

## ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВИДОВ СПОРТА В ОТВЕТ НА ЭКЗОГЕННЫЙ СТРЕСС

**В.И. Пустовойт**, [vipust@yandex.ru](mailto:vipust@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3396-5813>  
**Е.И. Балакин**, [evgbalakin@yandex.ru](mailto:evgbalakin@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5545-135X>  
**Н.Ф. Максютов**, [maksjytov.nail@gmail.com](mailto:maksjytov.nail@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-2257-0157>  
**А.А. Муртазин**, [aa.murtazin@gmail.com](mailto:aa.murtazin@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-0644-0758>  
**А.С. Самойлов**, [dircsm1@aim.com](mailto:dircsm1@aim.com), <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238>  
Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Москва, Россия

**Аннотация. Цель исследования:** разработать критерии для оценки функционального состояния спортсменов экстремальных видов спорта по результатам исследования сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем в ответ на воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали 60 спортсменов, экстремальных видов спорта в возрасте  $25,1 \pm 3,1$  года. Оценку функционального состояния организма (ФСО) осуществляли с помощью методики вариабельности сердечного ритма (ВСР) на комплексе «Варикард 2.51». Результаты подвергались статистической обработке данных с использованием специализированного пакета прикладных программ Statistica 7.0. **Результаты.** Анализ результатов ВСР показал, что значения частоты сердечных сокращений (HR), средней и максимальной длительности междударного интервала (Mean RR и XMax), парного числа интервалов с разницей более 50 % от общего массива (pNN50), моды (Mo), амплитуды моды (AMo50), а также индекса напряжения регуляторных систем (Si) имеют высокую диагностическую значимость ( $p < 0,001$ ) и могут использоваться для своевременного определения изменения уровня ФСО спортсменов в экстремальных видах спорта в ответ на условия экзогенного стресса. **Заключение.** Обследование спортсменов, занимающихся экстремальными видами спорта в различные периоды макроцикла, позволило определить достоверные ( $p < 0,001$ ) критерии, характеризующие уровень ФСО по результатам простых показателей методики ВСР: HR, AMo50, Si, Mean RR, XMax, pNN50 и Mo. Разработаны значимые ( $p < 0,001$ ) общеконандные критерии, обладающие сильной взаимосвязью ( $r > 0,70$ ;  $r > -0,70$ ) с уровнями ФСО спортсменов, занимающихся экстремальными видами спорта.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, функциональное состояние, тип регуляции, спортсмены, адаптация

**Для цитирования:** Изменение функционального состояния спортсменов экстремальных видов спорта в ответ на экзогенный стресс / В.И. Пустовойт, Е.И. Балакин, Н.Ф. Максютов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № S2. С. 22–29. DOI: 10.14529/hsm22s203

## CHANGE IN THE FUNCTIONAL STATUS OF EXTREME ATHLETES IN RESPONSE TO ADVERSE ENVIRONMENTAL CONDITIONS

V.I. Pustovoit, vipust@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3396-5813>

E.I. Balakin, evgbalakin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5545-135X>

N.F. Maksjutov, maksjytov.nail@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2257-0157>

A.A. Murtazin, aa.murtazin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0644-0758>

A.S. Samoylov, dircsm1@aim.com, <https://orcid.org/0000-0002-9241-7238>

Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency,  
Moscow, Russia

**Abstract. Aim:** the authors aim to develop criteria for assessing the functional status of extreme athletes in response to adverse environmental conditions by using the data obtained from the circulatory and autonomic nervous systems. **Materials and methods:** the study included 60 extreme athletes (mean age  $25.1 \pm 3.1$  years). Heart rate variability (HRV) measurements were performed with the Varicard 2.51 system and used for assessing the functional status of athletes. The statistical analysis was performed with STATISTICA 7.0 software. **Results:** based on HRV data, it was demonstrated that heart rate (HR), mean and maximum RR intervals (Mean RR and XMax), the percentage of successive RR intervals that differed by more than 50 ms (pNN50), the mode (Mo), the amplitude of the mode (AMo50), and the stress index (Si) of the regulatory systems could be used for assessing the functional status of extreme athletes in response to adverse environmental conditions ( $p < 0.001$ ). **Conclusions:** dynamic HRV monitoring in extreme athletes allowed for the assessment of the functional status of extreme athletes by using the following parameters: HR, AMo50, Si, Mean RR, XMax, pNN, and Mo. The authors developed significant ( $p < 0.001$ ) team criteria, which had strong positive and negative correlations ( $r > 0.70$ ;  $r > -0.70$ ) with the functional status of extreme athletes.

**Keywords:** heart rate variability, functional status, type of regulation, athletes, adaptation

**For citation:** Pustovoit V.I., Balakin E.I., Maksjutov N.F., Murtazin A.A., Samoylov A.S. Change in the functional status of extreme athletes in response to adverse environmental conditions. *Human. Sport. Medicine*. 2022;22(S2):22–29. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm22s203

**Введение.** Одним из активно развивающихся направлений спортивной и восстановительной медицины в настоящее время является определение ФСО с помощью различных неинвазивных методов, где большой практический интерес представляет диагностика донозологических состояний организма. Для решения этой проблемы наиболее широко используется один из методов диагностики – анализ ВСР [4, 5, 9–12], перспективной задачей которого является разработка диагностических критериев определения уровня функционального состояния для спортсменов экстремальных видов спорта.

В период тренировок и непосредственно соревнований спортсмены, принимающие участие в экстремальных видах спорта, подвергаются высоким нагрузкам в сложных климатических условиях. При достижении высоких показателей в спорте ситуация часто приобретает стрессовый характер и сопровож-

дается значительным психоэмоциональным и физическим напряжением, что приводит к истощению функциональных резервов и, как следствие, к срыву адаптации. Эти данные подтверждают необходимость изучения механизмов регуляции систем организма в условиях экзогенного стресса. В литературе содержатся многочисленные данные о влиянии на организм атлетов факторов окружающей среды [5–7, 12, 14]. При этом отсутствуют сведения об оценке уровня ФСО спортсменов экстремальных видов спорта в тяжёлых условиях профессиональной деятельности.

В связи с этим требуется разработка критериев оценки ФСО спортсменов, участвующих в экстремальных видах спорта, для контроля их состояния здоровья.

**Цель исследования:** разработать критерии для оценки функционального состояния спортсменов экстремальных видов спорта по результатам исследования сердечно-сосуди-

стой и вегетативной нервной систем в ответ на воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды.

**Материалы и методы.** Материалы исследования получены в период с 2018 по 2021 год. Объектами исследования были 60 здоровых спортсменов, принимавших участие в экстремальных видах спорта (далее спортсмены), возраст которых составил  $25,1 \pm 3,1$  года. Спортивная квалификация на момент обследования соответствовала первому взрослому разряду и выше. Базовое обследование методикой ВСП проводили во время углубленного медицинского обследования. Динамическое исследование осуществляли в период тренировочных сборов, до и после выступления на соревнованиях. Всего проведено 1521 обследование методикой ВСП. Дизайн исследования утвержден решением этического комитета и соответствовал Хельсинкской декларации 2013 г.

Исследование соответствовало стандартам Европейского Кардиологического Общества [9] и проводилось на приборе «Варикард 2.51» с программой ISCIM 6.1 (Build 2.8) [2, 7]. При обработке данных ВСП определяли временные и спектральные показатели [1–3].

Для верификации диагностических показателей раннего периода напряжения регуляторных систем проводили анализ отношения концентрации гормонов (кортизол и дегидроэпиандростерон) в слюне спортсменов методом ВЭЖХ-МС в КДЛ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Обработку результатов методики ВСП проводили с применением программы Statistica 7.0 [13], опираясь на разработанную Э.В. Земцовским кривую, изображающую зависимость между признаками активности ССС и ФСО обследуемых лиц [3]. Анализ данных на нормальность распределения проводили по критериям Лилиефорса и Шапиро – Уилка. В связи с ненормальным распределением количественных показателей в выборке результаты исследования представлены медианой с указанием нижнего и верхнего квартилей. В ходе статистического анализа применялась оценка по U-критерию Манна – Уитни, многофакторный дисперсионный анализ ANOVA проводили с оценкой значимости по критерию Фишера [13]. Парные сравнения оценивались с помощью критерия Вилкоксона, а силу и направление достоверной корреляционной связи проводили с применением коэффициен-

та ранговой корреляции Спирмена по t-критерию Стьюдента.

Все положения и выводы сделаны с учетом базового уровня регуляторных систем организма и динамического наблюдения за спортсменами в период тренировочных сборов и соревнований.

**Результаты исследования.** Обследование спортсменов экстремальных видов спорта методикой ВСП показало достоверные отличия в механизмах регуляции сердечно-сосудистой системы (ССС) в зависимости от ФСО. В соревновательном периоде при достижении высоких показателей в местах, не характерных для постоянного места проживания, и в условиях выраженного психоэмоционального напряжения у спортсменов регистрировалось значительное снижение уровня ФСО.

Для повышения диагностической эффективности и правильной интерпретации полученных данных первые исследования у спортсменов проводились в местах постоянного проживания в состоянии психоэмоционального покоя. Оценку ФСО спортсменов проводили по итогам обследования методами диагностики ВСП и ВЭЖХ-МС. В результате полученных данных спортсмены были распределены на восемь групп в зависимости от уровня нарушения механизмов регуляции ССС при помощи программы Statistica.

Статистическая обработка взаимосвязи между показателями ПАРС и данными ФСО спортсменов показала среднюю отрицательную корреляционную связь ( $-0,69 < r < -0,30$ ;  $p < 0,001$ ), что было связано с отсутствием четких критериев интегральной оценки для данного вида спорта и послужило основанием последующего динамического обследования с использованием методики ВСП.

С целью увеличения эффективности критериев определения отклонений в состоянии здоровья была разработана восьмибалльная шкала оценки функционального состояния с использованием ранговой корреляции. Сильную корреляционную связь отмечали у переменных с идеальной монотонной функцией, основанной на количестве совпадений и несогласованных пар, связанных с уровнем ФСО спортсменов. По результатам связанных критериев мы анализировали два или более признака, имеющих одинаковое значение. При регистрации значимых отклонений в функциональном состоянии учитывали индивидуальные особенности организма спортсменов.

Методика ВСП с использованием ранговой корреляции Спирмена позволила с высокой достоверностью определить семь наиболее значимых ( $p < 0,001$ ) основных признаков, которые обладают сильной положительной или отрицательной корреляционной связью ( $r > 0,70$ ;  $r > -0,70$ ). В основную группу полученных признаков с сильной корреляционной связью вошли: HR, Mean RR, XMax, pNN50, Mo, AMo50, Si.

Не менее значимый вклад в дифференциальную диагностику уровня ФСО спортсменов привнесли коэффициенты, обладающие средней положительной ( $0,30 < r < 0,69$ ;  $p < 0,001$ ) и отрицательной ( $-0,69 < r < -0,30$ ;  $p < 0,001$ ) корреляционной связью: XMin, MxDMn, MxRMn, RMSSD, SDNN, D, AMo7.8, TP, LF, VLF, ULF, HFmx, LFmx, VLFmx и ULFmx.

Установлено, что дисбаланс в механизмах регуляции CCC зависел от интенсивности и длительности соревновательного периода и от выраженности уровня ФСО спортсменов. В таблице приведены значимые ( $p < 0,05$ ) показатели, полученные по итогам кластерного анализа Спирмена с разделением на восемь уровней, что дало возможность разработать критерии для оценки уровня ФСО.

В первую группу распределены спортсмены с признаками критического уровня ФСО. В её состав вошли две подгруппы: 1.1 (критическое) с признаками нарушения механизмов регуляции CCC и 1.2 (экстремальное) с показателями, характеризующими очень плохой уровень ФСО, и признаками выраженного стресса. Для данных подгрупп чаще всего было характерно обострение хронических болезней [6].

Вторая группа соответствует преморбидному состоянию. Она состоит из двух подгрупп: 2.1 – плохое и 2.2 – неудовлетворительное ФСО. У спортсменов, находящихся в этой группе, регистрировали состояние истощения нейрогуморальных механизмов регуляции и низкий уровень адапционных резервов организма [1, 2].

Третья группа характеризовалась допустимым состоянием организма и складывалась из подгрупп: 3.1 – удовлетворительное и 3.2 – хорошее ФСО. Адаптационные механизмы регуляции в организме спортсменов отмечались на удовлетворительном уровне [1, 2].

В пределах физиологической нормы регистрировали четвертую группу на уровне

оптимального функционирования регуляторных систем CCC. Она состоит из двух подгрупп: 4.1 – очень хороший и 4.2 – отличный уровень ФСО [5].

Снижение уровня ФСО спортсменов до преморбидного или критического показало существенные сдвиги в показателях ВСП. Так, сравнение показателей временной области подтверждает повышение HR, AMo50, Si и существенное снижение Mean RR, XMax, pNN50 и Mo по сравнению с оптимальным состоянием. Эти изменения сопровождались несбалансированной активностью отделов вегетативной нервной системы. Увеличение активности показателей HR, AMo50, AMo7.8 и Si имело выраженную прямую связь с повышением интенсивности и длительности тренировочного процесса.

Анализ основных данных, представленных в таблице, показал значительное увеличение активности сердечной деятельности во всех группах при сравнении с оптимальным функциональным состоянием организма спортсменов. В критическом состоянии у атлетов регистрировали тахикардию, характеризующуюся увеличением частоты сердечных сокращений в среднем до  $95 \pm 5,4$  уд/мин, эти значения статистически значимо ( $p < 0,001$ ) отличались от показателей в остальных группах ФСО. Развитие тахикардии сопровождалось неэкономным расходом энергии на передвижение одного литра крови по сосудам ( $15,3 \pm 0,9$  Вт) в покое, это было следствием повышенной активности симпатического отдела нервной системы [2].

Компоненты спектрального анализа носили персонифицированный характер и имели среднюю отрицательную корреляционную связь ( $-0,69 < r < -0,30$ ;  $p < 0,001$ ) с разработанной классификацией определения ФСО спортсменов. Выделение и объединение этих компонентов с целью усреднения для включения в систематизацию определения ФСО может привести к неправильной интерпретации механизмов регуляции. Анализ спектральных данных показал, что повышение стресс-индекса находится в тесной корреляционной связи ( $r > 0,70$ ;  $p < 0,001$ ) с понижением суммарной мощности спектра (TP) за счёт снижения абсолютных показателей структуры спектра HF. При сравнении относительных значений составляющих спектра наблюдается увеличение волн в диапазоне LF и VLF и прямопропорциональное снижение HF. Изме-

Шкала интегральной оценки ФСО спортсменов экстремальных видов спорта ( $p < 0,05$ ) ( $n = 1521$ )  
The scale for the integrated assessment of the functional status of extreme athletes ( $p < 0.05$ ) ( $n = 1521$ )

Состояние Status		Критическое Critical		Преморбидное Premorbid		Допустимое Acceptable		Оптимальное Optimal	
		1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Показатель Parameter		1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
1	HR	95 [92–97]	87 [85–88]	81 [80–82]	73 [72–74]	67.3 [66–68]	61 [60–62]	58 [57–59]	56 [54–57]
2	Mean RR	635 [624–646]	694 [683–704]	743 [735–751]	825 [817–834]	896 [888–905]	999 [988–1010]	1044 [1019–1053]	1051 [1045–1069]
3	XMax	688 [675–701]	750 [737–762]	827 [817–837]	981 [954–1007]	1089 [1066–1111]	1190 [1175–1206]	1268 [1247–1289]	1367 [1322–1413]
4	RMSSD	59 [49–69]	95 [88–103]	116 [110–122]	133 [125–141]	153 [146–160]	154 [147–161]	207 [196–218]	329 [295–364]
5	pNN50	1,7 [1,2–2,2]	3,8 [3–4,5]	6,4 [5,5–7,4]	9,8 [8,8–11]	17 [15–18]	30 [28–31]	46 [44–48]	54 [49–58]
6	SDNN	54 [47–62]	97 [89–104]	113 [107–120]	126 [119–132]	142 [137–148]	142 [136–148]	184 [176–192]	281 [262–301]
7	Mo	629 [617–640]	678 [666–690]	721 [712–730]	801 [791–812]	868 [857–878]	981 [968–994]	1032 [1014–1050]	1126 [1068–1182]
8	AMo50	105 [96–113]	92 [87–97]	71 [67–75]	55 [53–57]	46 [44–48]	36 [35–37]	30 [29–33]	27 [22–29]
9	Si	829 [699–958]	581 [511–650]	336 [298–373]	174 [157–191]	110 [102–118]	61 [57–65]	37 [33–69]	20 [15–23]

*Примечание.* [Q1–Q3] – непараметрическая описательная статистика (ненормальное распределение), М – медиана, Q1 – нижний квартиль (25 %), Q3 – верхний квартиль (75 %).

*Note.* [Q1–Q3] – Nonparametric descriptive statistics (non normal distribution), M – median, Q1 – the first quartile (25 %), Q3 – the third quartile.

нения относительных показателей спектра имели слабую положительную и отрицательную корреляционную связь ( $-0,29 < r < 0,29$ ;  $p < 0,05$ ) с уровнями ФСО.

**Заключение.** Таким образом, можно сказать, что спортивная деятельность, которая осуществляется в экстремальных условиях окружающей среды, существенно сказывается на ФСО спортсменов. Это подтверждается данными, полученными при регистрации фонового состояния в местах постоянного проживания спортсменов, и обследованием их в пунктах проведения тренировочных сборов и соревнований. Так, в период достижения высоких показателей в спортивной деятельности в оптимальном ФСО находилось всего лишь 6,6 % спортсменов, а у остальных регистрировали разной степени выраженности ухудшения механизмов регуляции организма, что являлось поводом для внимательного наблюдения за спортсменами и выработки стратегии для их нутритивно-метаболической коррекции.

В подгруппах критического состояния у

спортсменов регистрировали признаки переутомления, сопровождающиеся расстройством механизмов регуляции ССС. Данные изменения также подтверждались при анализе концентрации гормонов в слюне спортсменов методом ВЭЖХ-МС, по результатам которого определили у данных спортсменов значительное снижение функциональной активности нейроэндокринной системы. Рассчитанные соотношения кортизола к дегидроэпиандростерону имели сильную отрицательную корреляционную связь ( $r > -0,70$ ;  $p < 0,05$ ) с критическим, экстремальным и плохим уровнем ФСО спортсменов.

Постоянно обновляемая база данных ВРС предоставляет возможность своевременно регистрировать отклонения в состоянии здоровья спортсменов, при необходимости вносить изменения в тренировочный и соревновательный процессы.

Выводы:

1. Обследование спортсменов, занимающихся экстремальными видами спорта в раз-

личные периоды макроцикла, позволило определить достоверные ( $p < 0,001$ ) изменения, характеризующие уровень ФСО по результатам простых показателей методики ВСП: HR, AMo50, Si, Mean RR, XMax, pNN50 и Mo.

2. Разработаны значимые ( $p < 0,001$ ) общеконандные критерии, обладающие сильной взаимосвязью ( $r > 0,70$ ;  $r > -0,70$ ) с уровнями ФСО спортсменов, занимающихся экстремальными видами спорта.

### Список литературы

1. Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения / Р.М. Баевский, А.Г. Черникова // Кардиометрия. – 2017. – № 10. – С. 66–76.
2. Вариабельность сердечного ритма, как основной метод оценки функционального состояния организма спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта / В.И. Пустовойт, М.С. Ключников, С.Е. Назарян и др. // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5, № 2. DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_02\_19
3. Земцовский, Э.В. Спортивная кардиология / Э.В. Земцовский. – СПб.: Гиппократ, 1995. – 448 с.
4. Общие принципы оптимизации акклиматизации спортсменов к жаркому и влажному климату / Т.Ф. Абрамова, А.О. Акопян., М.В. Арансон, Л.В. Сафонов, Е.В. Керимова // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – № 7 (1). – С. 14–23.
5. Применение методики анализа вариабельности сердечного ритма для определения индивидуальной устойчивости к токсическому действию кислорода / А.С. Самойлов, Р.В. Никонов, В.И. Пустовойт, М.С. Ключников // Спортивная медицина: наука и практика. – 2020. – № 10 (3). – С. 73–80. DOI: 10.47529/2223-2524.2020.3.73
6. Пустовойт, В.И. Особенности инфекционной патологии у спортсменов-дайверов в сложных климатических условиях / В.И. Пустовойт, А.С. Самойлов, Р.В. Никонов // Спортивная медицина: наука и практика. – 2020. – № 1. – С. 67–75. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2020.1.67
7. Характеристика основных показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов циклических и экстремальных видов спорта / В.И. Пустовойт, М.С. Ключников, Р.В. Никонов, А.Н. Виноградов, М.С. Петрова // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2021. – № 1. – С. 26–30. DOI: 10.26269/ns60-0r26
8. Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society / R. Sassi, S. Cerutti, F. Lombardi et al. // Europace. – 2015. – Vol. 17. – P. 1341–1353.
9. Detailed heart rate variability analysis in athletes / O. Kiss, N. Sydó, P. Vargha, et al. // Clin Auton Res. – 2016. – Vol. 26 (4). – P. 245–252.
10. Gronwald, T. Correlation properties of heart rate variability during endurance exercise: A systematic review / Gronwald T. Hoos O. // Ann Noninvasive Electrocardiol. – 2020. – No. 25 (1). – e12697.
11. Hoffmann, B. A pilot study of the reliability and agreement of heart rate, respiratory rate and short-term heart rate variability in elite modern pentathlon athletes / B. Hoffmann, A.A. Flatt, L.E. Silva et al. // Diagnostics (Basel). – 2020. – Vol. 10. – P. 833.
12. Inter-individual variation in the adaptive response to heat acclimation / R.A. Rendell, H.C. Massey, J.T. Costello, M.J. Tipton // Biol. – 2018. – Vol. 74. – P. 29–36.
13. StatSoft. – <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (accessed 08.11.2020).
14. Walter, E.J. The neurological and cognitive consequences of hyperthermia / E.J. Walter, M. Carraretto // Crit Care. – 2016. – Vol. 20(1). – P. 199–207.

### References

1. Baevskiy R.M., Chernikova A.G. [Analysis of Heart Rate Variability. Physiological Bases and Basic Methods of Conducting]. *Kardiometriya* [Cardiometry], 2017, vol. 10, pp. 66–76. (in Russ.) DOI: 10.12710/cardiometry.2017.10.6676
2. Pustovoit V.I., Kliuchnikov M.S., Nazaryan S.E. et al. [Variability of the Heart Rate as the Main Method for Assessing the Functional State of the Body of Athletes Taking Part in Extreme Sports]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2021, no. 5 (2). (in Russ.) DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_02\_19

3. Zemcovskiy E.V. *Sportivnaya kardiologiya* [Sports Cardiology]. St. Petersburg, Hippocrates Publ., 1995. 448 p.
4. Abramova T.F., Hakobyan A.O., Aranson M.V. et al. [Common Principles for Optimization of the Athletes' Acclimatization to Hot and Humid Climate]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Research and Practice], 2017, no. 7 (1), pp. 14–23. (in Russ.) DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.14
5. Samoilov A.S., Nikonov R.V., Pustovoi V.I., Klychnikov M.S. [Using Heart Rate Variability to Determine Individual Resistance to the Hyperbaric Oxygen Toxicity]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Research and Practice], 2020, no. 10 (3), pp. 73–80. (in Russ.) DOI: 10.47529/2223-2524.2020.3.73
6. Pustovoi V.I., Samoilov A.S., Nikonov R.V. [Divers' Infectious Pathologies in Severe Climate]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Research and Practice], 2020, no. 10 (1), pp. 67–75. (in Russ.) DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2020.1.67
7. Pustovoi V.I., Klyuchnikov M.S., Nikonov R.V. et al. [Characteristics of the Main Indicators of Heart Rate Variability in Athletes of Cyclic and Extreme Sports]. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskiy vestnik* [Kremlin Medicine. Clinical Bulletin], 2021, no. 1, pp. 26–30. (in Russ.) DOI: 10.26269/ns60-0r26
8. Sassi R., Cerutti S., Lombardi F. et al. Advances in Heart Rate Variability Signal Analysis: Joint Position Statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. *Europace*, 2015, vol. 17, pp. 1341–1353. DOI: 10.1093/europace/euv015
9. Kiss O., Sydó N., Vargha P. et al. Detailed Heart Rate Variability Analysis in Athletes. *Clin Auton Reserch*, 2016, no. 26 (4), pp. 245–252. DOI: 10.1007/s10286-016-0360-z
10. Gronwald T., Hoos O. Correlation Properties of Heart Rate Variability During Endurance Exercise: A Systematic Review. *Ann Noninvasive Electrocardiology*, 2020, no. 25 (1), e12697. DOI: 10.1111/anec.12697
11. Hoffmann B., Flatt A.A., Silva L.E. et al. A Pilot Study of the Reliability and Agreement of Heart Rate, Respiratory Rate and Short-Term Heart Rate Variability in Elite Modern Pentathlon Athletes. *Diagnostics (Basel)*, 2020, no. 10 (10), p. 833. DOI: 10.3390/diagnostics10100833
12. Rendell R.A., Massey H.C., Costello J.T., Tipton M.J. Inter-Individual Variation in the Adaptive Response to Heat Acclimation. *Journal Therm Biology*, 2018, vol. 74, pp. 29–36. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.03.002
13. StatSoft. Available at: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (accessed 08.11.2020).
14. Walter E.J., Carraretto M. The Neurological and Cognitive Consequences of Hyperthermia. *Crit Care*, 2016, no. 20 (1), pp. 199–207. DOI: 10.1186/s13054-016-1376-4

#### **Информация об авторах**

**Пустовойт Василий Игоревич**, кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией Больших данных и прецизионной спортивной медицины, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна. Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23.

**Балакин Евгений Игоревич**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории больших данных и прецизионной спортивной медицины, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна. Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23.

**Максютов Наиль Фанисович**, младший научный сотрудник лаборатории Больших данных и прецизионной спортивной медицины, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна. Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23.

**Муртазин Артур Амирович**, младший научный сотрудник лаборатории Больших данных и прецизионной спортивной медицины, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна. Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23.

**Самойлов Александр Сергеевич**, доктор медицинских наук, член-корреспондент академии наук, профессор, генеральный директор, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна. Россия, 123098, Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23.

***Information about the authors***

**Vasily I. Pustovoit**, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia.

**Evgeniy I. Balakin**, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia.

**Nail F. Maksjutov**, Junior Researcher, Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia.

**Artur A. Murtazin**, Junior Researcher, Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia.

**Aleksandr S. Samoylov**, Doctor of Medical Sciences, Corresponding Member of the Academy of Sciences, Professor, General Director, Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia.

***Статья поступила в редакцию 07.06.2022***

***The article was submitted 07.06.2022***