**Рис. 1. Внешний вид медицинского работника в исследуемой комплектации СИЗ от ПБА**

**Fig. 1. The appearance of a medical worker in the studied biological PPE**

- средневзвешенную температуру кожи ( $T_{СВК}$ );
- среднюю температуру тела ( $T_{СТ}$ );
- теплосодержание в организме ( $Q_{TC}$ );
- изменение теплосодержания организма ( $\Delta Q_{TC}$ ) за каждый час работы;
- влажпотери ( $\Delta P$ ).

Расчёт энергозатрат проводили в соответствии с ГОСТ Р ИСО 8996–2008 «Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ»<sup>4</sup>.

Микроклиматические параметры измерялись при помощи измерителя параметров микроклимата «МЕТЕОСКОП-М» (Россия). Температура воздуха в помещениях в период исследования находилась в пределах  $23,3 \pm 1,1^\circ\text{C}$ , относительная влажность —  $48,2 \pm 3,5\%$ , скорость движения воздуха не превышала  $0,1 \text{ м/с}$ .

Все вышеперечисленные показатели, были собраны или рассчитаны для сравнения до начала эксперимента (исходное значение) и после его окончания, спустя 30 минут покоя без СИЗ в положении сидя после выполнения трудовой деятельности (контрольное значение).

Статистическая обработка материала. Количественные данные, полученные в ходе исследования, были оценены на нормальность распределения с помощью теста Шапиро–Уилка.

В связанных выборках достоверность различий количественных данных, полученных в ходе исследования, оценивалась попарно с исходными значениями. Группы данных с ненормальным распределением оценивались при помощи статистического критерия Уилкоксона, для нормально распределённых групп использовался парный  $t$ -критерий Стьюдента. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

Достоверность различий порядковых данных в связанных выборках оценивалась попарно с исходными значениями при помощи статистического критерия Уилкоксона, различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

Статистические расчёты проводились при помощи программного обеспечения *Microsoft Office Excel 2019* и *IBM SPSS Statistics 26.0*

**Результаты и обсуждение.** Для определения допустимой продолжительности рабочей деятельности в заданных условиях в соответствии с МУК 4.3.1895-04 был определён уровень ЧСС обследованных лиц с дальнейшим

<sup>4</sup> Государственный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 8996–2008 «Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ».

**ЧСС и энерготраты обследованных лиц в ходе исследования ( $M \pm \sigma$ ),  $n=12$**   
**Heart rate and energy consumption of the examined persons during the study ( $M \pm \sigma$ ),  $n=12$**

Регистрируемые показатели	Величина показателя					После снятия СИЗ
	Исходное значение	За время выполнения трудовой деятельности				
		1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	
ЧСС, уд/мин	77±12	78±10	79±12	77±14	82±10	74±10
Энерготраты, Вт/м <sup>2</sup>	75±47	82±42	87±52	81±61	105±61	65±32
Средние энерготраты, Вт/м <sup>2</sup>	—	95±55				—

расчётом энерготрат. Полученные в ходе исследования показатели ЧСС и полученные в ходе расчёта энерготраты представлены в **таблице 1**.

Расчёт энерготрат проводился индивидуально для каждого человека с учётом ЧСС, пола, возраста и массы тела по формулам, представленным в ГОСТ ИСО 8996-2008. Наличие физической и/или тепловой нагрузки подтверждается ростом энерготрат по сравнению с исходными значениями в среднем на 20 Вт/м<sup>2</sup>. При этом значения ЧСС по сравнению с исходными не претерпевали значительного роста. Высокая вариабельность значений энерготрат связана с нестабильностью рабочей деятельности — сочетания сидячей умственной нагрузки и лёгкой физической активности (ходьбы). Отсутствие статистических различий результатов в парных выборках свидетельствуют об отсутствии или низком влиянии факторов модели рабочей деятельности на прирост показателей ЧСС и энерготрат, что может означать, что прирост показателей связан в первую очередь с индивидуальными реакциями на нагрузки у каждого работающего.

Энерготраты в ходе выполнения модели трудовой деятельности соответствовали пограничным значениям лёгкой и средней тяжести работ (Iб–IIа) и их значения позволили определить подходящие коэффициенты для расчётных показателей теплового состояния.

Результаты измеренных и рассчитанных показателей теплового состояния представлены в **таблице 2**.

В связи с измерением температуры в подмышечной впадине не удалось зафиксировать значимых изменений в температуре «ядра» тела, полученные данные не имеют статистических различий по сравнению с исходными и находятся в пределах оптимальных значений.

Полученные значения средневзвешенной температуры кожи демонстрировали прирост до 0,6°С, который сохра-

нялся даже спустя тридцать минут после эксперимента. Согласно Методическим указаниям данные значения  $T_{свк}$  входят в верхние границы допустимых.

Температура под респиратором продолжала увеличиваться в ходе всего исследования у каждого добровольца. Спустя 30 минут после снятия средства защиты органов дыхания (СИЗОД) температура у обследованных лиц восстанавливалась. Данный показатель не имеет установленных нормативов, полученные значения могут быть основанием для проведения отдельных исследований по влиянию СИЗОД на здоровье человека и сравнения с другими СИЗ — масками, полумасками, щитками и т. д.

Средняя температура тела и теплоощущения имеют лучшую статистическую достоверность различий по сравнению с исходными значениями, нежели вышеописанные показатели. Показатель  $T_{ст}$ , рассчитанный по объективным значениям температуры и субъективным ощущениям человека, находился большую часть исследования в пределах 36°С, что также соответствует верхней границе допустимых значений. На протяжении большей части исследования участники испытаний оценивали своё состояние отличное от комфортного: в первые часы моделирования рабочей деятельности как «слегка тепло» (балл 5), в последние часы — как «тепло» (балл 6), ответов «комфортно» или «жарко» практически не наблюдалось в часы работы. Влагоощущения не нормируются, но начиная со второго часа выполнения рабочей деятельности большинство из них отмечали, что потеют достаточно интенсивно, а профузное потовыделение отмечалось в единичных случаях.

Исходное значение теплосодержания 12 участников испытаний соответствовало 124±1,5 кДж/к ( $M \pm \sigma$ ). Наблюдаемое в течение четырёх часов моделирования рабочей деятельности значение накопления тепла было незначительным и не превышало верхней границы допустимого

Таблица 2 / Table 2

**Показатели теплового состояния обследованных лиц в ходе исследования**  
**Indicators of the thermal condition of the examined persons during the study**

Регистрируемые показатели	Величина показателя					После снятия СИЗ
	Исходное значение	За время выполнения трудовой деятельности				
		1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	
$T_{п/м}$ , °С ( $M \pm \sigma$ )	36,6±0,12	36,6±0,2	36,6±0,18	36,7±0,23	36,7±0,25	36,7±0,12
$T_{свк}$ , °С ( $M \pm \sigma$ )	32,9±0,7	33,4±1	33,4±1,1	33,3±0,9	33,5±0,9*	33,6±0,9*
$T_{сд}$ , °С ( $M \pm \sigma$ )	35,6±0,4	35,9±0,4*	36,0±0,3*	36,0±0,2*	36,0±0,3*	35,8±0,4
$T_{п/р}$ , °С ( $M \pm \sigma$ )	33,7±1,5	35,0±0,9*	35,1±0,8*	35,1±0,7*	35,4±0,7*	33,7±1,1
$T_{от}$ , балл ( $Me [Q1;Q3]$ )	4 [4;4]	5 [5;6]*	5 [5;6]*	6 [5;6]*	6 [4;6]*	4 [4;4]
$V_{от}$ , балл ( $Me [Q1;Q3]$ )	1 [1;1]	2 [1;3]*	3 [2;3]*	3 [2;3]*	2 [1;3]*	1 [1;1]

Примечание:  $n=12$ , \* — различия с исходным значением достоверны  $p < 0,05$ .  
 Note:  $n=12$ , \* — the differences with the initial value are significant  $p < 0,05$ .

теплового состояния. Накопление теплосодержания в ходе эксперимента графически отображено на **рисунке 2**.

Сравнительная характеристика значений теплонакопления, представленная в **таблице 3**, демонстрирует различные значения этого показателя у работающих в связи с отличающимся их исходным значением от комфортной величины (123,5 кДж/кг). В большинстве случаев участники испытаний начинали эксперимент с незначительным теплонакоплением, не выходящим за границы оптимальных, но в ходе исследования большая доля обследуемых лиц находилась в границах допустимых согласно двум представленным выше методикам расчёта.

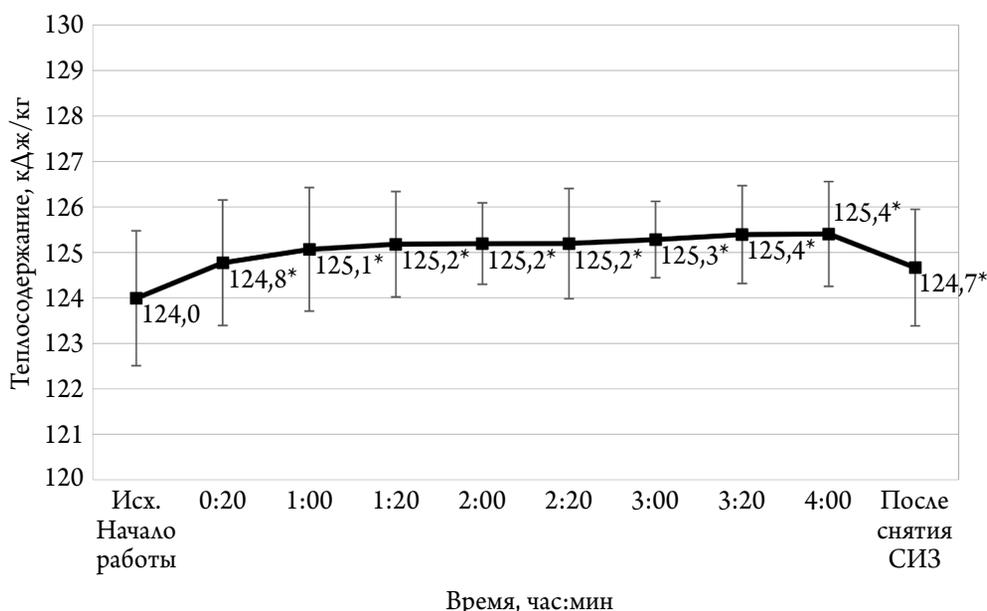
Среднечасовые влагопотери с потом среди 12 медицинских работников находились на уровне  $142 \pm 50$  (M±σ) г/ч, что незначительно превышает границу допустимых значений. Такое превышение может быть связано как с особенностью используемых СИЗ от ПБА, так и с повышенным средним индексом массы тела, поскольку среди участников исследования было выявлено смещение распределения в сторону повышенного ИМТ (**рис. 3**).

Несмотря на особенности представленной выборки повышенные значения среднечасовых влагопотерь тре-

буют регламентации рабочего времени в заданных условиях. Таким образом, несмотря на микроклиматические условия, соответствующие комфортным или допустимым, прослеживается негативное влияние факторов рабочего процесса и СИЗ от ПБА на тепловое состояние организма. Также следует учитывать индивидуальные различия в полученных результатах. По имеющимся данным, отдельные медицинские работники испытывали тепловой дискомфорт в заданных условиях, а часть из них, напротив, не отмечали как субъективно, так и объективно никакого дискомфорта в ходе исследования.

Отдельно были рассмотрены изменения в функциональном состоянии организма, для чего были собраны данные ЧСС, АД, уровня сатурации. Полученные в ходе исследования значения перечисленных параметров представлены в **таблицах 1 и 4**.

Согласно данным предварительных медицинских осмотров, заболеваний сердечно-сосудистой системы у участников исследования не было выявлено. Значения ЧСС не превышали 100 уд./мин. ни у одного человека, ни в одном из экспериментов. Среднее значение ЧСС в ходе всего эксперимента составили ровно 80 уд./мин. При этом



**Рис. 2.** Динамика теплосодержания обследованных лиц в ходе исследования

Примечание: n=12, \* — различия с исходным значением достоверны p<0,05.

**Fig. 2.** Dynamics of the heat content of the examined persons during the study

Note: n=12, \* — the differences with the initial value are significant p<0,05.

Таблица 3 / Table 3

**Сравнение изменения теплосодержания обследованных лиц в ходе исследования в зависимости от метода расчёта**  
**Comparison of changes in heat content of the examined persons during study, depending on calculation method**

Регистрируемые показатели	Величина показателя					
	Исходное значение	За время выполнения трудовой деятельности				После снятия СИЗ
		1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	
$\Delta Q_{TC}$ , кДж/кг (M±σ)	Среднее значение у всех лиц в группе = 124±1,5	+1,1±0,9*	+1,2±1*	+1,3±1,3*	+1,4±1*	+0,7±1,2*
$\Delta Q_{TC}$ , кДж/кг (M±σ)	Оптимальное для человека = 123,5	+1,6±1,4*	+1,7±0,9*	+1,8±0,8*	+1,9±1,2*	+1,2±1,3*

Примечание: n=12, \* — различия с исходным значением достоверны p<0,05.

Note: n=12, \* — the differences with the initial value are significant p<0,05.

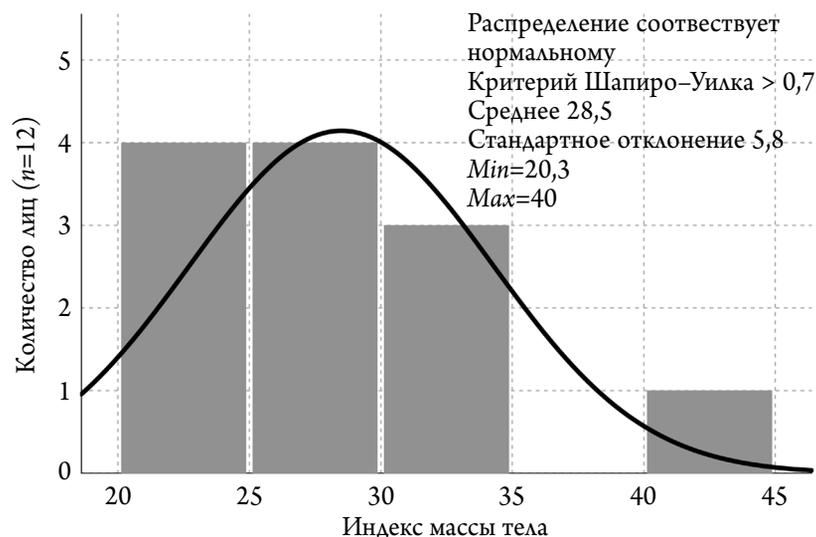


Рис. 3. Распределение обследованных лиц по ИМТ, n=12  
 Fig. 3. Distribution of the examined persons by BMI, n=12

Таблица 4 / Table 4

Показатели функционального состояния обследованных лиц и их самочувствие в ходе исследования  
 Indicators of the functional state of the examined persons and their well-being during the study

Регистрируемые показатели	Величина показателя					
	Исходное значение	За время выполнения трудовой деятельности				После снятия СИЗ
		1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	
Сист. АД, мм рт. ст. (M±σ)	125,7±14,6	125,0±7,5	122,8±7,9	122,7±11,3	120,8±9,5	125,8±11,4
Диаст. АД, мм рт. ст. (M±σ)	77,8±8,6	80,1±11,4	77,4±6,9	79,4±9,9	78,5±6,3	80,3±4,7
Сатурация, SpO <sub>2</sub> (M±σ)	97,1±1,0	97,3±1,2	97,7±1,1	97,3±0,8	97,1±0,8	97,2±1,3
Самочувствие, балл (Me [Q1;Q3])	5 [5;5]	4 [3;4]*	3 [3;4]*	3 [3;3]*	3 [2;3]*	4 [4;5]*

Примечание: n=12, \* — различия с исходным значением достоверны p<0,05  
 Note: n=12, \* — the differences with the initial value are significant p<0,05

отсутствует статистическая значимость прироста ЧСС по сравнению с исходным значением (77 уд./мин.).

В среднем, показатели артериального давления (АД), как систолического, так и диастолического, находились в норме, однако в ходе эксперимента наблюдались превышения 140/90 мм рт. ст. у некоторых лиц, что может быть связано с измерением после лёгкой физической нагрузки — ходьбы с раскладкой пробирок. Статистическая значимость изменений АД от исходного значения отсутствует.

Сатурация, как и другие измеренные показатели функционального состояния не претерпела изменений в результате длительного ношения респиратора. По всей видимости, барьерно-фильтрующая функция представленного респиратора и изменение температуры выдыхаемого воздуха, (по данным T<sub>n/p</sub>) не влияют на уровень насыщения крови кислородом. Аналогично вышеуказанным данным, статистическая значимость изменений сатурации отсутствует.

Своё самочувствие, субъективно, участники испытаний отмечали по пятибалльной шкале, где наивысший балл присваивался отличному состоянию, а низший балл — крайне плохому. Данные о самочувствии представлены в **таблице 4**, где мы видим снижение оценки до состояния

«нормально» на втором часу и до конца исследования. Полученное снижение достоверно и статистически значимо и связано с несколькими факторами: выполнением повторяющейся монотонной работы и длительным ношением СИЗ, создающих неудобства и дискомфорт.

При длительном использовании СИЗОД и СИЗ органов зрения (защитных очков), которые крепятся на резинке, по мнению некоторых участников испытаний ощущалось сдавление головы и отдельных её частей, у нескольких человек в ходе эксперимента развилась головная боль, сонливость, слабость. Отдельно участники испытаний предъявляли жалобы на перчатки, вызывавшие обильное потовыделение и дискомфорт в области кистей рук. На одноразовый халат, шапочку и бахилы никто жалоб не предъявлял.

**Выводы:**

1. Значения показателей теплового состояния (T<sub>свк</sub>, ΔQ<sub>тс</sub>, ΔЧСС) на протяжении исследования находились в пределах верхней границы допустимого теплового состояния, за исключением средней величины часовых влагопотерь и теплоощущений, которые соответствовали предельно-допустимому значению теплового состояния для рабочей смены, продолжительностью не более трёх часов.

2. Учитывая превышение допустимого уровня часовых влагопотерь в соответствии с МУК 4.3.1895-04 требуется ограничить максимальную продолжительность рабочей смены в заданных условиях тремя часами с последующим перерывом для восстановления теплового состояния и водно-солевого баланса.

3. Субъективная оценка своего самочувствия участниками испытаний и эргономических свойств СИЗ от ПБА по ре-

зультатам опроса показала наличие локального дискомфорта в области прилегания защитных очков и респиратора.

4. При невозможности проведения оценки теплового состояния в производственных условиях (особый режим объекта, высокие требования к безопасности и другие ограничения) допустимо проводить исследование в лабораторных условиях с учётом моделирования микроклиматических условий и рабочей деятельности.

### Список литературы

1. Колчин А.С., Демченко В.Г., Плотникова О.В. Оценка напряженности трудового процесса и профилактика профессионально обусловленного стресса у специалистов Роспотребнадзора. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011; 13(1–7): 1780–1782.
2. Косарев В.В., Бабанов С.А. *Профессиональные заболевания медицинских работников*. Самара: ООО «Офорт»; 2014.
3. Тюрин Е.А. и др. Профессиональный риск сотрудников микробиологических лабораторий и меры по его снижению. *Анализ риска здоровью*. 2014; (3): 44–50.
4. Pike R.M. Laboratory-associated infections: summary and analysis of 3921 cases. *Health laboratory science*. 1976; 13(2): 105–14.
5. Оборина С.В. и др. Влияние производственной среды на состояние иммунной системы работников клинико-лабораторной службы. *Гигиена и санитария*. 2012; 91(3): 44.
6. Гатиятуллина Л.Л. Факторы, влияющие на здоровье медицинских работников. *Казанский медицинский журнал*. 2016; 97(3): 426–431. <https://doi.org/10.17750/KMJ2016-426>
7. Saran S., et al. Personal protective equipment during COVID-19 pandemic: a narrative review on technical aspects. *Expert Rev. Med. Devices*. 2020; 17(12): 1265–1276. <https://doi.org/10.1080/17434440.2020.1852079>
8. Батов В.Е. Оценка функционального состояния военно-медицинского персонала при использовании средств индивидуальной защиты в период пандемии COVID-19. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2022; (1): 82–88. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2022-0-1-82-88>
9. Гарипова Р.В. и др. Профессиональные заболевания медицинских работников от воздействия инфекционных агентов: современное состояние проблемы. *Медицина труда и промышленная экология*. 2021; 61(1): 13–17. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-17>
10. Gordon C., Thompson A. Use of personal protective equipment during the COVID-19 pandemic. *British Journal of Nursing*. 2020; 29(13): 748–52. <https://doi.org/10.12968/bjon.2020.29.13.748>
11. Смирнова С.С. и др. Сравнительная оценка рисков инфицирования SARS-CoV-2 у работников медицинских организаций крупного промышленного города в период пандемии. *Анализ риска здоровью*. 2022; (2): 139–150. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.13>
12. Ağalar C., Engin D.Ö. Protective measures for COVID-19 for healthcare providers and laboratory personnel. *Turkish journal of medical sciences*. 2020; 50(9): 578–584. <https://doi.org/10.3906/sag-2004-132>
13. Тюрин Е.А., Чекан Л.В. Обеспечение требований биологической безопасности при проведении биотехнологических процессов с микроорганизмами I–IV групп патогенности. *Бактериология*. 2020; 5(4): 60–64. <https://doi.org/10.20953/2500-1027-2020-4-60-64>
14. Афанасьева Р.Ф. Медико-биологические аспекты нормирования и оценки микроклимата: итоги и перспективы дальнейших исследований. *Медицина труда и промышленная экология*. 2008; (6): 48–52.
15. Конохов А.В., Гергедей 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>
16. Бухтияров И.В. и др. 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>
17. Vidua R.K., et al. Problems arising from PPE when worn for long periods. *Medico-Legal Journal*. 2020; 88: 47–49. <https://doi.org/10.1177/0025817220935880>
18. Zhao Y., et al. Personal protective equipment protecting healthcare workers in the Chinese epicentre of COVID-19. *Clinical Microbiology and Infection*. 2020; 26(12): 1716–1718. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.07.029>

### References

1. Kolchin A.S., Demchenko V.G., Plotnikova O.V. Estimation of labour process intensity and prophylactics the professionally caused stress at rospotrebnadzor specialists. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2011; 13(1–7): 1780–1782 (in Russian).
2. Kosarev V.V., Babanov S.A. *Occupational diseases of medical workers*. Samara: «Ofort»; 2014 (in Russian).
3. Tyuring E.A., et al. Professional risks faced by microbiological laboratory workers and their mitigation measures. *Analiz riska zdorovyu*. 2014; (3): 44–50 (in Russian).
4. Pike R.M. Laboratory-associated infections: summary and analysis of 3921 cases. *Health laboratory science*. 1976; 13(2): 105–14.
5. Oborina S.V., et al. Effect of environmental factors on the immunological system condition of medical practitioners of clinical and laboratorial services. *Gigiena i sanitariya*. 2012; 91(3): 44 (in Russian).
6. Gatiyatullina L.L. The factors affecting medical professionals health. *Kazansky meditsinskij zhurnal*. 2016; 97(3): 426–431. <https://doi.org/10.17750/KMJ2016-426> (in Russian).
7. Saran S., et al. Personal protective equipment during COVID-19 pandemic: a narrative review on technical aspects. *Expert Rev. Med. Devices*. 2020; 17(12): 1265–1276. <https://doi.org/10.1080/17434440.2020.1852079>
8. Batov V.E. Assessment of the functional state of military medical personnel when using personal protective equipment during the COVID-19 pandemic. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyakh*. 2022; (1): 82–88. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2022-0-1-82-88> (in Russian).
9. Garipova R.V., et al. Occupational diseases of health care workers from exposure to infectious agents: the current state of the problem. *Med. truda i prom. ekol*. 2021; 61(1): 13–17. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-17> (in Russian).

10. Gordon C., Thompson A. Use of personal protective equipment during the COVID-19 pandemic. *British Journal of Nursing*. 2020; 29(13): 748–52. <https://doi.org/10.12968/bjon.2020.29.13.748>
11. Smirnova S.S., et al. Risks of becoming infected with SARS-CoV-2 for medical personnel in a large industrial city during the pandemic: comparative assessment. *Analiz riska zdorov'yu*. 2022; (2): 139–150. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.13> (in Russian).
12. Ağalar C., Engin D.Ö. Protective measures for COVID-19 for healthcare providers and laboratory personnel. *Turkish journal of medical sciences*. 2020; 50(9): 578–584. <https://doi.org/10.3906/sag-2004-132>
13. Tyurin E.A., Chekan L.V. Ensuring biological safety requirements when carrying out biotechnological processes with microorganisms of I–IV pathogenicity groups. *Bakteriologiya*. 2020; 5(4): 60–4. <https://doi.org/10.20953/2500-1027-2020-4-60-64> (in Russian).
14. Afanasyeva R.F. Medical and biologic aspects of regulation and evaluation of microclimate: results and prospects of further studies. *Med. truda i prom. ekol*. 2008; (6): 48–52 (in Russian).
15. Konyukhov A.V., Geregei A.M., Lemeshko 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. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-803> (in Russian).
16. Bukhtiyarov I.V., et al. The thermal state of body when using personal protective equipment against biological factors. *Gigiena i sanitariya*. 2022; 101(11): 1321–1327. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1321-1327> (in Russian).
17. Vidua R.K., et al. Problems arising from PPE when worn for long periods. *Medico-Legal Journal*. 2020; 88: 47–49. <https://doi.org/10.1177/0025817220935880>
18. Zhao Y., et al. Personal protective equipment protecting healthcare workers in the Chinese epicentre of COVID-19. *Clinical Microbiology and Infection*. 2020; 26(12): 1716–1718. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.07.029>

**Информация об авторах:**

- Конюхов Алексей Владимирович** врач эпидемиолог клиники профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний, младший научный сотрудник лаборатории средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова».  
E-mail: [ppe-lab@iriioh.ru](mailto:ppe-lab@iriioh.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-0281-6903>
- Шупорин Евгений Сергеевич** и.о. заведующего лабораторией средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова».  
E-mail: [ppe-lab@iriioh.ru](mailto:ppe-lab@iriioh.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7590-431X>
- Иванов Иван Васильевич** ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова»; старший научный сотрудник ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России.  
E-mail: [ivanov-iv@yandex.ru](mailto:ivanov-iv@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7729-2724>
- Бурмистрова Ольга Владимировна** ведущий научный сотрудник лаборатории средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова».  
E-mail: [ppe-lab@iriioh.ru](mailto:ppe-lab@iriioh.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-8233-4017>

**Information about the authors:**

- Alexey V. Konyukhov** Doctor Epidemiologist Clinic for Occupational and Work-Related Diseases, Junior Researcher at the Laboratory for Personal Protective Equipment and Industrial Exoskeletons, Izmerov Research Institute of Occupational Health.  
E-mail: [ppe-lab@iriioh.ru](mailto:ppe-lab@iriioh.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-0281-6903>
- Evgenii S. Shuporin** Acting Head of the Laboratory and Researcher at the Laboratory for Personal Protective Equipment and Industrial Exoskeletons, Izmerov Research Institute of Occupational Health.  
E-mail: [ppe-lab@iriioh.ru](mailto:ppe-lab@iriioh.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7590-431X>
- Ivan V. Ivanov** Leading Researcher Izmerov Research Institute of Occupational Health; Senior Researcher State Research Testing Institute of Military Medicine of the Ministry of Defense of the Russian Federation.  
E-mail: [ivanov-iv@yandex.ru](mailto:ivanov-iv@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7729-2724>
- Olga V. Burmistrova** Leading Researcher at the Laboratory for Personal Protective Equipment and Industrial Exoskeletons, Izmerov Research Institute of Occupational Health.  
E-mail: [ppe-lab@iriioh.ru](mailto:ppe-lab@iriioh.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-8233-4017>