



Бухтияров И.В.¹, Герегей А.М.¹, Краснова С.В.², Коныхов А.В.¹, Сажина М.В.¹,
Малахова И.С.¹, Бурмистрова О.В.¹, Лосик Т.К.¹, Меркулова А.Г.^{1,3},
Калинина С.А.¹

Тепловое состояние организма при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», 105275, Москва, Россия;

²ГБУЗ города Москвы «Инфекционная клиническая больница № 2» Департамента здравоохранения города Москвы, 105275, Москва, Россия;

³ФГАОУ ВО «Первый московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)», 119991, Москва, Россия

Введение. В статье представлены результаты исследования влияния средств индивидуальной защиты (СИЗ) от биологических факторов на терморегуляторные реакции и функциональное состояние организма медицинских работников при работе в «заразной» зоне инфекционного отделения. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали 25 добровольцев (врачи и средний медицинский персонал инфекционного отделения), выполняющие служебные обязанности в течение пяти часов в «заразной» зоне при температуре воздуха плюс $23,9 \pm 1,6^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $39,2 \pm 11,8\%$. Проводили измерения показателей до начала рабочей смены, в процессе работы и в течение 30 мин после выхода из «заразной» зоны в помещении с комфортным микроклиматом. Регистрируемые показатели: температура кожи, тепло- и влажноощущения на 11 участках поверхности тела, температура тела, измеренная в подмышечной впадине, частота сердечных сокращений (ЧСС). На основе полученных значений рассчитывали площадь поверхности тела человека, средневзвешенную температуру кожи, среднюю температуру тела, изменение теплосодержания организма за каждый час работы, влагопотери и энергозатраты.

Результаты. Использование СИЗ от биологических факторов приводит к нарушению тепло- и влагообмена организма человека с окружающей средой, что выражается в увеличении температуры «оболочки» и «ядра», влагопотерь, энергозатрат и, следовательно, перегреву, появлению дискомфортных ощущений, а также вызывает снижение работоспособности.

Ограничения исследования. При изучении теплового состояния организма 25 медицинских работников установлено напряжение терморегуляторных механизмов при использовании СИЗ от биологических факторов в зависимости от вида выполняемых работ и тяжести трудового процесса, а также от пола, возраста и массы тела.

Заключение. Полученные результаты показали, что наибольшее влияние на тепловое состояние при выполнении трудовых обязанностей в условиях комфортного микроклимата оказывают конструкция и теплофизические свойства СИЗ от биологических факторов, изготовленных из паро- и воздухонепроницаемых материалов, а также длительное время пребывания в «заразной» зоне без перерывов на отдых.

Ключевые слова: СИЗ от биологических факторов; тепловое состояние человека; медицинские работники; COVID-19

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. акад. Н.Ф. Измерова», протокол № 3 от 10.03.2021 г.

Согласие пациентов. Каждый участник исследования (или его законный представитель) дал информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария».

Для цитирования: Бухтияров И.В., Герегей А.М., Краснова С.В., Коныхов 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> <https://elibrary.ru/nvvpqr>

Для корреспонденции: Герегей Андрей Михайлович, канд. мед. наук, зав. лаб. средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва. E-mail: ppe-lab@iriioh.ru

Участие авторов: Бухтияров И.В. — концепция и дизайн исследования; Герегей А.М. — концепция, дизайн и организация исследования, написание текста, редактирование; Краснова С.В. — концепция, дизайн и организация исследования; Коныхов А.В. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста; Сажина М.В. — сбор материала и обработка данных, написание текста; Малахова И.С. — сбор материала и обработка данных, статистическая обработка данных; Бурмистрова О.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста; Лосик Т.К. — написание текста; Меркулова А.Г. — сбор материала и обработка данных; Калинина С.А. — сбор материала и обработка данных. *Все соавторы* — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 09.06.2022 / Принята к печати: 03.10.2022 / Опубликована: 30.11.2022

Igor V. Bukhtiyarov¹, Andrei M. Geregey¹, Svetlana V. Krasnova², Aleksei V. Konyukhov¹, Maria V. Sazhina¹, Inga S. Malakhova¹, Olga V. Burmistrova¹, Tatiana K. Losik¹, Anastasia G. Merkulova^{1,3}, Svetlana A. Kalinina¹

The thermal state of body when using personal protective equipment against biological factors

¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation;

²Infectious Clinical Hospital №2, Moscow, 105275, Russian Federation;

³I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation

Introduction. The article presents the study results of the effect of personal protective equipment (PPE) from biological factors on the functional state of the medical workers' body and thermoregulatory reactions when working in the "biohazard zone" of the infectious department.

Materials and methods. The study involved twenty five volunteers (doctors and paramedical staff of the infectious diseases department) performing official duties for 5 hours in the "biohazard zone" with an air temperature of $23.9 \pm 1.6^\circ\text{C}$ and a relative humidity of $39.2 \pm 11.8\%$. Measurements were carried out before the work shift start, during and within 30 minutes after leaving the "biohazard zone" in a room with a comfortable climatic conditions. Recorded indicators were skin temperature, heat, and moisture sensations on 11 areas of the body surface, body temperature (measured in the armpit), heart rate. Based on the obtained data, there were calculated the following parameters including body surface area, average skin, and body temperature, the change in the body's heat content for each hour of work, moisture loss, and energy consumption.

Results. The use of PPE from biological factors leads to a heat and moisture exchange disorder of the human body with the environment, which is expressed in an increase in "shell" and "core" temperature, moisture loss, energy consumption, and, consequently, overheating, the appearance of uncomfortable sensations, as well as working capacity decrease.

Limitations. When studying the thermal state of the body of 25 medical workers, the tension of thermoregulatory mechanisms when using biological PPE was established, depending on the type of work performed, and the severity of the labour process, gender, age, and weight.

Conclusion. The obtained results showed the greatest impact on the thermal state during work duties in a comfortable climatic conditions to be exerted by the design and thermophysical properties of PPE from biological factors made of vapour resistant and airtight fabrics, as well as a long stay in the "biohazard zone" along with a high degree of psychological stress of their occupational activities.

Keywords: PPE from biological factors; human thermal state; medical workers; COVID-19

Compliance with ethical standards: the Local ethics committee of the FSBSI «Izmerov Research Institute of Occupational Health» approved this study carried out under the WMA Declaration of Helsinki (record №3 from 10.03.2021).

Patient consent. Each participant of the study (or his/her legal representative) gave informed voluntary written consent to participate in the study and publish personal medical information in an impersonal form in the journal "Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)".

For citation: Bukhtiyarov I.V., Geregey A.M., Krasnova S.V., Konyukhov A.V., Gusarova M.V., Malakhova I.S., Burmistrova O.V., Losik T.K., Merkulova A.G., Kalinina S.A. The thermal state of body in medical workers' when using personal protective equipment against biological factors. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(11): 1321-1327. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1321-1327> <https://elibrary.ru/nvqpu> (In Russian)

For correspondence: Aleksei M. Geregey, MD, PhD, head of the Laboratory of personal protective equipment and industrial exoskeletons, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russia. E-mail: ppe-lab@irioh.ru

Information about the authors:

Bukhtiyarov I.V., <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>
Geregey A.M., <https://orcid.org/0000-0002-7927-2505>
Krasnova S.V., <https://orcid.org/0000-0001-8592-5624>
Konyukhov A.V., <https://orcid.org/0000-0003-0281-6903>
Sazhina M.V., <https://orcid.org/0000-0001-7832-6308>
Malakhova I.S., <https://orcid.org/0000-0002-3215-3517>
Burmistrova O.V., <https://orcid.org/0000-0002-8233-4017>
Losik T.K., <https://orcid.org/0000-0001-7372-0963>
Merkulova A.G., <https://orcid.org/0000-0002-0180-5754>
Kalinina S.A., <https://orcid.org/0000-0002-4603-8034>

Contribution: Bukhtiyarov I.V. – the concept and design of the study; Geregey A.M. – the concept, organization and design of the study, writing a text, editing; Krasnova S.V. – the concept, organization and design of the study; Konyukhov A.V. – the concept and design of the study, collection and processing of material, writing a text; Sazhina M.V. – collection and processing of material, writing a text; Malakhova I.S. – collection and processing of material, writing a text, statistical processing; Burmistrova O.V. – the concept and design of the study, writing a text; Losik T.K. – writing a text; Merkulova A.G. – collection and processing of material; Kalinina S.A. – collection and processing of material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: September 6, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: November 30, 2022

Введение

Работа медицинского персонала (врачей, медицинских сестёр и санитаров) в инфекционных отделениях, где проходят лечение пациенты с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19), связана с соблюдением строгих противоэпидемических регламентов. Как правило, они направлены на предупреждение распространения коронавируса SARS-CoV-2 за пределы «заразных» зон стационара и предотвращение заражения медицинских работников, контактирующих с пациентами. Это обуславливает некоторые особенности трудового процесса медицинского персонала. Так, соблюдение противоэпидемических мер в отношении микроорганизмов I и II (к которой отнесён коронавирус SARS-CoV-2¹) групп патогенности подразумевает ряд требований, таких как изоляция заболевших, дезинфекционный режим, проведение специфической и неспецифической профилактики, а также применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) от биологических факторов. В соответствии с нормативно-методическими документами характеристики таких СИЗ должны соответствовать свойствам противочумных костюмов 1-го и 2-го классов^{2,3}. Таким образом, медицинский персонал при работе в «заразной» зоне обязан использовать СИЗ от биологических факторов, в ряде случаев применяя их в течение всей смены без перерывов на отдых.

Сохранение высокого риска заражения работников медицинских учреждений и лабораторий определяет строгие требования к защитным свойствам СИЗ от биологических факторов. Наиболее распространённый вариант СИЗ состоит из следующих элементов: комбинезон защитный с капюшоном, бахилы высокие, перчатки медицинские, респиратор или полнолицевая маска, очки защитные, шапочка медицинская. Каждый элемент костюма, за исключением респиратора, должен исключать паро- и воздухопроницаемость для обеспечения высокой степени защиты от проникновения вирусных частиц.

Применение СИЗ, обеспечивающих безопасные условия труда при воздействии биологического фактора, может приводить к нарушению естественных терморегуляторных процессов в организме работника [1].

Терморегуляция играет важную роль в функционировании всех систем организма человека. Обеспечение постоянства температуры тела позволяет сохранять высокую работоспособность при разных микроклиматических условиях, а изменения терморегуляторных процессов при воздействии как внутренних, так и внешних факторов могут привести к негативным последствиям для здоровья. Производимые из полимерных материалов (полиэтилен, поливинилхлорид, полиуретан, лавсан) элементы СИЗ от биологических факторов при использовании их в совокупности практически изолируют человека от внешней среды. Применение подобных СИЗ в процессе трудовой деятельности способно существенно затруднить реализацию главных путей передачи тепла от живого организма во внешнюю среду посредством конвекции, излучения, испарения [2]. Низкие воздухо- и влагопроницаемость комплекта нарушают конвекционную передачу тепла и охлаждение организма за счёт испарения. При отсутствии должной теплоотдачи организм работника подвержен перегреву в условиях нагревающего и комфортного микроклимата. Увеличиваются температура «ядра» тела и его «оболочки», теплонакопление, частота сердечных сокращений (ЧСС)

и влагопотери [3]. Нарушение теплообменных реакций организма зачастую вызывает ряд функциональных нарушений со стороны кардиореспираторной и кожно-выделительной систем [4, 5].

В связи с этим исследование терморегуляторных реакций организма медицинских работников при использовании СИЗ представляется актуальной и первостепенной задачей, в результате решения которой станет возможной разработка рекомендаций по выбору СИЗ и режиму труда работников «заразной» зоны для сохранения их работоспособности и профессионального здоровья.

Цель исследования – разработка рекомендаций по выбору СИЗ и режиму труда работников «заразной» зоны для сохранения их работоспособности и профессионального здоровья.

Материалы и методы

Исследования проводились на базе Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Инфекционная клиническая больница № 2 Департамента здравоохранения города Москвы» в месяцы, соответствующие тёплому периоду года (апрель, май), в период сезонного подъёма заболеваемости новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Исследование было одобрено Локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ МТ» (протокол № 3 от 10.03.2021 г.).

В исследованиях принимали участие 25 практически здоровых добровольцев (мужского и женского пола) – 12 врачей и 13 медицинских сестёр. Возраст добровольцев – от 20 до 58 лет ($31,8 \pm 10$ лет), масса тела от 50,8 до 106,1 кг ($72,6 \pm 16,3$ кг), рост от 153 до 190 см ($168,8 \pm 9,3$ см), индекс массы тела (ИМТ) от 17,5 до 36 ($25,5 \pm 5,2$). Всего было проведено 25 исследований (по одному с каждым добровольцем). Продолжительность трудовой деятельности в условиях исследования составляла 5 ч.

Гигиеническую оценку условий труда врачей и медицинских сестёр проводили в соответствии с Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Регистрацию микроклиматических характеристик проводили с использованием измерителя параметров микроклимата «Метеоскоп-М» (Россия).

Добровольцы использовали СИЗ от биологических факторов Tuvex® 600 Plus, представляющий собой комбинезон с капюшоном, выполненный из паро- и воздухопроницаемого полиэтилена высокой плотности. Комбинезон надевался на хирургический костюм, выполненный из хлопчатобумажной ткани. Помимо этого комплект включал в себя шапочку медицинскую, выполненную из полипропилена; очки защитные закрытого типа, изготовленные из поливинилхлорида; полумаску фильтрующую формованную с клапаном, изготовленную из полиэфирного полотна; перчатки нитриловые (две пары); обувь медицинскую (сабо), выполненную из полиуретана; бахилы высокие с завязками, выполненные из полипропилена.

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» и ГОСТ Р ИСО 9886–2008 «Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений». Регистрировали:

- температуру кожи (T_k) на 11 участках поверхности тела;
- тепло- и влажощущения;
- температуру тела в подмышечной впадине ($T_{п/м}$);
- ЧСС.

¹ СП 3.1.3597–20 «Профилактика новой коронавирусной инфекции (COVID-19)».

² СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней».

³ МР 3.1.0229–21 «Рекомендации по организации противоэпидемических мероприятий в медицинских организациях, осуществляющих оказание медицинской помощи пациентам с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) (подозрением на заболевание) в стационарных условиях».

Таблица 1 / Table 1

Результаты гигиенической оценки тяжести трудового процесса медицинских работников
Results of a hygiene assessment of workplace heaviness of health-care workers

Показатель Index	Врач / Doctor		Медицинская сестра / Nurse	
	Фактическое значение Actual value	Класс Class	Фактическое значение Actual value	Класс Class
Физическая динамическая нагрузка (кг · м): / Physical dynamic load (kg · m):				
перемещение груза до 1 м / handling loads up to 1 m	–	1	5.4	1
перемещение груза от 1 до 5 м / Cargo movement from 1 to 5 m	–	1	–	1
перемещение груза более 5 м / Cargo movement over 5 m	4502	1	6505	1
Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг): Mass of lifted and moved cargo manually:				
при чередовании с другой работой / alternating with other work	0.24	1	11	3.1
постоянно в течение смены / all the time during a shift	0.5	1	0.5	1
суммарная масса за каждый час смены: / total weight for each hour of the shift:				
с рабочей поверхности / from the working surface	–	1	3.2	1
с пола / from the floor	–	1	62.3	1
Стереотипные рабочие движения (число): / Stereotypical work movements (number):				
при локальной нагрузке / under local load	–	1	–	1
при региональной нагрузке / under regional load	–	1	371	1
Статическая нагрузка (кгс · с): / Static load (kgs · s):				
одной рукой / by one hand	–	1	1692.6	1
двумя руками / by both hands	–	1	6000	1
с участием корпуса и ног / involving the body and legs	54 210	2	56 205	2
Рабочая поза Working pose	Неудобная поза 30% Uncomfortable pose 30%	3.1	Вынужденная поза 35%, неудобная поза 10% Constrained posture 35%, uncomfortable pose 10%	3.2
Наклоны корпуса (число за смену) / Body tilts (number per shift)	112	3.1	205	3.1
Перемещение в пространстве (км): / Moving in space (km):				
по горизонтали / in horizontal direction	5	2	10	3.1
по вертикали / in vertical direction	–	1	–	1
Окончательная оценка тяжести трудового процесса Final assessment of labour process heaviness		3.2		3.2

Также до и после трудовой деятельности регистрировали массу тела добровольцев и медицинской одежды, надеваемой под комплект СИЗ.

В соответствии с МУК 4.3.1895–04 рассчитывали:

- площадь поверхности тела человека (S);
- средневзвешенную температуру кожи (Т_{СК});
- среднюю температуру тела (Т_{СТ});
- теплосодержание в организме (Q_{ТС});
- изменение теплосодержания организма (ΔQ_{ТС}) за каждый час работы;
- влагопотери (ΔP).

Расчёт энерготрат проводили в соответствии с ГОСТ Р ИСО 8996–2008 «Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ».

Статистическую обработку результатов осуществляли с применением пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 26.0. Данные были проверены на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро–Уилка и графическим способом, а затем проанализированы с помощью параметрических или непараметрических тестов. Динамику значений показателей T_{п/м}, T_{СК}, T_{СТ}, Q_{ТС}, ЧСС оценивали с помощью дисперсионного анализа с повторными измерениями на основании критериев множественного сравнения (парный критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони). Различия считали статистически значимыми при p < 0,01.

Динамику значений показателей ΔP в организме оценивали с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни или параметрического непарного критерия Стьюдента в зависимости от нормальности распределения. Различия считали статистически значимыми при p < 0,05. Динамику балльных значений тепло- и влагоощущений анализировали с помощью непараметрического критерия Фридмана для множественных сравнений связанных выборок с дальнейшим попарным сравнением групп критерием Даннета. Различия считали статистически значимыми при p < 0,05.

Результаты

Для гигиенической оценки фактора тяжести труда было осуществлено ознакомление с основными трудовыми операциями, выполняемыми медицинскими работниками в соответствии с должностной инструкцией, проведены опрос работников или их непосредственных руководителей, а также измерение необходимых показателей. Результаты проведённой оценки представлены в табл. 1.

По результатам оценки к вредному классу отнесены следующие показатели: нахождение в вынужденной рабочей позе; число наклонов корпуса за смену; перемещение груза при чередовании с другой работой и перемещение в пространстве по горизонтали (только у среднего медицинского персонала).

Таблица 2 / Table 2

Динамика показателей теплового состояния и ЧСС добровольцев (n = 25) на протяжении рабочей смены, M ± σ
Dynamics of heat status and HR in volunteers (n = 25) during a work shift, M ± σ

Показатель Index	Исходное значение Bas. value	Продолжительность трудовой деятельности, ч / Duration of work activity, hour						Контрольное значение Control value
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	
T _{п/м} , °C / T _{armpit} , °C	36.6 ± 0.3	36.8 ± 0.7	36.9 ± 0.6	36.9 ± 0.6	37 ± 0.7	37 ± 0.6	37 ± 0.7	36.5 ± 0.4
ТСК, °C T skin average weighted, °C	31.6 ± 1.3	32.7 ± 1.2*	33.7 ± 0.8*	33.9 ± 0.9*	34.1 ± 0.9*	34.2 ± 1*	34.4 ± 1*	33.2 ± 1.5*
ТСТ, °C T body average weighted °C	34.9 ± 0.5	35.5 ± 0.7	36 ± 0.6*	36.1 ± 0.6*	36.2 ± 0.7*	36.2 ± 0.6*	36.3 ± 0.7*	35.5 ± 0.6
QTC, кДж/кг Q heat content, kJ/kg	121.6 ± 1.8	123.4 ± 2.4*	125.2 ± 2.1*	125.6 ± 2.2*	125.8 ± 2.3*	126.1 ± 2.2*	126.3 ± 2.3*	123.4 ± 2.2
ЧСС, уд. в 1 мин Heart rate beats/min	81.6 ± 11.1	94 ± 7.6*	90.3 ± 9.2*	90.2 ± 8.9	88.8 ± 7.8	90.4 ± 6.6	93.2 ± 9.1*	76 ± 10.7

Примечание. * – статистически значимые различия, с исходными и контрольными показателями p < 0,05.

Note: * – statistically significant differences, with baseline and control values p < 0.05

Таблица 3 / Table 3

Динамика показателей тепло- и влажощущений добровольцев (n = 25) на протяжении рабочей смены (Me [Q₁; Q₃]), балл
Dynamics of heat and moisture sensations in volunteers (n = 25) during a work shift (Me [Q₁; Q₃]), score

Показатель Index	Исходное значение Bas. value	Продолжительность трудовой деятельности, ч / Duration of work activity, hour						Контрольное значение Control value
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	
Теплоощущения Thermal sense	4 [4; 4]	4 [4; 5]	5 [4; 6]*	5 [4; 6]*	5 [4; 6]*	5 [4; 6]*	6 [5; 7]*	4 [4; 4]
Влажощущения Humidity sense	1 [1; 1]	1 [1; 1]	1 [1; 2]	2 [1; 3]*	2 [1; 3]*	3 [1; 3]*	2 [1; 3]*	1 [1; 1]

Примечание. * – статистически значимые различия, p < 0,05.

Note: * – statistically significant differences, p < 0.05

Таким образом, фактор тяжести трудового процесса у старшего и среднего медицинского персонала отнесён к 3-му классу 2-й степени вредности (3.2).

В ходе проведения исследования микроклиматические условия в помещениях инфекционных отделений находились в следующих пределах (M ± σ): температура воздуха (Тв) – плюс 23,9 ± 1,6 °C, относительная влажность воздуха (RH) – 39,2 ± 11,8%, атмосферное давление (Ратм.) – 746,2 ± 4,2 мм рт. ст.

В табл. 2 представлена динамика как измеренных, так и рассчитанных значений теплового состояния и ЧСС медицинских работников в ходе исследований.

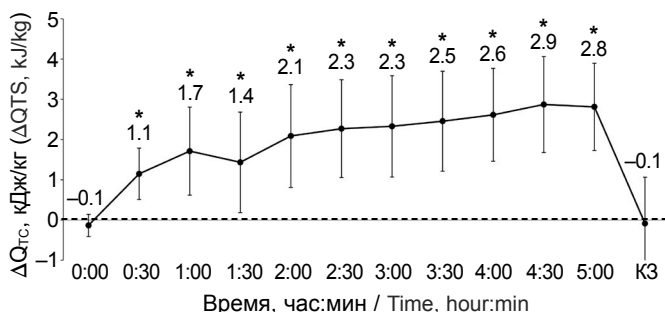


Рис. 1. ΔQ_{ТС} добровольцев (n = 25) на протяжении рабочей смены, M ± σ.

Fig. 1. ΔQ_{TS} Change in Q_{heat content} in volunteers (n = 25) during a work shift, M ± σ.

Исследование теплового состояния медицинских работников показало, что при использовании СИЗ от биологических факторов в микроклиматических условиях, соответствующих допустимым, наблюдается увеличение ряда показателей. Разница между исходными и контрольными значениями T_{п/м} составляет 0,4 °C, T_{СК} – 4,7 °C, T_{СТ} – 1,4 °C, Q_{ТС} – 2,8 кДж/кг.

Значения, приведённые в табл. 3 и на рис. 1, также демонстрируют рост интегрального показателя теплового состояния организма человека (ΔQ_{ТС}) и увеличение балла теплоощущений. Показатель ΔQ_{ТС}, зарегистрированный к концу рабочей смены, свидетельствует о его увеличении (до 2,9 кДж/кг) в течение последнего часа работы, однако после снятия СИЗ возвращается на начальный уровень.

Полученные результаты свидетельствуют, что усреднённое значение ЧСС за рабочий период составляло 91 уд. в 1 мин, а прирост значений – 9 уд. в 1 мин, что соответствует допустимым величинам⁴. Мониторинг ЧСС в течение рабочей смены позволил определить уровень энергозатрат как в среднем для всех добровольцев, так и значения по выделенным группам. Средний прирост энергозатрат при работе медицинского персонала в «заразной» зоне составил 36% от исходных значений (рис. 2).

Средние ΔP у добровольцев составляли 113 г/ч (рис. 3), которые можно считать допустимыми при энергозатратах 125 ± 43 Вт/м². Однако стоит отметить значительную разницу ΔP среди добровольцев с нормальной (ИМТ < 26) и избыточной (ИМТ > 26) массой тела. В ходе исследования у добровольцев наблюдались случаи потери массы тела с потом – до 1,5 кг за 5 ч работы.

⁴ МУК 4.3.1895–04 Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания.

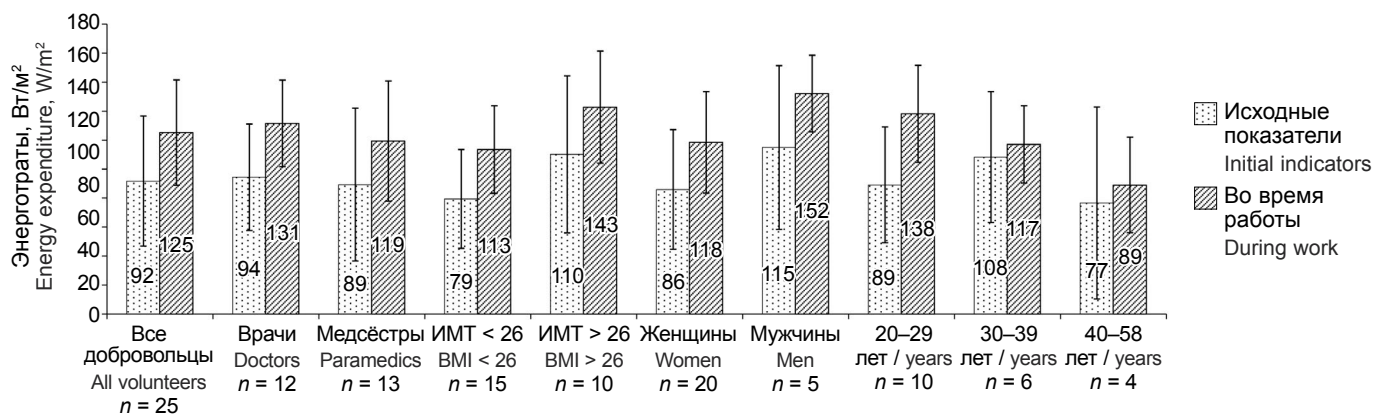


Рис. 2. Энерготраты добровольцев (в зависимости от специальности, ИМТ, пола и возраста), $M \pm \sigma$.

Fig. 2. Energy expenditures in volunteers (according to occupation, BMI, gender and age), $M \pm \sigma$.

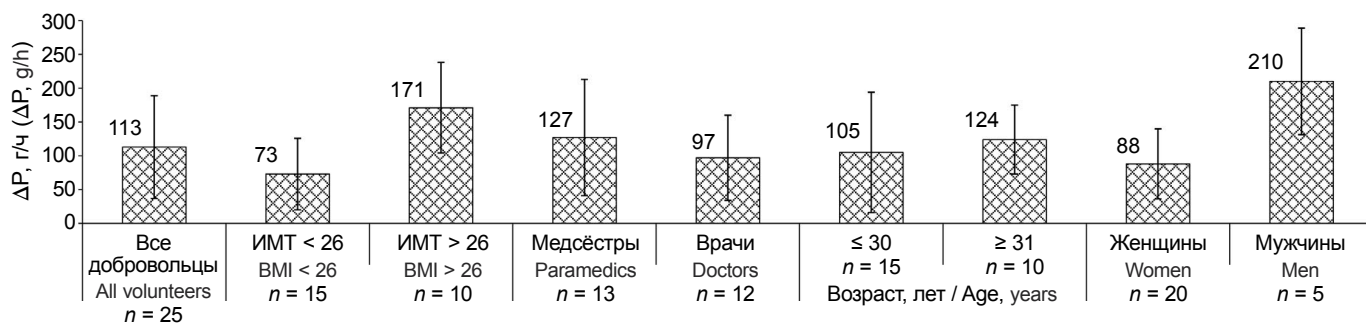


Рис. 3. Влагопотери (ΔP) добровольцев (в зависимости от ИМТ, специальности, возраста и пола), $M \pm \sigma$.

Fig. 3. Moisture losses (ΔP) in volunteers (according to BMI, occupation, age, and gender), $M \pm \sigma$.

Обсуждение

В результате проведённой гигиенической оценки фактор тяжести трудового процесса отнесён к классу 3.2 за счёт таких показателей, как длительное нахождение в вынужденной и неудобной рабочей позе, число наклонов туловища, перемещение груза при чередовании с другой работой, движение медицинского персонала в пространстве по горизонтали. При этом медицинские работники контактируют с пациентами, являющимися источниками особо опасных инфекций, поэтому, согласно регламентирующим нормативным документам⁵, итоговый класс их условий труда установлен как «опасный» (4).

Проведённые исследования свидетельствуют о негативной динамике показателей теплового состояния добровольцев, выражающейся в увеличении значений $T_{п/м}$, T_K , Q_{TC} , баллов тепло- и влагоощущений, несмотря на осуществление профессиональной деятельности медицинского персонала в помещениях с допустимыми параметрами микроклимата. Очевидно, данные изменения обусловлены ухудшением тепло- и влагообмена человека с окружающей средой, что может быть связано с нарушением теплоотдачи путём испарения пота с поверхности тела при использовании СИЗ, изготовленных из воздухо- и паронепроницаемых материалов⁶.

Показатели $T_{п/м}$, T_{CT} , ΔQ_{TC} соответствовали верхней границе допустимых значений теплового состояния человека.

⁵ Р 2.2.2006–05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

⁶ BS 7963:2000 Ergonomics of the thermal environment – Guide to the assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment.

Исключение составили значения $T_{СК}$ ($34,2 \pm 1$ °C) и балла теплоощущений (5), которые к концу четвертого часа рабочей смены находились на предельно допустимом уровне (для продолжительности не более трёх часов за рабочую смену). У некоторых добровольцев эти значения выходили за пределы допустимых уже к концу первого часа работы, что может быть обусловлено нарушением теплообмена организма человека, связанного с конструкцией и теплофизическими свойствами комплекта СИЗ от биологических факторов. Полученные данные свидетельствуют о необходимости перерыва после трёх часов работы в соответствии с нормативно-методическими указаниями⁴.

Вероятно, напряжение терморегуляторных механизмов у добровольцев могли вызывать эргономические характеристики СИЗ: наблюдались ограничения движений за счёт нерациональной конструкции или плотного прилегания к телу человека.

Зарегистрированный прирост ЧСС (на 12%) как критерияльного показателя теплового состояния организма человека⁴ не выходит за границы допустимых значений при уровне энерготрат 125 ± 43 Вт/м². Увеличение ЧСС может быть обусловлено повышением интенсивности физической нагрузки, ограничением теплоотдачи за счёт использования СИЗ.

Уровни энерготрат врачей и среднего медицинского персонала позволяют оценить выполняемую работу как средней тяжести (IIa). Стоит отметить, что уровень энерготрат врачей несколько выше, чем среднего медицинского персонала. Возможно, это обусловлено большей адаптацией к физическим нагрузкам большинства медицинских сестёр.

Динамика ΔP свидетельствует о нарушении теплоотдачи испарением влаги как с поверхности кожи, так и из респираторного тракта, что обусловлено характеристиками комплекта СИЗ и теплофизическими свойствами материалов для их изготовления.

Наибольшие различия значений ΔP и энерготрат наблюдаются в группах сравнения по ИМТ. По представленным результатам лица с избыточной массой тела имеют большие энерготраты и ΔP ввиду отсутствия должной адаптации к физическим и термическим нагрузкам.

В соответствии с проведенными нами ранее исследованиями изменение комплекса показателей теплового состояния медицинских работников в течение рабочей смены в «заразной» зоне свидетельствует о необходимости регламентированных перерывов во время работы (без использования СИЗ) длительностью не менее 30 мин в помещении с комфортными параметрами микроклимата [6]. Во время перерывов рекомендуется заменить или просушить нательное белье и восполнить потерю жидкости в организме. Однако стоит отметить, что частота перерывов может быть различной в зависимости от индивидуальных особенностей организма, свойств используемых СИЗ, характера и интенсивности выполняемой работы.

Заключение

Анализ результатов проведенных исследований среди медицинских работников, выполняющих профессиональные обязанности в «заразной» зоне инфекционного отделения и имеющих вредные условия труда по фактору тяжести трудового процесса (3.2), выявил негативную динамику ряда показателей теплового и функционального состояния организма, связанную с использованием СИЗ от биологических факторов.

Данные изменения могут быть обусловлены конструкцией и теплофизическими свойствами СИЗ, изготовленных из воздухо- и паронепроницаемых материалов, что приводит к ограничению теплоотдачи путём испарения пота с поверхности тела. Вероятно, на напряжение терморегуляторных механизмов организма добровольцев могли также влиять эргономические свойства СИЗ.

Для профилактики влияния использования СИЗ от биологических факторов на тепловое и функциональное состояние организма медицинских работников рекомендуется регламентация режимов работы и отдыха: организация перерывов при комфортных микроклиматических условиях каждые 3 ч с продолжительностью не менее 30 мин.

Литература

1. Буриков А.В., Борисов А.В. Влияние защитной одежды на организм. В кн.: *Психолого-педагогический взгляд на профессионально-ориентированное образование: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции*. Оренбург; 2017: 48–51.
2. Parsons K. *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance*. London: Taylor & Francis; 2007.
3. Мушников В.С., Вьюхин В.В., Лихтенштейн В.И. Влияние параметров нагревающего микроклимата промышленных помещений на организм человека и условия труда работающих. В кн.: *Техника, технологии и прикладные исследования: Сборник научных трудов по матери-*

алам II Международной научно-практической конференции. СПб.; 2018: 28–36.

4. Liu Z.R., Han B., Jiang R.M., Huang Y.Q., Ma C., Wen J., et al. Mental health status of doctors and nurses during COVID-19 epidemic in China. *Lancet*. 2020. Preprint. Доступно: <https://ssrn.com/abstract=3551329>
5. Рахимбаев Р.Б., Ташенов Д.К., Седенко В.А. Тепловое истощение и тепловой удар. *Наука о жизни и здоровье*. 2008; (1–2): 87–93.
6. Лосик Т.К., Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И. Физиолого-гигиеническая оценка теплового состояния военнослужащих, выполняющих непрерывную физическую работу в нагревающем микроклимате. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (10): 41–5.

References

1. Burikov A.V., Borisov A.V. The effect of protective clothing on the body. In: *Psychological and Pedagogical View of Professionally Oriented Education: A Collection of Articles Based on the Results of the International Scientific and Practical Conference [Psikhologo-pedagogicheskiy vzglyad na professional'no-orientirovannoe obrazovanie: Sbornik statey po itogam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Orenburg; 2017: 48–51. (in Russian)
2. Parsons K. *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance*. London: Taylor & Francis; 2007.
3. Mushnikov V.S., V'yukhin V.V., Likhstenshteyn V.I. Influence of the parameters of the heating microclimate of industrial premises on the human body and working conditions of workers. In: *Technique, Technology and Applied Research: A Collection of Scientific Papers Based on the Materials of*

the II International Scientific and Practical Conference [Tekhnika, tekhnologii i prikladnye issledovaniya: Sbornik nauchnykh трудов по материалам II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]. St. Petersburg; 2018: 28–36. (in Russian)

4. Liu Z.R., Han B., Jiang R.M., Huang Y.Q., Ma C., Wen J., et al. Mental health status of doctors and nurses during COVID-19 epidemic in China. *Lancet*. 2020. Preprint. Available at: <https://ssrn.com/abstract=3551329>
5. Rakhimbaev R.B., Tashenov D.K., Sedenko V.A. Thermal exhaustion and heatstroke. *Nauka o zhizni i zdorov'e*. 2008; (1–2): 87–93. (in Russian)
6. Losik T.K., Afanas'eva R.F., Konstantinov E.I. Physiologic and hygienic evaluation of heat state in military men performing continuous physical work in heating microclimate. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; (10): 41–5. (in Russian)