

ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА  
PHYSIOLOGY AND PSYCHOPHYSIOLOGY OF HUMAN PROFESSIONAL ACTIVITY

УДК 612.1-057.36

<https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-3-14-19>

© Гудков А.Б., Щербина Ф.А., Попова О.Н., Чашчин В.П., 2021 г.

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У КУРСАНТОВ МОРСКОГО ВУЗА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЛАВАНИЯ**

<sup>1</sup>А. Б. Гудков\*, <sup>2,3</sup>Ф. А. Щербина, <sup>1</sup>О. Н. Попова, <sup>4,5</sup>В. П. Чашчин

<sup>1</sup>Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия

<sup>2</sup>Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия

<sup>3</sup>Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск, Россия

<sup>4</sup>Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья  
Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup>Научно-исследовательский институт экологии «Высшая школа экономики», Москва, Россия

*Цель:* выявить особенности функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у курсантов морского вуза в условиях длительного плавания.

*Материалы и методы.* Проведено обследование 70 курсантов, проходивших учебно-плавательную практику длительностью 165 суток на учебно-парусном судне (УПС) «Седов». Ежемесячно, перед заступлением на вахту, определялись показатели резервов сердечно-сосудистой системы. Обработка результатов осуществлялась с использованием программы SPSS, v 17.0 (IBM).

*Результаты и их обсуждение.* В первые три месяца плавания у курсантов морского вуза функциональные резервы сердечно-сосудистой системы сохраняются, на что указывает типичная нормотоническая реакция в ее деятельности в ответ на физическую нагрузку.

На четвертый и пятый месяцы плавания у курсантов появляются признаки снижения резервов сердечно-сосудистой системы, что проявляется замедленным восстановлением после стандартной физической нагрузки, уменьшением индекса инотропного резерва и возрастанием индекса хронотропного резерва.

**Ключевые слова:** морская медицина, курсанты, учебно-плавательная практика, резервы сердечно-сосудистой системы

\*Контакт: Гудков Андрей Борисович, [gudkovab@nsmu.ru](mailto:gudkovab@nsmu.ru)

© Gudkov A.B., Shcherbina F.A., Popov O.N., Chashchin V.P., 2021

**FEATURES OF CARDIOVASCULAR SYSTEM FUNCTIONAL RESERVES IN NAVAL CADETS UNDER LONG-TERM VOYAGE CONDITIONS**

<sup>1</sup>Andrey B. Gudkov\*, <sup>2,3</sup>Fedor A. Shcherbina, <sup>1</sup>Olga N. Popov, <sup>4,5</sup>Valery P. Chashchin

<sup>1</sup>Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia

<sup>3</sup>Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russia

<sup>4</sup>North-Western Scientific Center of Hygiene and Public Health of  
Rosпотребнадзор, St. Petersburg, Russia

<sup>5</sup>National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia

*Aim:* to reveal the features of cardiovascular system functional reserves in naval cadets under the conditions of a long voyage.

*Materials and methods.* 70 cadets undergoing training and sailing practice for 165 days on Sedov training and sailing ship were studied. Cardiovascular system reserves were determined once a month indices before taking over the watch. The results were elaborated using the SPSS program, v 17.0 (IBM).

*Results and their discussion.* On the first, second, and third months of the voyage, the naval cadets retained the functional reserves of the cardiovascular system, which is indicated by the typical normotonic reaction in its activity in response to physical activity.

On the fourth and fifth, the cadets showed signs of a decrease in the reserves of the cardiovascular system, which is manifested by a slower recovery after standard physical activity, a decrease in the inotropic reserve index and an increase in the chronotropic reserve index.

**Key words:** marine medicine, cadets, training and sailing practice, cardiovascular system reserves

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Гудков А.Б., Щербина Ф.А., Попова О.Н., Чашин В.П. Особенности функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у курсантов морского вуза в условиях длительного плавания // *Морская медицина*. 2021. Т. 7, № 3. С. 14–19. <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-3-14-19>.

**Conflict of interest:** the authors have declared no conflict of interest.

**For citation:** Gudkov A.B., Shcherbina F.A., Popova O.N., Chashchin V.P. Features of functional reserves of the cardiovascular system in cadets of the maritime university in conditions of long-term navigation // *Marine Medicine*. 2021. Vol. 7, No. 3. P. 14–19. <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-3-14-19>.

\*Contact: *Gudkov Andrey Borisovich, gudkovab@nsmu.ru*

**Введение.** В течение плавания моряки находятся под воздействием комплекса «судовой среды», которая отличается от береговых условий и предъявляет более высокие требования к организму человека. Связано это с тем, что среда обитания на судне существенно отличается от обычных условий жизни на берегу. Специфика работы на судах обусловлена необходимостью длительного круглосуточного пребывания на производственных объектах, непрерывным воздействием на моряков комплекса факторов судовой и окружающей природной среды на протяжении рейса, малым замкнутым пространством судовых помещений, близостью производственных помещений и мест отдыха, особой формой организации и режима труда и отдыха, ограниченностью социальных контактов, наличием стрессовых состояний и длительно сохраняющегося нервно-эмоционального напряжения, нераздельным сосуществованием факторов риска здоровью бытового, социально-психологического и производственного характера.

Формирование судовой среды моряков определяется комплексом факторов: физических (шум, вибрация, электромагнитные излучения, показатели микроклимата и др.), химических (примеси различных химических соединений в воздухе жилых производственных помещений), биологических (микроспорические грибы, микроорганизмы), социально-бытовых (гиподинамия, сенсорно-психологическая депривация, постоянное изменение биоритмов). Воздействие на экипаж факторов судовой среды в период длительного плавания может приводить к развитию стрессовых состояний [1, с. 92; 2, с. 139; 3, с. 839].

Сердечно-сосудистая система, являясь стрессопозитивной, отвечает компенсаторно-приспособительными реакциями практически на все возмущающие факторы окружающей среды, в том числе и на судовые [4, с. 41; 5, с. 39]. В настоящее время выполнены многочисленные исследования по изучению состояния сердечно-сосудистой системы в условиях морских рейсов различной длительности и направления плавания [6, с. 57; 7, с. 2; 8, с. 57]. Следует заметить, что о надежности сердечно-сосудистой системы можно судить только в случае стабильной ее работы при нагрузках, например, при физической работе. Для этого необходимо иметь представление о функциональных резервах, которые невозможно выявить в состоянии покоя [9, с. 11].

Под функциональными резервами понимают диапазон возможного уровня изменений функциональной активности физиологических систем, который может быть обеспечен активационными механизмами организма<sup>1</sup>. Функциональные резервы могут быть связаны с изменением энергетики обмена, что характерно для тканей и органа, а функциональные резервы системы и организма в целом формируются благодаря перестройке систем регуляции и включению в функциональную систему новых, дополнительных структур, или замене одной формы реакции на другую.

Определить резервные возможности сердечно-сосудистой системы, а значит и степень приспособленности организма человека к физической работе, можно при помощи пробы с дозированной физической нагрузкой [10, с. 94].

В рамках подготовки профессиональных кадров для морского флота в вузах предусмо-

<sup>1</sup>Словарь физиологических терминов / отв. ред. акад. О.Г. Газенко. М.: Наука, 1987. 447 с. [Dictionary of physiological terms / editor-in-chief academician O.G. Gzenko. Moscow: Publishing house Nauka, 1987, 447 p. (In Russ.)].

трено прохождение учебно-плавательной практики. В связи с этим оценка функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у курсантов морских вузов в динамике длительных морских рейсов имеет большое теоретическое и практическое значение.

**Цель исследования:** выявить особенности функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у курсантов морского вуза в условиях длительного плавания.

**Материалы и методы.** Проведено обследование 70 курсантов, проходивших учебно-плавательную практику на учебно-парусном судне (УПС) «Седов». Длительность плавания 165 суток (август-январь) в Атлантическом и Тихом океанах. Ежемесячно (на 10–15, 45–50, 75–80, 100–105, 150–155-е сутки плавания) перед заступлением на вахту у курсантов в состоянии покоя определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление, проводили пробу с дозированной физической нагрузкой (проба Мартине), рассчитывали индексы хронотропного (ИХР) и инотропного (ИИР) резервов. Оценку результатов пробы (20 приседаний за 30 секунд) проводили на основании направленности сдвигов ЧСС, САД, ДАД и анализа изменений этих величин на 1,2 и 3 минутах восстановительного периода [11, с. 2]. Величину ИХР определяли по формуле  $\text{ЧСС}^*/\text{ЧССп} \times 100$ ; ИИР —  $\text{САД}^*/\text{САДп} \times 100$ , где  $\text{ЧСС}^*$  и  $\text{САД}^*$  — прирост ЧСС или САД после пробы с нагрузкой;  $\text{ЧССп}$ ,  $\text{САДп}$  — соответствующие величины в состоянии покоя до пробы [12, с. 83].

При помощи теста Колмогорова–Смирнова проводилась оценка типа распределения полученных количественных данных. Так как их распределение не отличалось от нормального, то для их описания применялись средняя арифметическая ( $M$ ) и ошибка средней ( $m$ ). Сравнение средних значений в зависимых выборках проводилось с использованием однофакторного дисперсионного анализа повторных измерений и парного критерия Стьюдента. Также были рассчитаны показатели наглядности для оценки изменения ЧСС, САД, ДАД в восстановительный период после осуществления пробы Мартине. Критический уровень значимости принимался при  $p < 0,05$ . Обработка результатов проводилась с использованием программы SPSS, v 17.0 (IBM).

**Результаты и их обсуждение.** Анализ изученных показателей у курсантов в динамике 5-месячного плавания на УПС выявил фазный характер деятельности сердечно-сосудистой системы в ответ на пробу со стандартной физической нагрузкой, отражающей состояние функциональных резервов организма.

Направленность сдвигов ЧСС, САД и ДАД при физической нагрузке указывает на нормотоническую тенденцию в деятельности сердечно-сосудистой системы на протяжении всего рейса. Так, стандартная физическая нагрузка во все периоды плавания вызвала повышение ЧСС на 19–27%, САД на 17–22% и снижение ДАД на 10–17% по сравнению с исходными данными до нагрузки (табл. 1).

Полученные результаты указывают на нормотонический тип ответной реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Привлекает внимание значительное изменение ЧСС после пробы на 5-м месяце плавания. Вторая минута восстановительного периода в течение всего плавания характеризуется уменьшением ЧСС, САД и повышением ДАД, что является ожидаемой реакцией сердечно-сосудистой системы при нормотоническом типе реагирования на физическую нагрузку.

Анализ третьей минуты восстановления заслуживает особого внимания, поскольку все гемодинамические показатели должны вернуться к исходному состоянию, что и наблюдается в отношении ЧСС и САД. Однако величина ДАД полностью не восстанавливается, остается сниженной, причем снижение нарастает от первого месяца плавания к 4-му и 5-му месяцам и в конце плавания различия от исходного состояния становятся статистически значимыми ( $p < 0,001$ ). Полученные результаты указывают на то, что несмотря на наличие нормотонической реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку, у курсантов наблюдается замедленное восстановление, особенно значительное в конце плавания. Такая реакция, вероятно, является отражением состояния накопившегося утомления. Можно предположить, что в течение рейса у курсантов процессы восстановления не успевали за предложенным ритмом вахт, что и привело к накоплению утомления и снижению функциональных резервов сер-

Таблица 1

**Изменение показателей деятельности сердечно-сосудистой системы у курсантов в динамике 5-месячного плавания в ответ на стандартную физическую нагрузку, % (n=70)**

Table 1

**Changes in the performance indicators of the cardiovascular system in cadets in the dynamics of 5-month swimming in response to standard physical activity, % (n=70)**

Показатель	Месяц плавания				
	первый	второй	третий	четвертый	пятый
ΔЧСС1, %	19,3	24,7	24,4	23,4	26,6
ΔСАД1, %	21,1	21,6	18,5	20,0	16,8
ΔДАД1, %	-13,7	-13,9	-14,7	-17,4	-10,3
ΔЧСС2, %	1,5	4,3	3,3	1,1	1,1
ΔСАД2, %	9,0	9,6	3,8	4,6	5,1
ΔДАД2, %	-13,7	-11,2	-11,3	-13,4	-10,3
ΔЧСС3, %	0,7	0	0	-1,8	-1,2
ΔСАД3, %	1,6	3,2	-1	0	-1,5
ΔДАД3, %	-5,5	-7,0	-9,4	-11,0*	-10,3*

Примечание: Δ — изменение величины соответствующего показателя после пробы со стандартной физической нагрузкой по отношению к величине до пробы. 1,2,3 — минуты восстановительного периода.

\*p<0,01 по сравнению с первым месяцем.

Note: Δ is the change in the value of the corresponding indicator after the sample with standard physical activity in relation to the value before the sample. 1,2,3 — minutes of the recovery period.

\*p<0,01 compared to the first month of sailing.

дечно-сосудистой системы в конце плавания. На снижение резервов на четвертом и пятом месяцах плавания указывает также динамика показателей ИХР и ИИР (табл. 2).

Возрастание ИХР (p<0,05–0,01) и уменьшение ИИР (p<0,05) указывают, что в этот период необходимый уровень минутного объема кровообращения достигался не за счет эконо-

Таблица 2

**Показатели индексов хронотропного (ИХР) и инотропного (ИИР) резервов сердечно-сосудистой системы у курсантов в динамике рейса, M±m (n=70)**

Table 2

**Indicators of the PU and R & d of the students in the dynamics of flight, M±m (n=70)**

Показатель	Месяц плавания				
	первый	второй	третий	четвертый	пятый
Индекс хронотропного резерва, %	19,2±2,3	21,9±2,1	24,3±1,7	25,9±2,2*	26,4±2,1**
Индекс инотропного резерва, %	21,1±2,1	21,3±2,3	18,5±1,8	20,1±1,9	15,2±1,9*

Примечание: \*p<0,05; \*\*p<0,01 по сравнению с первым месяцем.

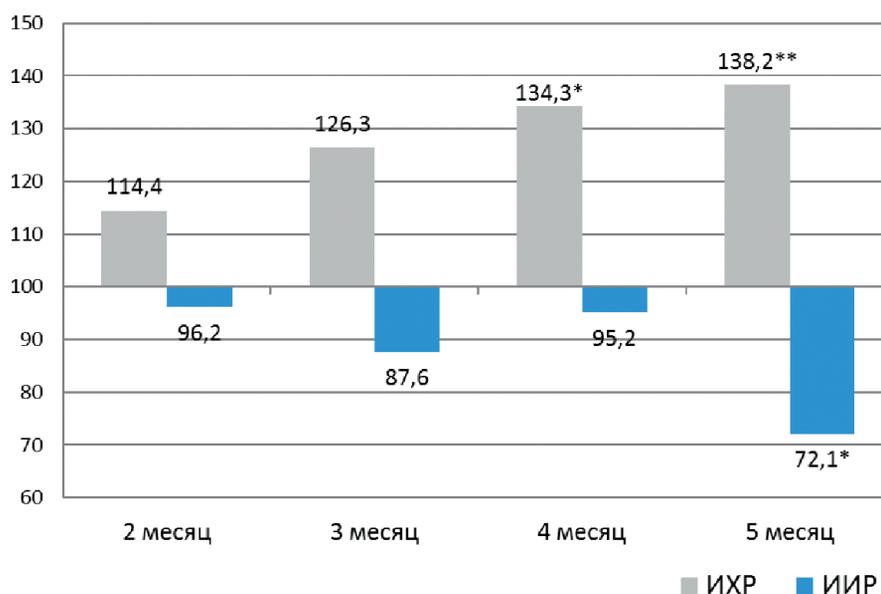
Note: \*p<0,05; \*\*p<0,01 compared to the first month of sailing.

Так, на четвертом и пятом месяцах рейса у курсантов возросла величина ИХР соответственно на 34% (p<0,05) и 38% (p<0,001) (рисунки).

Наряду с увеличением ИХР наблюдается уменьшение ИИИ в этот же период плавания соответственно на 5% и 18% (p<0,05).

номичного механизма, связанного с повышением силы сердечного сокращения (ударного объема крови), а за счет увеличения ЧСС, что менее экономично для деятельности сердечно-сосудистой системы.

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить особенности функцио-



**Рисунок.** Изменения индексов хронотропного (ИХР) и инотропного (ИИР) резервов сердечно-сосудистой системы у курсантов в течение рейса (в % к первому месяцу)

**Figure.** Changes in the indices of chronotropic (ICR) and inotropic (IIR) reserves of the cardiovascular system in cadets during the voyage (in% to the first month)

Примечание: за 100% принята величина показателя в первый месяц различия статистически значимы по сравнению с первым месяцем. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

Note: the value of the indicator in the first month is taken as 100% differences are statistically significant compared to the first month. \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

нальных резервов сердечно-сосудистой системы у курсантов морского вуза в динамике длительного плавания. Можно предположить, что изменение резервов является результатом накопившегося утомления.

**Заключение.** В первые три месяца плавания у курсантов морского вуза функциональные резервы сердечно-сосудистой системы сохраняются, на что указывает типичная

нормотоническая тенденция в ее деятельности в ответ на физическую нагрузку. На четвертом и пятом месяцах плавания у курсантов появляются признаки снижения резервов сердечно-сосудистой системы, что проявляется замедленным восстановлением после стандартной физической нагрузки, уменьшением ИИР и возрастанием ИХР.

## ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Мызников И.Л., Щербина Ф.А. Особенности формирования компенсаторно-приспособительных реакций организма моряков в условиях длительного хронического стресса // *Физиология человека*. 2006. Т. 32, № 3. С. 92–97. [Myznikov I.L., Shcherbina F.A. Features of the formation of compensatory-adaptive reactions of the body of sailors under conditions of prolonged chronic stress. *Human Physiology*, 2006, Vol. 32, No. 3, pp. 92–97 (In Russ.)].
2. Natelson B.N. Stress, hormones and disease // *Physiol. Behav.* 2004. Vol. 82, Iss. 1. P. 139–143.
3. Larzelere M.M., Jones G.N. Stress and health // *Primary Care: Clinics in Office Practice*. 2008. Vol. 35, Iss. 4. P. 839–856.
4. Богданов Р.П., Лупачев В.В., Логвиненко Н.Т. Суточное мониторирование артериального давления в условиях длительных морских рейсов // *Вестник Поморского ун-та. Серия: Естественные науки*. 2011. № 2. С. 41–44. [Bogdanov R.P., Lupachev V.V., Logvinenko N.T. Daily monitoring of blood pressure during long sea voyages. *Bulletin of the Pomeranian University. Series: Natural Sciences*, 2011, No. 2, pp. 41–44 (In Russ.)].
5. Гудков А.Б., Небученных А.А., Попова О.Н. Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра Военно-Морского Флота России в условиях Европейского Севера // *Экология человека*. 2008. № 1. С. 39–43. [Gudkov A.B., Nebuchennykh A.A., Popova O.N. Indices of cardiovascular system activity in military men from Russian Navy training center in conditions of European North. *Human Ecology*, 2008, No. 1, pp. 39–43 (In Russ.)].

6. Камалутдинов С.Р., Лупачев В.В. Динамика артериального давления и электрокардиографических признаков гипертрофии левого желудочка у моряков с артериальной гипертензией во время длительных морских рейсов // *Экология человека*. 2009. № 2. С. 31–34. [Kamalutdinov S.R., Lupachev V.V. Dynamics of the blood pressure and the electrocardiographic signs of left ventricular dilation among seamen with arterial hypertension in the long voyages. *Human Ecology*, 2009, No. 2, pp. 31–34 (In Russ.)].
7. Гудков А.Б., Щербина Ф.А., Мызников И.Л. *Адаптивные реакции организма моряков рыбопромыслового флота*: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2011. 241 с. [Gudkov A.B., Shcherbina F.A., Myznikov I.L. *Adaptive reactions of the organism of seamen of the fishing fleet*: monograph. Arkhangelsk: Publishing house of the Northern State Medical University, 2011, 241 p. (In Russ.)].
8. Кубасов Р.В., Лупачев В.В., Логвиненко А.Т., Кубасова Е.Д. Изменения артериального давления у моряков во время длительных морских рейсов // *Морская медицина*. 2016. Т. 2, № 3. С. 57–60. [Kubasov R.V., Lupachev V.V., Logvinenko A.T., Kubasova E.D. Changes in blood pressure in sailors during long sea voyages. *Marine Medicine*, 2016, Vol. 2, No. 3, pp. 57–60 (In Russ.)].
9. Агаджанян Н.А. *Стресс и теория адаптации*. Монография. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005, 190 с. [Agadzhanyan N.A. *Stress and adaptation theory*. Monograph. Orenburg: IPK GOU OSU, 2005, 190 p. (In Russ.)].
10. Аулик И.В. *Определение физической работоспособности в клинике и спорте*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 1990. 192 с. [Aulik I.V. *Determination of physical performance in the clinic and sports*. 2nd ed., Rev. and additional. Moscow: Publishing house Medicine, 1990, 192 p. (In Russ.)].
11. Мотылянская Р.Е., Ерусалимский Л.А. *Врачебный контроль при массовой физкультурно-оздоровительной работе*. М.: ФиС, 1980. 95 с. [Motylyanskaya R.E., Erusalimsky L.A. *Medical control in mass physical culture and health work*. Moscow: Publishing house FiS, 1980, 95 p. (In Russ.)].
12. Кондраков В.М., Коледенок В.И., Арсеньева Л.И. *Определение показателей физической работоспособности у лиц летного состава и их клиническая оценка* // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1983. Т. 17, № 1. С. 82–84. [Kondrakov V.M., Koledenok V.I., Arsenyeva L.I. *Determination of indicators of physical performance in flight personnel and their clinical assessment*. *Space biology and aerospace medicine*, 1983, Vol. 17, No. 1, pp. 82–84 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 27.05.2021 г.

#### Авторство:

Вклад в концепцию и план исследования — Ф.А. Щербина, А.Б. Гудков. Вклад в сбор данных — Ф.А. Щербина. Вклад в анализ данных и выводы — А.Б. Гудков, В.П. Чащин. Вклад в подготовку рукописи — О.Н. Попова, В.П. Чащин.

#### Сведения об авторах:

*Гудков Андрей Борисович* — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой гигиены и медицинской экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; e-mail: gudkovab@nsmu.ru; ORCID 0000-0001-5923-0941; SPIN 4369-3372;

*Щербина Федор Александрович* — доктор биологических наук, профессор кафедры физического воспитания и спорта федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Мурманский государственный технический университет», профессор кафедры физического воспитания, спорта и безопасности жизнедеятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»; 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, д. 13; e-mail: Runner-man@mail.ru; ORCID 0000-0001-0131-4733; SPIN 5194-1380;

*Попова Ольга Николаевна* — доктор медицинских наук, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; e-mail: popova\_nsmu@mail.ru; ORCID 0000-0002-0135-4594; SPIN 5792-0273;

*Чащин Валерий Петрович* — доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник федерального бюджетного учреждения науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; 191031, Санкт-Петербург, 2-я Советская улица, д. 4; главный научный сотрудник федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; e-mail: valerych05@mail.ru; ORCID 0000-0002-2600-0522; SPIN 6989-1648.