

УДК 57.045:612.1/8

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У БАЙДАРЧИКОВ И КАНОИСТОВ 18–21 ЛЕТ ПРИ ТРЕНИРОВКАХ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

Хужабеков М.А.

*Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова,
Самарканд, e-mail: mirza_ahmad@mail.ru*

Представлены результаты исследования адаптационных изменений в системе кровообращения у гребцов 18–21 лет при тренировках в условиях жаркого климата. Цель исследования – выявление возрастных особенностей функционирования сердечно-сосудистой системы у байдарочников и каноистов при выполнении физических нагрузок на фоне высокой температуры окружающей среды. Оценивались антропометрические и физиологические показатели: рост, масса тела, окружность грудной клетки, артериальное давление, частота сердечных сокращений, – а также параметры гемодинамики в покое и после физической нагрузки при разных температурных режимах. Установлено, что воздействие высокой температуры сопровождается повышением пульсового давления, снижением общего периферического сосудистого сопротивления и замедлением восстановительных процессов. Тренировки в жару создают серьезную нагрузку на организм: они могут вызвать ортостатическую неустойчивость – головокружение при вставании, нарушить терморегуляцию, привести к усиленному потоотделению и обезвоживанию. Все это, в свою очередь, увеличивает нагрузку на сердечно-сосудистую систему. Эти изменения свидетельствуют о значительном напряжении регуляторных механизмов системы кровообращения. Полученные данные указывают на необходимость учета климатических факторов при планировании тренировок, особенно в жарких регионах, таких как Самарканд. Выявленные возрастные и температурные особенности адаптации могут использоваться для оптимизации подготовки спортсменов и профилактики кардиоваскулярных нарушений.

Ключевые слова: гребцы, адаптация, сердечно-сосудистая система, физическая нагрузка, высокая температура, терморегуляция, пульсовое давление

AGE-RELATED FEATURES OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN KAYAKERS AND CANOEISTS AGED 18-21 DURING TRAINING UNDER HOT CLIMATE CONDITIONS

Khuzhabekov M.A.

*Samarkand State University named after Sharof Rashidov,
Samarkand, e-mail: mirza_ahmad@mail.ru*

This study presents the results of research on adaptive changes in the circulatory system of rowers aged 18-21 years during training in hot climates. The study aimed to identify age-related features of cardiovascular system functioning in kayakers and canoeists when performing physical exertion in high ambient temperatures. We evaluated anthropometric and physiological indicators such as height, body weight, chest circumference, arterial blood pressure, heart rate, and hemodynamic parameters both at rest and after physical activity under different temperature conditions. We found that exposure to high temperatures is accompanied by an increase in pulse pressure, a decrease in total peripheral vascular resistance, and a slowing of recovery processes. Training in the heat places a significant burden on the body: it can cause orthostatic instability (dizziness upon standing), disrupt thermoregulation, and lead to increased sweating and dehydration. All of these, in turn, increase the load on the cardiovascular system. These changes indicate significant stress on the regulatory mechanisms of the circulatory system. The data obtained highlight the necessity of considering climatic factors when planning training, especially in hot regions like Samarkand. The identified age and temperature-related adaptive features can be used to optimize athlete preparation and prevent cardiovascular disorders.

Keywords: rowers, adaptation, cardiovascular system, physical exertion, high temperature, thermoregulation, pulse pressure

Введение

Развитие водных видов спорта, в том числе академической гребли и гребли на байдарках и каноэ, в Узбекистане приобретает все большее значение, особенно участие в международных соревнованиях и подготовка спортсменов высокого класса. Климатические условия страны, характеризующиеся длительным жарким сезоном и высокой солнечной радиацией, оказывают выраженное влияние на физиологические показатели организма спортсменов.

В связи с этим возникает необходимость комплексного изучения адаптационных механизмов при тренировках в условиях повышенного теплового воздействия, что особенно значимо для юных спортсменов-гребцов, основную часть тренировочного процесса проводящих на открытых водоемах, в этих условиях возникают особые требования к терморегуляции организма. Изучение реакции организма на интенсивные физические нагрузки при колебаниях температурной среды остается приоритет-

ным направлением экологической физиологии [1, 2]. Процессы приспособления можно рассматривать как формирование устойчивых функциональных механизмов, способных обеспечить адекватную реакцию организма на стрессовые воздействия, характерные для соревновательной и тренировочной деятельности. Колебания морфофункциональных параметров и изменений в гемодинамике способны провоцировать патологические метаболические сдвиги в системе кровообращения [3]. Поэтому для точной диагностики степени адаптационных реакций, а также для мониторинга функционального состояния сердечно-сосудистой системы при высоких нагрузках необходимо применение интегративных методов оценки.

Хотя физическая нагрузка воздействует на большинство систем организма, ведущая роль принадлежит сердцу, которое испытывает наибольшие нагрузки и определяет результативность адаптационного процесса [4, 5]. Физическое развитие спортсменов оказывает значительное влияние на их работоспособность. Особое внимание уделяется связи между показателями физического развития и функциональными особенностями организма под воздействием физических нагрузок [6]. В условиях соревновательной деятельности, требующей максимальной компенсации функций организма, увеличиваются энергозатраты, что приводит к снижению резервных возможностей и может вызывать патологии сердечно-сосудистой системы при неправильном подборе нагрузок [7]. Несмотря на актуальность рассматриваемой проблемы, процессы адаптации гребцов к физическим нагрузкам в условиях высокой температуры окружающей среды изучены очень мало. В связи с этим особую значимость приобретает исследование функциональных резервов организма спортсменов, проходящих подготовку в жарком климате Самарканда. Полученные данные могут стать основой для разработки тренировочных программ, учитывающих температурные колебания климата, направленных на повышение выносливости и улучшение спортивных результатов [8, 9].

Цель исследования – выявление возрастных отличий в функционировании сердечно-сосудистой системы у спортсменов, занимающихся греблей на байдарках и каноэ, при выполнении физических нагрузок в условиях повышенной температуры окружающей среды.

Материалы и методы исследования

Для оценки компенсаторных возможностей кардиореспираторного аппарата

у спортсменов, подвергающихся нагрузкам в условиях теплового стресса, проводился комплекс медицинских и физиологических наблюдений. Исследования охватывали период с 2018 по 2024 г. на базе Чирчикского государственного института физической культуры и спорта (г. Чирчик) и Самаркандского государственного университета (г. Самарканд). Обследованы 33 спортсмена (юноши), занимающиеся академической греблей. На втором этапе исследовалась возможность применения типовой методики индивидуального определения устойчивости спортсменов к максимальным физическим нагрузкам при двух температурных режимах: умеренном 18–20°C и высоком 35–39°C. Целью было определить степень влияния этих условий на физическую работоспособность.

Функциональные особенности обследуемых изучались с использованием традиционных методов. Рост измеряли в положении стоя медицинским ростомером (точность 0,5 см), массу тела – рычажными весами (точность 50 г), окружность грудной клетки – пластиковой сантиметровой лентой (точность 1 мм) в фазах максимального вдоха, полного выдоха и спокойного дыхания. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный сравнительный анализ физического развития спортсменов, занимающихся академической греблей, показал, что среди студентов, специализирующихся в гребле на каноэ, у представителей старшей возрастной группы 20–21 год отмечается более низкий показатель длины тела по сравнению с юношами 18–19 лет (рис. 1). В то же время у байдарочников антропометрические данные демонстрируют стабильность, рост спортсменов варьируется от $179 \pm 2,16$ до $181 \pm 2,32$ см в зависимости от возрастной категории.

Исследования сравнительной оценки массы тела во всех обследованных группах выявили, что в возрастной группе 18–19 лет массателасоставляетот $70 \pm 3,19$ до $71 \pm 1,93$ кг, а в возрастной группе 20–21 лет наблюдается более широкий разброс и составляет от $64 \pm 1,41$ до $79 \pm 1,62$ кг (рис. 2).

Результаты сравнительной оценки объема грудной клетки у гребцов свидетельствуют о том, что у всех участников исследования наблюдается тенденция к увеличению данного показателя с возрастом (рис. 3).

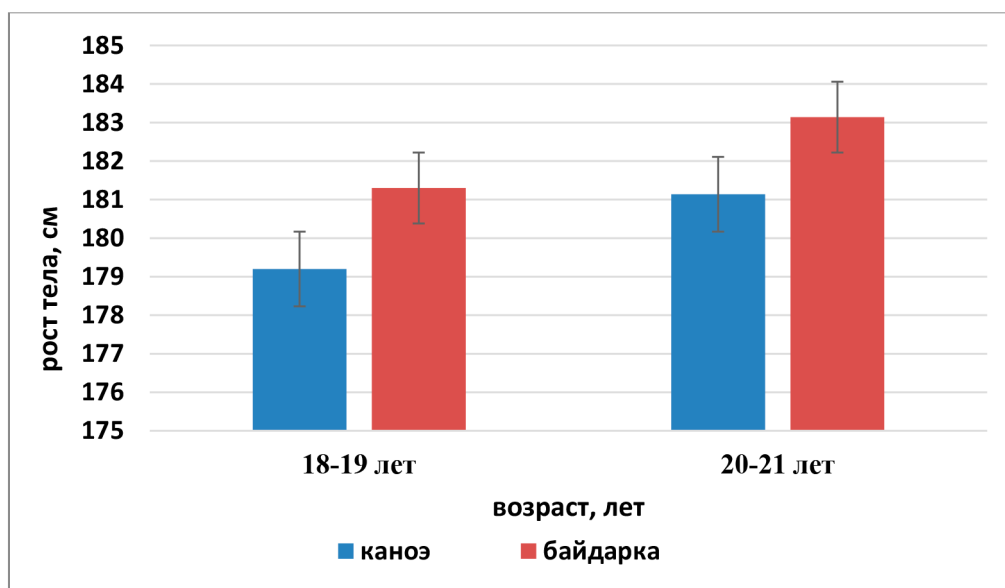


Рис. 1. Сравнительный анализ показателей роста у спортсменов-гребцов ($n = 33$)
Источник: составлено автором

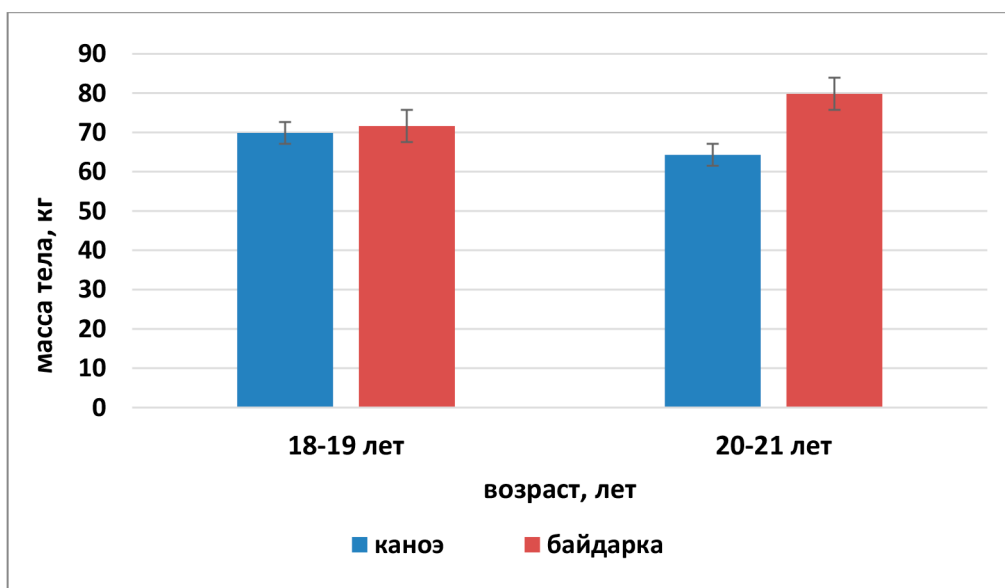


Рис. 2. Показатели массы тела спортсменов-гребцов ($n = 33$)
Источник: составлено автором

При сравнении показателей окружности грудной клетки у обследованных спортсменов-гребцов установлено, что в возрастной группе 18–19 лет окружность грудной клетки при вдохе составила $100,82 \pm 1,89$ см, а при выдохе $92 \pm 2,56$ см. В группе 20–21 года величины варьировали с разницей от 1,8 до 5,4 см между вдохом и выдохом. Эти показатели объема грудной клетки соответствуют данным, представленным в научной литературе

[10]. Приспособление организма спортсменов к физической активности происходит преимущественно за счет мобилизации функций сердечно-сосудистой системы, которая нередко становится лимитирующим фактором при выполнении нагрузок на выносливость. Несмотря на высокую актуальность данного вопроса, механизмы адаптации организма молодых гребцов в условиях жаркого климата недостаточно освещены в литературе.

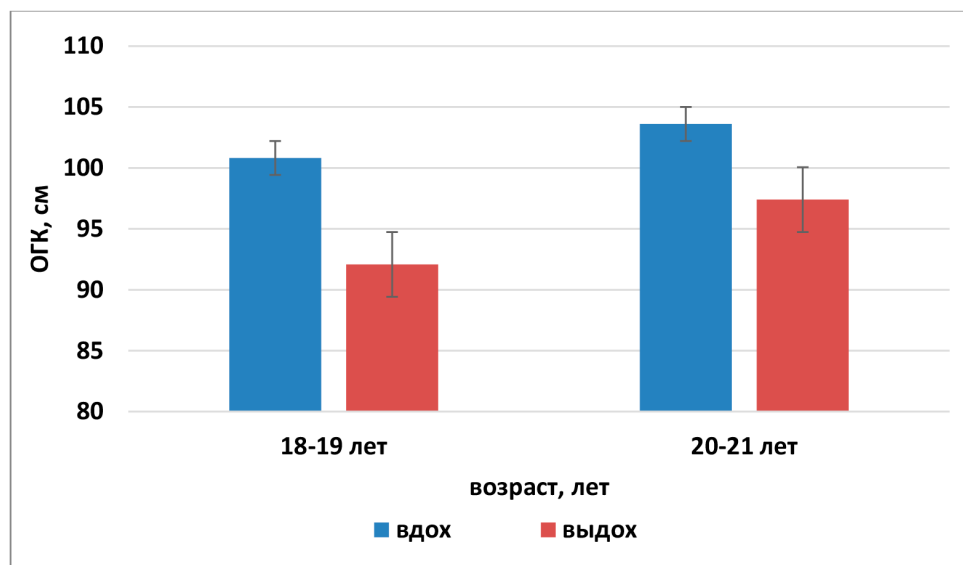


Рис. 3. Показатели окружности грудной клетки у спортсменов-гребцов, см ($n = 33$)
Источник: составлено автором

Таблица 1

Динамика показателей ЧСС и АД у спортсменов в покое
при разных режимах температуры

Показатели ЧСС и АД	Температура	
	18–20 °С	35–39 °С
В покое		
Частота пульса (в 1 мин)	66,8±5,5	71,0±6,3
АД, max, мм рт. ст.	117,5±7,2	122,0±8,4
АД, min, мм рт. ст.	68,0±5,2	70,0±6,2
АД, пульсовое, мм рт. ст.	48,7±3,5	51,1±1,9
После нагрузки		
Частота пульса (в 1 мин)	161,0±10,0	151,0±8,0
АД, max, мм рт. ст.	176,0±11,2	143,0±9,3
АД, min, мм рт. ст.	78,0±5,5	62,0±1,2
АД, пульсовое, мм рт. ст.	99,0±1,3	82,0±6,3

Уровень артериального давления является важным показателем оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и отражает взаимодействие различных регуляторных механизмов: деятельности сердца, сосудистого тонуса, гуморальной и вегетативной регуляции [11, 12]. Как интегральный показатель тренированности, артериальное давление у квалифицированных спортсменов в состоянии покоя, как правило, находится в пределах нормы либо демонстрирует тенденцию к снижению [13, 14]. По результатам наблюдений автора, средние значения систолического АД у гребцов составили $112,9 \pm 9,2$ мм рт. ст.,

минимального – $66,8 \pm 5,3$ мм рт. ст., пульсового – $46,1 \pm 3,9$ мм рт. ст. Частота повышения АД у спортсменов, тренирующихся в условиях г. Самарканда, составила не более 1%, в то время как в литературе этот показатель колеблется в пределах 12–15% [15, 16]. У 9,7% обследованных систолическое давление достигало 100 мм рт. ст., у 23,5% спортсменов минимальное артериальное давление составляло 60 мм рт. ст., тогда как у 6,7% участников исследования были зафиксированы значения выше 120 мм рт. ст., включая случаи, при которых давление превышало отметку в 129 мм рт. ст., – лишь у 1,3%. Согласно данным табл. 1,

при температуре окружающей среды 18–20 °С и 35–39 °С частота пульса в покое составила соответственно $66,8 \pm 5,5$ и $71,0 \pm 6,3$ уд./мин. Артериальное давление при этих температурных режимах находилось в пределах $117,5 \pm 7,2$ и $122,0 \pm 8,4$ мм рт. ст., в то время как значения пульсового давления составили соответственно $48,7 \pm 3,5$ и $51,1 \pm 1,9$ мм рт. ст.

После выполнения физической нагрузки при различных температурных режимах показатели частоты сердечных сокращений и артериального давления изменялись разнонаправленно. Установлено, что при воздействии температуры окружающей среды в пределах 35–39 °С прирост частоты сердечных сокращений и артериального давления после физической нагрузки был менее выраженным по сравнению с аналогичными показателями, зарегистрированными при температуре 18–20 °С. При этом в условиях тепловой нагрузки минимальные значения артериального давления снижались на 10 мм рт. ст. относительно данных в состоянии покоя. Существенное увеличение пульсового давления также отмечалось, его значения достигали $81,0 \pm 6,3$ мм рт. ст., тогда как в покое составляли $52,0 \pm 1,8$ мм рт. ст. Полученные данные указывают на активацию и напряжение механизмов, обеспе-

чивающих гемодинамическую регуляцию. Кроме того, в условиях высокой температуры после физической нагрузки были зафиксированы выраженные физиологические изменения по ряду гемодинамических параметров, представленных в табл. 2 и 3.

На основании результатов анализа установлено, что в состоянии покоя при температуре окружающей среды 18–20 °С и 35–39 °С среднее значение среднего динамического давления составило соответственно $87,0 \pm 7,1$ и $91,0 \pm 6,4$ мм рт. ст. После завершения физической нагрузки уровни артериального давления изменились и составили $108,7 \pm 9,0$ и $87,0 \pm 6,5$ мм рт. ст. соответственно. При температуре воздуха 18–20 °С в состоянии покоя общее периферическое сосудистое сопротивление достигало $1628 \pm 15,1$ дин·с·см⁻⁵. Под воздействием физической активности данный показатель резко снижался до $595 \pm 15,9$ дин·с·см⁻⁵, что свидетельствует о выраженном сосудорасширяющем ответе организма. У спортсменов, выполнявших нагрузку при 35–39 °С, фиксировалась аналогичная реакция, однако снижение ОПСС было еще более выраженным, чем при умеренных температурных значениях, что указывает на усиление вазодилатационных процессов в условиях теплового стресса.

Таблица 2

Анализ показателей гемодинамики у спортсменов-гребцов при различных температурных режимах

Показатели гемодинамики	Температурный режим	
	18–20 °С	35–39 °С
В покое		
СО, мл	$65,5 \pm 5,2$	$72,6 \pm 6,1$
МОК, л/м	$4,1 \pm 0,3$	$5,2 \pm 0,25$
СДД, мм рт. ст.	$87,0 \pm 7,1$	$91,0 \pm 6,4$
После физической нагрузки		
СО, мл	$92,0 \pm 5,0$	$93,1 \pm 4,2$
МОК, л/м	$14,7 \pm 1,4$	$14,0 \pm 1,3$
СДД, мм рт. ст.	$108,7 \pm 9,0$	$87,0 \pm 6,5$

Таблица 3

Анализ показателей сердечного индекса у спортсменов-гребцов при различных температурных режимах

Методы определения	Температурный режим	
	18–20 °С	35–39 °С
В покое		
СИ	2,28 л/мин/кв.м	2,88 л/мин/кв.м
После физической нагрузки		
СИ	2,28 л/мин/кв.м	2,88 л/мин/кв.м

Эти данные указывают на повышенную нагрузку на сердечно-сосудистую систему и напряженность адаптационных механизмов в условиях жаркого климата г. Самарканда.

Заключение

На основании проведенного анализа экспериментальных результатов в сочетании с обзором научных публикаций можно заключить, что в оценке изменений артериального давления у спортсменов-гребцов существуют определенные расхождения. Эти различия, по всей видимости, обусловлены неоднородностью тренировочной среды и влиянием климатических факторов, включая повышенную температуру воздуха и интенсивное солнечное излучение. Физическая активность в условиях теплового воздействия приводит к значительно более выраженному физиологическому отклику организма по сравнению с нагрузками, выполняемыми в умеренном температурном режиме с аналогичной активностью в нормальных климатических условиях. У спортсменов-гребцов наблюдаются более выраженные изменения частоты сердечных сокращений и замедленное восстановление после нагрузок. При этом состояние регуляторных механизмов системы кровообращения демонстрирует постепенную адаптацию к термическому и физическому стрессу. Интенсивные тренировки в условиях жары приводят к ортостатической неустойчивости, нарушению процессов терморегуляции, усилению потоотделения и дегидратации, что дополнительно усиливает нагрузку на сердечно-сосудистую систему. Однако при правильно организованном тренировочном процессе эти условия способствуют формированию специфических адаптационных реакций организма спортсмена.

Таким образом, результаты исследования подтверждают необходимость учета климатических факторов при планировании и коррекции тренировочного процесса. К числу индивидуальных особенностей, определяющих адаптационный потенциал спортсменов-гребцов, относятся не только физиологические и анатомические параметры, но и эффективность механизмов терморегуляции и сердечно-сосудистой адаптации. Учет физиологического состояния гребцов на байдарке и каноэ – важнейшее условие подготовки спортсмена высокого класса. В этой связи особое значение приобретают достоверные и объективные методы контроля физиологических показателей, оказывающих существенное влияние на спортивный результат.

Список литературы

1. Matthew N Cramer, Daniel Gagnon, Orlando Laitano, Craig G Crandall. Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury // *Physiol Rev.* 2022. Jun 9. Vol. 102 (4). P. 1907–1989. DOI: 10.1152/physrev.00047.2021.
2. Benjamin C.L., Sekiguchi Y., Fry L.A., Casa D.J. Performance changes following heat acclimation and the factors that influence these changes: meta-analysis and meta-regression // *Frontiers in Physiology.* 2019. Vol. 10. P. 1448. DOI: 10.3389/fphys.2019.01448.
3. Cramer M.N., Jay O. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress // *Autonomic Neuroscience.* 2016. Vol. 196. P. 3–13. DOI: 10.1016/j.autneu.2016.03.001.
4. Sitkowski D., Starczewski M., Pokrywka A., Żmijewski P., Opaszowski B., Klusiewicz A. Exercise capacity of male and female national team athletes in canoe slalom // *Frontiers in Physiology.* 2025. Vol. 16. P. 1635684. DOI: 10.3389/fphys.2025.1635684.
5. Thorpe R.T., Atkinson G., Drust B., Gregson W. Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: implications for practice // *International Journal of Sports Physiology and Performance.* 2017. Vol. 12. Suppl. 2. P. S227–S234. DOI: 10.1123/ijspp.2016-0434.
6. Tyler C.J., Reeve T., Hodges G.J., Cheung S.S. The effects of heat adaptation on physiology, perception and exercise performance in the heat: a meta-analysis // *Sports Medicine.* 2016. Vol. 46. P. 1699–1724. DOI: 10.1007/s40279-016-0538-5.
7. Абрамова Т.Ф., Аюбян А.О., Арансон М.В. и др. Общие принципы оптимизации акклиматизации спортсменов к жаркому и влажному климату // *Спортивная медицина: наука и практика.* 2017. № 1. С. 14–23. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.14.
8. Разинкин С.М., Брагин М.А. Влияние климатических условий на функциональное состояние спортсменов // *Human. Sport. Medicine.* 2022. Т. 22. № 2. С. 64–74.
9. Périard J.D., Eijssvogels T.M.H., Daanen H.A.M. Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies // *Physiological Reviews.* 2021. Vol. 101. № 4. P. 1873–1979. DOI: 10.1152/physrev.00038.2020.
10. Périard J.D., Racinais S., Sawka M.N. Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: applications for competitive athletes and sports // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 2015. Vol. 25, Suppl. 1. P. 20–38. DOI: 10.1111/sms.12408.
11. Morrissey M.C., Langan S.P., Brewer G.J., Struder J.F., Navarro J.S., Nye M.N., Casa D. Limitations associated with thermoregulation and cardiovascular research assessing laborers performing work in the heat // *American Journal of Industrial Medicine.* 2023. Vol. 66, Is. 4. P. 267–280. DOI: 10.1002/ajim.23462.
12. Notley S.R., Mitchell D., Taylor N.A.S. A century of exercise physiology: concepts that ignited the study of human thermoregulation. Part 1: Foundational principles and theories of regulation // *European Journal of Applied Physiology.* 2023. Vol. 123, Is. 11. P. 2379–2459. DOI: 10.1007/s00421-023-05272-7.
13. Flouris A.D., Schlader Z.J. Human behavioral thermoregulation during exercise in the heat // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 2015. Vol. 25, Suppl. 1. P. 52–64. DOI: 10.1111/sms.12349.
14. Hailes W.S., Cuddy J.S., Cochrane K., Ruby B.C. Thermoregulation during extended exercise in the heat: comparisons of fluid volume and temperature // *Wilderness and Environmental Medicine.* 2016. Vol. 27, Is. 3. P. 386–392. DOI: 10.1016/j.wem.2016.06.004.
15. Notley S.R., Mitchell D., Taylor N.A.S. Learning in human thermoregulation during exercise // *European Journal of Applied Physiology.* 2024. Vol. 124, Is. 1. P. 377. DOI: 10.1007/s00421-023-05362-6.
16. Damatto R.L., Cezar M.D.M., Santos P.P.D. Control of body temperature during physical exercise // *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2019. Vol. 112, Is. 5. P. 543–544. DOI: 10.5935/abc.20190081.
17. Otani H., Kaya M., Tamaki A., Goto H., Tokizawa K., Maughan R. Combined effects of solar radiation and airflow on endurance exercise capacity in the heat // *J. Physiol Behav.* 2021 Feb 1. Vol. 229. P. 113264. DOI: 10.1016/j.physbeh.2020.113264.