



Применение программы послеполетной реабилитации космонавтов в санаторно-курортных условиях: описание серии клинических случаев

Тер-Акопов Г.Н.¹, Ефименко Н.В.¹, Корягина Ю.В.^{1,*}, Абуталимова С.М.¹,
 Лунина Н.В.^{1,2}

¹ ФГБУ «Северо-Кавказский Федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», Ессентуки, Россия

² Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Перспективы изучения дальнего космоса связаны с разработкой методов и программ восстановления организма космонавтов после различных по длительности полетов. При этом важная роль отводится реализации аспектов восстановления функций нервной системы космонавтов на 2-м этапе послеполетной реабилитации (ПР) в санаторно-курортных условиях.

ЦЕЛЬ. Разработать программу ПР космонавтов в санаторно-курортных условиях (2-й этап послеполетной реабилитации), направленную на восстановление функций нервной системы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование проведено сотрудниками Центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России на базе санатория им. С.М. Кирова ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в городе Пятигорске. В исследовании приняли участие 5 космонавтов, медианный возраст 55 (52; 55) лет. Диагностика включала оценку психологических и психофизиологических параметров и свойств нервной системы, функционального состояния вегетативной нервной системы. Программа реабилитации включала: внутренний прием минеральной воды источника «Славяновский», углекисло-сероводородные ванны, баротерапию, галотерапию, ингаляционную терапию, климатолечение, терренкуротерапию, курс из 5 сеансов нейробиоуправления по β -ритму головного мозга. Длительность ПР — 21 день, процедуры проводились через день по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Оценка вариабельности сердечного ритма выявила преобладание влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. По завершении ПР установлено снижение индекса напряжения регуляторных процессов. Показатели центральной гемодинамики до курса ПР либо выходили за пределы физиологической нормы, либо имели пограничные значения. После курса реабилитации отмечалось снижение индекса жесткости, связанного с давлением крови в крупных артериях. Имелась положительная тенденция к нормализации ряда показателей: сатурации крови, индекса отражения, связанного с давлением крови в малых и средних артериях, маркера функции левого желудочка сердца, сердечного выброса, артериального давления и поглощения кислорода из системы микроциркуляции. Динамика показателей тренинга с биологической обратной связью по β -ритму свидетельствовала об упорядоченности и синхронизации сигнала электроэнцефалографических (ЭЭГ) ритмов в конце тренинга, также выявлено увеличение эффективности психической работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии разработанной программы 2-го этапа ПР космонавтов, в результате применения которой отмечена положительная динамика показателей вегетативной регуляции, центральной гемодинамики, улучшение психической работоспособности, упорядоченности и синхронизации сигнала ЭЭГ-ритмов при выполнении когнитивных задач в стресс-моделированных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: космонавты, функциональная диагностика, психологическая диагностика, нервная система, медицинская реабилитация, санаторно-курортное лечение.

Для цитирования / For citation: Тер-Акопов Г.Н., Ефименко Н.В., Корягина Ю.В., Абуталимова С.М., Лунина Н.В. Применение программы послеполетной реабилитации космонавтов в санаторно-курортных условиях: описание серии клинических случаев. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(6):107-116. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-107-116> [Ter-Akopov G.N., Efimenko N.V., Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Lunina N.V. The Post-Flight Rehabilitation Program for Astronauts in Health Resort: Case Report Series. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(6):107-116. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-107-116> (In Russ.)]

* **Для корреспонденции:** Корягина Юлия Владиславовна, E-mail: nauka@skfmba.ru

Статья получена: 31.07.2023
Статья принята к печати: 06.10.2023
Статья опубликована: 15.12.2023

The Post-Flight Rehabilitation Program for Astronauts in Health Resort: Case Report Series

 **Gukas N. Ter-Akopov**¹,  **Nataliya V. Efimenko**¹,  **Yulia V. Koryagina**^{1,*},
 **Sabina M. Abutalimova**¹,  **Natalya V. Lunina**^{1,2}

¹ North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia

² Russian University of Sport "GTSOLIFK", Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The prospects for studying deep space are associated with the development of methods and programs for restoring the body of astronauts after flights. In this case, an important role is given to the implementation of aspects of restoring the functions of the nervous system of astronauts at the 2nd stage of post-flight rehabilitation (PFR) in Health Resort.

AIM. To develop a program of rehabilitation for cosmonauts in Health Resort (stage 2 of PFR), aimed at restoring the functions of the nervous system.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 5 cosmonauts. Diagnostics included assessment of psychological and psychophysiological parameters and properties of the nervous system, the functional state of the autonomic nervous system. The rehabilitation program included: intake of mineral water "Slavyanovsky", carbon dioxide-hydrogen sulfide baths, baro-, halo-, inhalation and climate therapy, a course of 5 sessions of neurofeedback on the β -rhythm of the brain. The duration of PFR was 21 days, procedures were carried out every other day.

RESULTS AND DISCUSSION. An assessment of heart rate variability revealed the predominance of the influence of the parasympathetic division. After the rehabilitation course, there was a decrease in the stiffness index. There was a positive trend towards normalization of indicators: blood saturation, reflection index, a marker of left ventricular function, cardiac output, blood pressure and oxygen absorption from the microcirculatory system. The dynamics of biofeedback training indicators based on the β -rhythm indicated the orderliness and synchronization of the electroencephalogram (EEG) rhythm signal; an increase in the efficiency of mental work was also revealed.

CONCLUSION. The results obtained indicate the positive impact of the developed program of the 2nd stage of PFR, as a result of which a positive dynamics of indicators of autonomic regulation, central hemodynamics, improvement of mental performance, orderliness and synchronization of the EEG rhythm signal.

KEYWORDS: astronauts, functional diagnosis, psychological diagnosis, nervous system, medical rehabilitation, sanatorium and spa treatment.

For citation: Ter-Akopov G.N., Efimenko N.V., Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Lunina N.V. The Post-Flight Rehabilitation Program for Astronauts in Health Resort: Case Report Series. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(6):107-116. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-107-116> (In Russ.).

* **For correspondence:** Yuliya V. Koryagina, E-mail: nauka@skfmba.ru

Received: 31.07.2023

Accepted: 06.10.2023

Published: 15.12.2023

ВВЕДЕНИЕ

Послеполетное психофизическое состояние космонавтов во многом определяется влиянием ряда групп факторов космического полета, осуществляющих биологическое воздействие. К первой группе относятся физические характеристики космического пространства (крайне низкая степень барометрического давления и низкая температура, отсутствие атмосферы, космическое излучение, метеорные тела). Ко второй группе относят факторы динамики космического полета (вибрация, шум, ускорение, невесомость). Третья группа факторов связана с длительным пребыванием в условиях кабины космического корабля (длительная изоляция, микроклимат кабины, изменение суточной периодики, психологическая совместимость членов экипажа) [1–5]. Все эти факторы, несомненно, являются отрицательными и могут оказывать негативное влияние на функциональное состояние нервной системы во время космического полета. Перспекти-

вы изучения дальнего космоса и решение проблемы длительного пребывания человека в экстремальной среде связаны с разработками мер защиты от влияния ряда негативных факторов во время космических полетов, а также с восстановлением функций организма космонавтов после различных по длительности полетов [6, 7].

Важная роль в космической медицине отводится послеполетной реабилитации (ПР), в том числе за счет реализации аспектов восстановления нервной системы, общего и психоэмоционального состояния космонавтов, что возможно в рамках 2-го этапа ПР в санаторно-курортных условиях.

ЦЕЛЬ

Разработать программу послеполетной реабилитации космонавтов в санаторно-курортных условиях (2-й этап послеполетной реабилитации), направленную на восстановление функций нервной системы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено сотрудниками Центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНЦ ФМБА России на базе санатория им. С.М. Кирова ФГБУ СКФНЦ ФМБА России в городе Пятигорске.

В исследовании приняли участие 5 космонавтов (Me (Q1; Q3) возраст — 55 (52; 55) лет, вес — 89 (82; 101) кг; рост — 176 (172; 178) см).

Все участники дали информированное добровольное согласие на участие в исследовании в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013), а также разрешение на обработку персональных данных. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ СКФНЦ ФМБА России (протокол № 2 от 26.01.2021).

Критерии включения: наличие в составе отряда космонавтов, опыт космических полетов, удовлетворительное состояние, информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Критерии невключения: отказ от участия в исследовании, наличие заболеваний, являющихся противопоказанием к санаторно-курортному лечению.

В связи с запретом на разглашение данных о космонавтах детализация анамнеза каждого космонавта не представлена.

Программа послеполетной реабилитации космонавтов

Программа ПР в санаторно-курортных условиях включала комплексы лечебно-оздоровительных меро-

приятий, акцентированных на улучшение функций вегетативной нервной системы, общего психофизиологического и психоэмоционального состояния, восстановление и повышение психической работоспособности. В начале и в конце реализации программы ПР проводились диагностические мероприятия в соответствии с разработанной программой диагностики (патент на промышленный образец № 134704, 23.12.2022) [8]. Исследование variability сердечного ритма (BCP), кожно-гальванической реакции (КГР), центральной гемодинамики, сатурации крови проводилось на аппаратно-программном комплексе ESTECK System Complex (LD Technology, США). Психофизиологическая диагностика проводилась с помощью специально разработанной программы для ЭВМ «Диагностика психофизического состояния космонавтов» (Свидетельство о регистрации № 2021667667, 01.11.2021, рис. 1) [9], которая включала в себя проведение: реакционных тестов (реакция свет-звук); теста Шульте (тест на работоспособность, устойчивость, эффективность и скорость включения в работу, определение способности концентрировать, распределять и переключать внимание); теппинг-теста; теста, позволяющего определить индивидуальную единицу времени и соответствующий ей тип темперамента; теста на определение психических состояний — личностный опросник EPI (тест Айзенка).

Лечебно-восстановительные мероприятия включали: внутренний прием слабоуглекислой маломинерализованной сульфатно-гидрокарбонатной кальциево-натриевой минеральной воды ист. «Славяновский» из расчета 3,5 мл/кг массы тела, в теплом виде, 3 раза

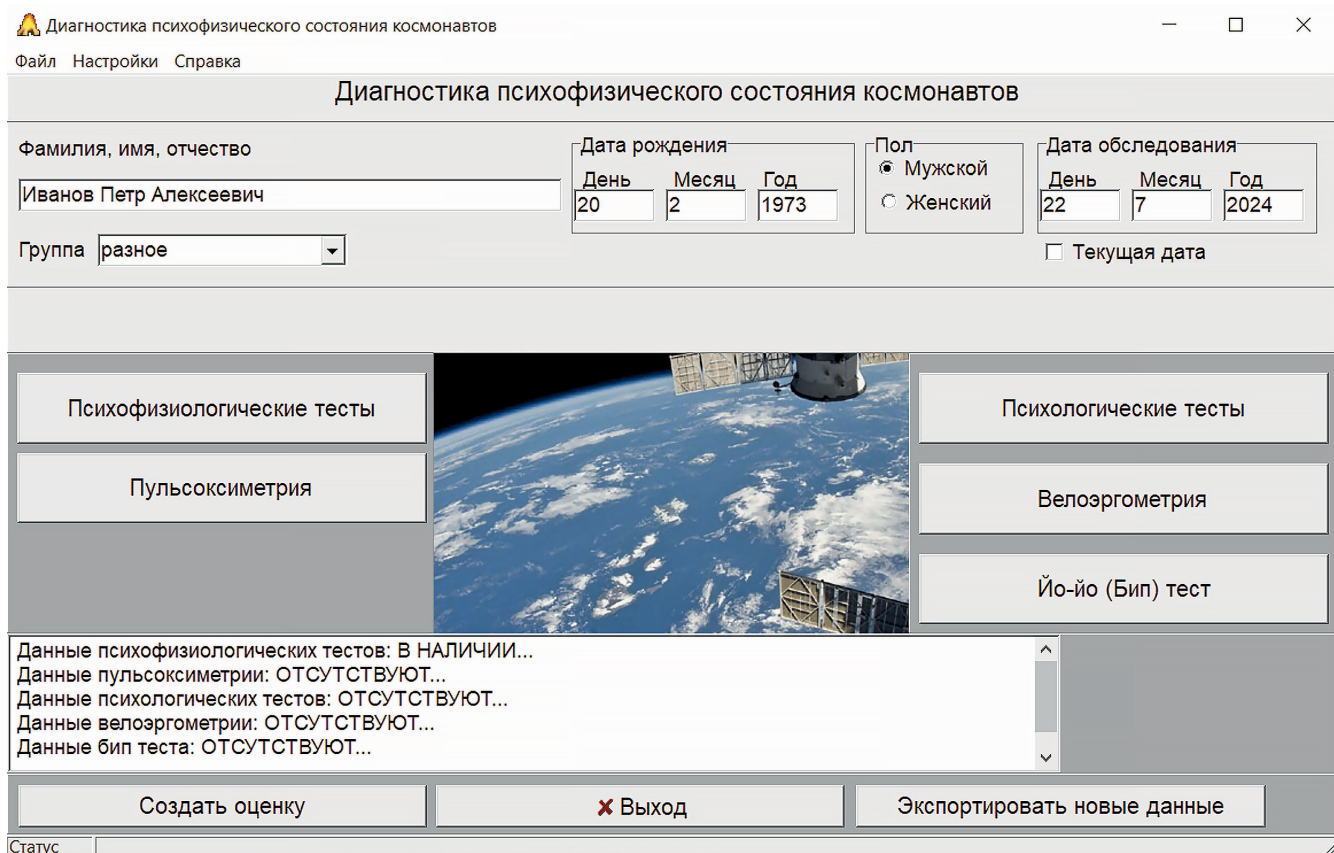


Рис. 1. Главное окно программы для ЭВМ. Диагностика психофизического состояния космонавтов

Fig. 1. Main window of the software for PC — “Diagnostics of the astronauts’ psychophysical state”

в сутки, за 30–40 минут до приема пищи; углекисло-сероводородные ванны с концентрацией сероводорода 15 мг/л, CO₂ — 1,4 г/л) температурой 37 °С, в течение 15 минут, через день, 8 процедур; баротерапию (гипербарическая оксигенация в барокамере «БарОкс 1.0», под давлением 30 кПа), время воздействия — 30 минут, скорость декомпрессии — 6 кПа/мин, через день, 10 процедур; галотерапию (с применением высокодисперсного сухого аэрозоля хлорида натрия, концентрация — 3 мг/м³), длительность сеанса — 40 минут, через день (сеансы сопровождалась релаксирующей музыкотерапией), 8 процедур; ингаляционную терапию с применением аэрозолей растительных ароматических веществ, время ингаляции — 30 минут, ежедневно, 10 процедур на курс; климатолечение и терренкуротерапию, 40 минут в день по горе Машук (пересеченная местность — 600–700 м над уровнем моря).

Данные процедуры, исходя из нейроиммуноэндокринных механизмов действия природных и преформированных лечебных факторов, были направлены на восстановление общего адаптационного потенциала организма, деятельности регуляторных систем различного уровня биологической интеграции и преодоление дисбаланса функционального состояния нервной системы космонавтов. Усиление эффекта курортной терапии в этом отношении достигалось применением тренинга с биологической обратной связью (БОС) нейробиоуправления по β-ритму головного мозга.

Продолжительность тренинга нейробиоуправления по β-ритму головного мозга составила 15 минут, количество сеансов — 5. Применялась игра «Автогонки», в которой подбирались индивидуальная стратегия сосредоточения внимания (продуцирования β-ритма головного мозга) на фоне произвольного мышечного расслабления. Успешность достижения заданных параметров подкреплялась БОС в виде ускорения продвижения «Автомобиля», управляемого участником БОС-тренинга в зависимости от состояния β-ритма при произвольном мышечном расслаблении. Длительность санаторно-курортного лечения — 21 день. Диагностика проводилась по прибытии в санаторий (исходно) и при выписке (по окончании курса санаторно-курортного этапа реабилитации).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью компьютерной программы Statistica 13.0. Рассчитывались стандартные показатели описательной статистики (медиана, первый и третий квартили). Все данные сведены в таблицы. Ввиду малой выборки по причине небольшого количества космонавтов, возвратившихся из космического полета в период проведения исследования 2021–2022 гг., сравнение показателей проводилось с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (для анализа динамики данных в зависимых группах). Статистическая значимость принималась при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика состояния вегетативной нервной системы в процессе санаторно-курортного лечения

Анализ ВСП, КГР, центральной гемодинамики и уровня насыщения крови кислородом позволил определить общее функциональное состояние и характер адаптационных процессов космонавтов в ходе санаторно-курортного лечения, а также оценить баланс регуляции симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы.

По показателям ВСП у космонавтов выявлены высокие значения мощности волн высокой частоты, что свидетельствует о преобладании влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на ритм сердца. Остальные показатели ВСП были в пределах физиологической нормы, статистически значимых изменений параметров ВСП в ходе курса ПР не выявлено. Имелась тенденция к снижению индекса напряжения (табл. 1), что свидетельствует о положительной динамике механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма и улучшении адаптационных возможностей организма.

Анализ КГР, показывающей изменение кожного сопротивления при раздражениях, связанных с эмоциональной реакцией организма, происходящей в результате изменения деятельности потовых желез, позволил выявить следующее. В сегменте «голова» при первом и втором тестировании показатели были в пределах нормы. В сегментах «руки» и «ноги» имелось незначи-

Таблица 1. Показатели ВСП космонавтов в начале и в конце курса санаторно-курортного лечения ($n = 5$)
Table 1. HRV indices of the astronauts at the beginning and at the end of sanatorium and spa treatment ($n = 5$)

№ п/п / No.	Показатели / Indices	В начале / At the beginning	В конце / At the end	Норма / Standard
1	ЧСС, уд/мин / HR, beats/min	66,9 (61,7; 75,8)	67 (61,9; 75,1)	60–80
2	HF, мс ² / HF, ms ²	38,8 (34,8; 48,6)	37,2 (35,5; 48,9)	22–34
3	LF, мс ² / LF, ms ²	45,2 (30,6; 49,6)	44 (34,1; 58,2)	22–46
4	LF/HF	1 (0,8; 1)	1,2 (1; 1,6)	0,5–2
5	Индекс напряжения, у.е. / Stress index, c.u.	82,5 (59; 108)	65 (55; 67)	50–200
6	SDNN, мс / SDNN, ms	54,3 (46,7; 65,9)	60,1 (51,6; 66,3)	40–80

Примечание: HF — мощность быстрых волн (высокочастотных); LF — мощность медленных волн (низкочастотных); SDNN — среднее квадратичное отклонение кардиоинтервалов; ЧСС — частота сердечных сокращений; данные представлены в виде медиан и квартилей; по критерию Вилкоксона не выявлено значимых различий.

Note: HF — power of high-frequency waves; LF — power of low-frequency waves; SDNN — standard deviation of the N-N intervals; HR — heart rate; the data are presented in the form of medians and quartiles; there were no significant differences according to the Wilcoxon's test.

Таблица 2. Показатели кожно-гальванической реакции космонавтов в начале и в конце курса санаторно-курортного лечения, micro Si ($n = 5$)

Table 2. Indices of the galvanic skin response in the astronauts at the beginning and at the end of sanatorium and spa treatment, micro Si ($n = 5$)

№ п/п / No.	Показатели / Indices	В начале / At the beginning	В конце / At the end	p	Норма / Standard
1	Голова SDC+ / Head SDC+	28 (15; 29)	27 (20; 35)	–	25–35
2	Голова SDC– / Head SDC–	29 (20; 31)	28 (24; 38)	–	25–35
3	Руки SDC+ / Arms SDC+	61 (56; 64)	46 (45; 52)	< 0,04	40–60
4	Руки SDC– / Arms SDC–	65 (57; 74)	61 (54; 71)	–	40–60
5	Ноги SDC+ / Legs SDC+	54 (27; 62)	48 (43; 60)	–	40–60
6	Ноги SDC– / Legs SDC–	62 (42; 72)	65 (50; 72)	–	40–60

Примечание: SDC — ионная проводимость соответствующего сегмента тела; показатели представлены в виде медиан и квартилей; p — по критерию Вилкоксона.

Note: SDC — ionic conductivity of the corresponding part of the body; the indices are presented in the form of medians and quartiles; p — according to the Wilcoxon's test.

Таблица 3. Показатели центральной гемодинамики и кислорода космонавтов в начале и в конце курса санаторно-курортного лечения ($n = 5$)

Table 3. Central hemodynamics and oxygen indices of astronauts at the beginning and at the end of sanatorium and spa treatment ($n = 5$)

№ п/п / No.	Показатели / Indices	В начале / At the beginning	В конце / At the end	p	Норма / Standard
1	SpO ₂ , %	95 (95; 97)	96 (96; 97)	–	95–100
2	Индекс жесткости, м/с / Stiffness index, m/s	9,6 (9,6; 9,7)	8,8 (8,5; 8,9)	< 0,04	7–9
3	Индекс отражения, % / Refraction index, %	40 (30; 40)	30 (30; 40)	–	30–45
4	Индекс аугментации, у.е. / Augmentation index, c.u.	1,4 (1,3; 1,4)	1,4 (1,3; 1,4)	–	0,89–1,33
5	b/a, у.е. / b/a, c.u.	–0,8 (–0,8; –0,7)	–0,7 (–0,8; –0,7)	–	–0,77 ... –0,41
6	d/a, у.е. / d/a, c.u.	–0,4 (–0,4; –0,4)	–0,1 (–0,1; –0,1)	–	0,15–0,49
7	Периферическое сопротивление сосудов, Мпа × с/м ³ / Peripheral resistance / mPa × s/m ³	1232,3 (1230,1; 1445,6)	1265,6 (1200; 1275,3)	–	900–1500
8	Сердечный выброс, л/мин / Cardiac output, l/min	6,7 (6,1; 7)	5,5 (5,4; 5,6)	–	4,6–5,6
9	Индекс объемной скорости кровотока, л/мин/м ² / Volumetric blood flow index, l/min/m ²	3,1 (2,9; 3,2)	3 (2,9; 3)	–	2,6–3,2
10	Среднее АД, мм рт. ст. / Mean BP, mmHg	103,7 (100,3; 107)	103,3 (97,3; 106,3)	–	95–110
11	VO ₂ , мл/мин/м ² / VO ₂ , ml/min/m ²	300 (180; 310)	295 (190; 298)	–	200–300
12	АДс, мм рт. ст. / sBP, mmHg	135 (134; 137)	132 (128; 133)	–	110–140
13	АДд, мм рт. ст. / dBP, mmHg	88 (84; 92)	84 (82; 84)	–	75–90

Примечание: SpO₂ — сатурация; b/a — маркер функции левого желудочка сердца; d/a — индикатор жесткости артерий малого и среднего калибра; VO₂ — поглощение кислорода из системы микроциркуляции крови в минуту; АДс — артериальное давление систолическое; АДд — артериальное давление диастолическое; показатели представлены в виде медиан и квартилей; p — по критерию Вилкоксона.

Note: SpO₂ — blood oxygen saturation; b/a — indicator of the left ventricle's function; d/a — stiffness indicator of small and medium arteries; VO₂ — oxygen consumption from the blood microcirculation system per minute; sBP — systolic blood pressure, dBP — diastolic blood pressure; the indices are presented in the form of medians and quartiles; p — according to the Wilcoxon's test.

тельное увеличение показателя, что могло быть связано с высокой температурой окружающей среды. Однако в сегменте «руки» к концу курса отмечались статистически значимое снижение ионной проводимости и приведение показателя в физиологическую норму (табл. 2).

По показателям центральной гемодинамики было выявлено, что до курса реабилитации в санатории у космонавтов практически все показатели либо выходили за пределы физиологической нормы, либо имели пограничное значение (табл. 3). После курса санаторно-курортного лечения отмечалось статистически значимое снижение индекса жесткости, связанного с давлением крови в крупных артериях. Одновременно с этим отмечалась положительная тенденция к нормализации целого ряда показателей: сатурации крови, индекса отражения, связанного с давлением крови в малых и средних артериях, маркера функции левого желудочка сердца, сердечного выброса, артериального давления и поглощения кислорода из системы микроциркуляции.

В целом в процессе санаторно-курортного этапа ПР наметилась стабилизация баланса в работе вегетативной нервной системы, что можно оценивать положительно.

Динамика функционального состояния нервной системы в процессе санаторно-курортного лечения

Согласно оценке индивидуальной единицы времени, значение которой составило 0,9 (0,9; 0,9) у.е., позволяющей определить устойчивые характеристики темперамента и свойств нервной системы, все космонавты имели сангвинический темперамент, равновесный тип. Данный тип и вид темперамента по характеристикам нервных процессов являются благоприятными для любых самых сложных видов деятельности человека.

На основании данных, полученных в ходе прохождения личностного опросника EPI (тест Айзенка), выявлено, что у всех обследованных космонавтов отмечался спокойный и выдержанный характер, отсутствие страха перед трудностями, устойчивость к неудачам, высокая самооценка, легкая переключаемость и отсутствие ригидности и тревожности.

Результаты БОС-тренинга по β -ритму отражены на графике динамики β -ритма и параметрах эффективности в %. Данные ЭЭГ свидетельствовали об упорядоченности и синхронизации сигнала ЭЭГ-ритмов в конце тренинга (рис. 2, 3). Анализ динамики результатов успешности курса нейробиоуправления по β -ритму головного мозга у космонавтов показал, что на 96,4 % улучшилась успешность выполнения игрового задания, оцениваемого в диапазоне «отлично», показатель возрос с 17,71 до 50,68 %. В диапазоне «хорошо, выше границы» показатель попыток возрос на 17,8 % от исходных значений — с 6,34 до 7,58 %. В диапазоне «хорошо, ниже границы» показатель попыток увеличился на 38,68 %, с 12,95 до 19,16 %. Установлено значительное уменьшение разброса показателя в диапазонах крайних оценок нормированных границ: в диапазоне «плохо, выше границы» показатель снизился с 9,53 до 1,84 %, снижение составило 135 %; в диапазоне «плохо, ниже границы» показатель снизился с 53,47 до 2,47 %, улучшение показателя составило 180,5 %. Перераспределение успешно выполненных попыток в диапазон «отлично» и «хорошо, ниже границы» может свидетельствовать о выработанной стратегии экономизации психофизиологических ресурсов в сохранении высокого уровня внимания при выполнении когнитивных задач в стресс-моделированных условиях, что крайне важно для дальнейших длительных космических полетов, выполняемых космонавтами.

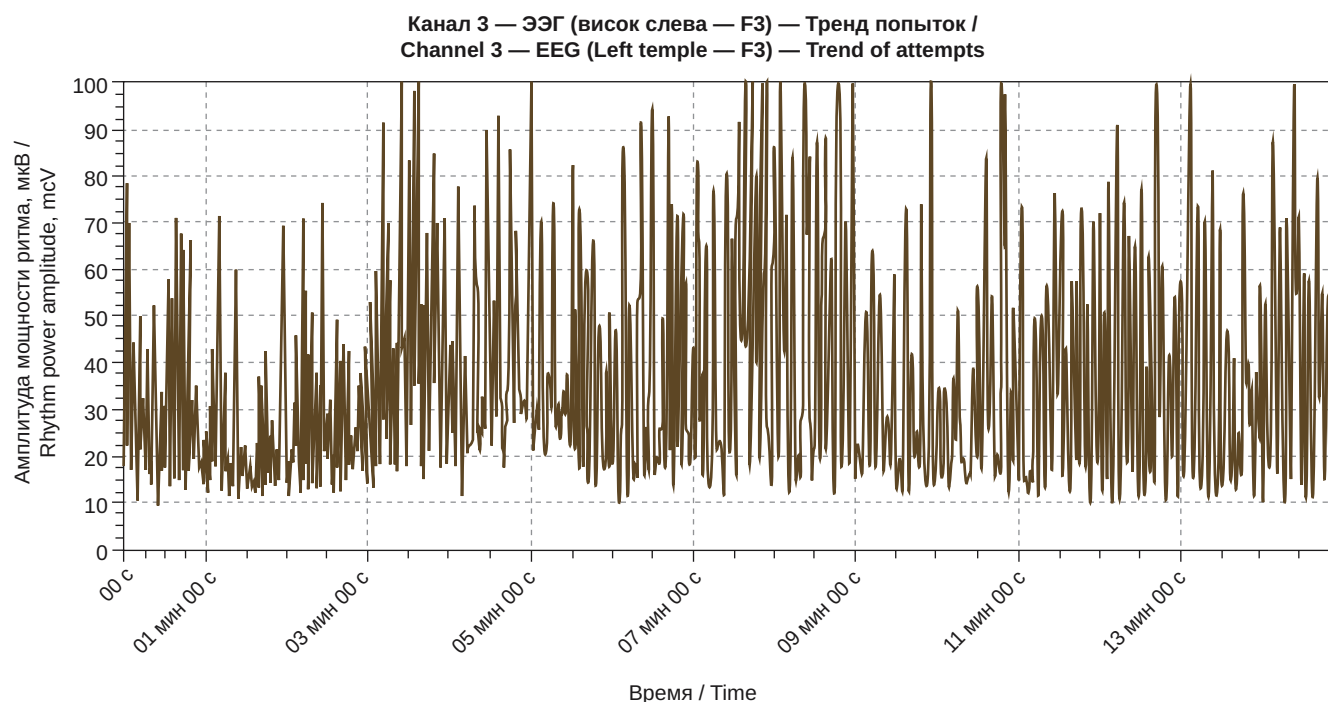


Рис. 2. Тренд попыток по каналу 3 ЭЭГ-сигнала (висок слева — F3) в начале курса БОС-тренинга по β -ритму головного мозга

Fig. 2. Trend of attempts on channel 3 EEG-signal (left temple — F3) at the beginning of BFB training course on the β -rhythm of the brain

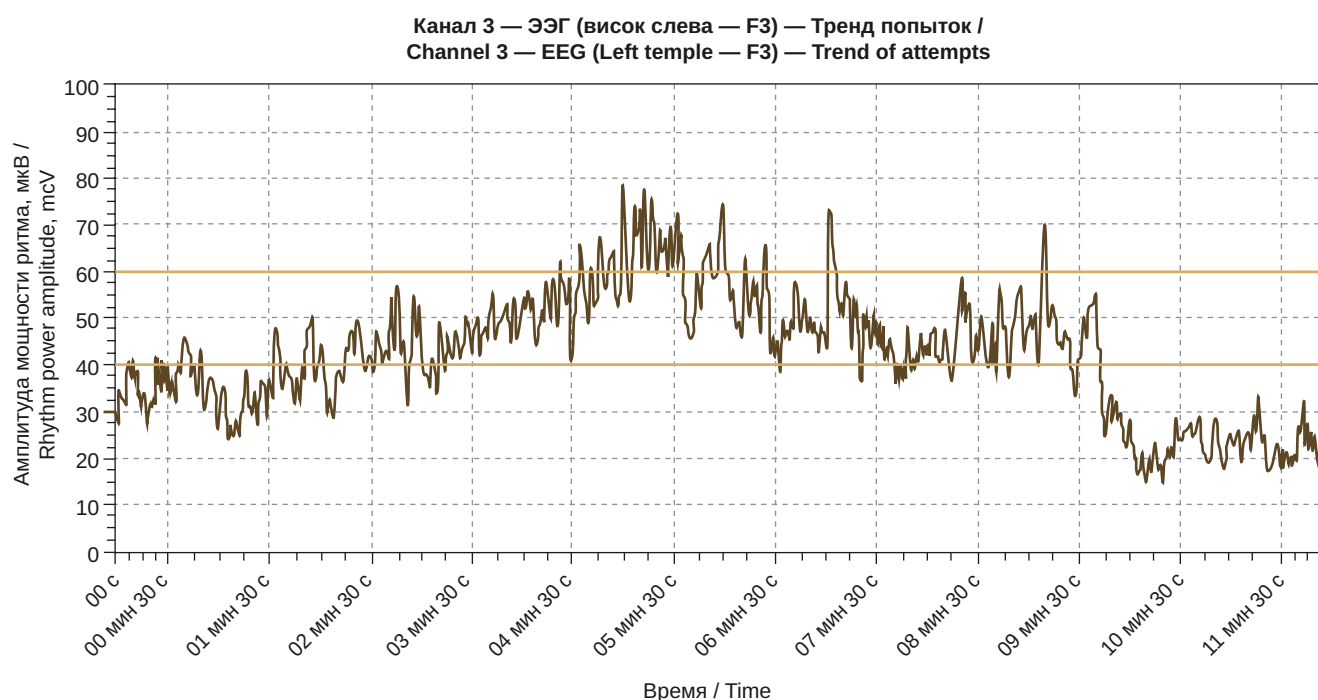


Рис. 3. Тренд попыток по каналу 3 ЭЭГ-сигнала (висок слева — F3) при завершении курса БОС-тренинга по β -ритму головного мозга

Fig. 3. Trend of attempts on channel 3 EEG-signal (left temple — F3) at the end of BFB training course on the β -rhythm of the brain

Анализ данных сенсомоторных реакций космонавтов в начале и в конце курса санаторно-курортного лечения (табл. 4) хотя и не выявил статистически значимых различий, но показал отчетливую тенденцию к снижению (улучшению показателя) времени реакции на звук и реакции на движущийся объект, уменьшению ошибок в тестах на время сложных сенсомоторных реакций.

Показатели теппинг-теста, отражающие лабильность нервных процессов, после курса санаторно-курортного

лечения также демонстрировали тенденцию к увеличению количества нажатий, а значит, быстроты и функциональной подвижности нервных процессов к концу курса ПР (табл. 5).

Анализ показателей теста Шульте, отражающих уровень внимания и психической работоспособности, показал, что все показатели как до, так и после курса реабилитации находились в пределах нормы. Однако после курса 2-го этапа ПР наблюдалось статистически значимое увеличение эффективности работы (табл. 6).

Таблица 4. Показатели сенсомоторных реакций космонавтов в начале и в конце курса санаторно-курортного лечения ($n = 5$)

Table 4. Indices of sensorimotor reactions of astronauts at the beginning and at the end of the sanatorium and spa treatment course ($n = 5$)

№ п/п / No.	Показатели / Indices	В начале / At the beginning	В конце / At the end
1	Время реакции на свет, мс / Response time to light, ms	274,8 (266,7; 276,8)	278,6 (268; 284)
2	Время реакции на звук, мс / Response time to sound, ms	418 (417; 434)	390 (388,8; 399)
3	Количество опережающих реакций / Number of front foot responses	1 (1; 1)	0 (0; 1)
4	Количество запаздывающих реакций / Number of deferred responses	5 (4; 5)	4 (3; 4)
5	Реакция на движущийся объект, мс / Response to a moving object, ms	120 (100; 130)	90 (83; 120)
6	Количество ошибочных реакций / Number of failing responses	1 (1; 1)	0 (0; 1)
7	Время реакции выбора, мс / Choice reaction time, ms	397 (387; 414)	398 (391; 398)

Примечание: показатели представлены в виде медиан и квартилей; по критерию Вилкоксона не выявлено значимых различий.

Note: the data are presented in the form of medians and quartiles; there were no significant differences according to the Wilcoxon's test.

Таблица 5. Показатели теппинг-теста космонавтов в начале и в конце курса санаторно-курортного лечения ($n = 5$)
Table 5. Tapping-test indices of the astronauts at the beginning and at the end of the sanatorium and spa treatment course ($n = 5$)

№ п/п / No.	Показатели / Indices	В начале / At the beginning	В конце / At the end
1	1-й 10-секундный интервал / 1st 10-second interval	61 (61; 67)	63 (62; 64)
2	2-й 10-секундный интервал / 2nd 10-second interval	62 (60; 65)	63 (61; 64)
3	3-й 10-секундный интервал / 3rd 10-second interval	58 (57; 62)	61 (61; 61)
4	4-й 10-секундный интервал / 4th 10-second interval	58 (56; 59)	60 (59; 61)
5	5-й 10-секундный интервал / 5th 10-second interval	58 (58; 60)	57 (57; 61)
6	6-й 10-секундный интервал / 6th 10-second interval	58 (57; 58)	60 (58; 62)

Примечание: показатели представлены в виде медиан и квартилей; по критерию Вилкоксона не выявлено значимых различий.

Note: the data are presented in the form of medians and quartiles; there were no significant differences according to the Wilcoxon's test.

Таблица 6. Показатели психической работоспособности космонавтов по тесту Шульте в начале и в конце курса санаторно-курортного лечения ($n = 5$)

Table 6. Mental performance indices of the astronauts according to the Schulte's test results at the beginning and at the end of the sanatorium and spa treatment course ($n = 5$)

№ п/п / No.	Показатели / Indices	В начале / At the beginning	В конце / At the end	<i>p</i>	Норма / Standard
1	Эффективность работы, с / Working efficiency, s	37 (32,4; 37,8)	32 (31,7; 32)	< 0,04	< 42
2	Степень вработываемости, у.е. / Degree of workability, c.u.	1 (1; 1,1)	1 (1; 1)	–	< 1
3	Психическая устойчивость (выносливость), у.е. / Mental stability (endurance), c.u.	0,9 (0,8; 0,9)	1 (0,9; 1)	–	< 1

Примечание: показатели представлены в виде медиан и квартилей; *p* — по критерию Вилкоксона.

Note: the indices are presented in the form of medians and quartiles; *p* — according to the Wilcoxon's test.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для послеполетного восстановления функций нервной системы космонавты прошли курс ПР в санаторно-курортных условиях с сочетанным комплексным применением следующих реабилитационных процедур: внутренний прием минеральной воды, углекисло-сероводородные ванны, баротерапия, галотерапия, ингаляционная терапия, климатолечение, терренкуротерапия, игровое нейробиоуправление, — каждая из которых внесла свой вклад и оказала компарантное и/или потенцирующее действие с общим результирующим положительным влиянием на состояние нервной системы космонавтов в послеполетном периоде реабилитации.

В результате применения разработанной программы ПР в санаторно-курортных условиях отмечена положительная динамика вегетативной регуляции, оптими-

зация баланса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, улучшение показателей сенсомоторных реакций, а также результатов тестов на внимание, психическую работоспособность и лабильность нервной системы. Полученные данные свидетельствуют об эффективности разработанной программы 2-го этапа ПР космонавтов, включающей сочетанное применение методов санаторно-курортного лечения и нейробиоуправления по β -ритму головного мозга, а также значимости этого этапа в восстановлении функционального состояния нервной системы космонавтов в послеполетном периоде.

Перспективы будущих исследований связаны с разработкой комплексных персонифицированных программ 2-го этапа ПР космонавтов, направленных на реадaptацию и оптимизацию функционального состояния организма космонавтов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Тер-Акопов Гукас Николаевич, кандидат экономических наук, генеральный директор ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>

Ефименко Наталья Викторовна, доктор медицинских наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе — руководитель Пятигорского НИИ курортологии — филиала ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8854-9916>

Корягина Юлия Владиславовна, доктор биологических наук, профессор, руководитель Центра медико-биологических технологий ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства».

E-mail: nauka@skfmba.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

Абуталимова Сабина Маликовна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Центра медико-биологических технологий ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1722-0774>

Лунина Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Центра медико-биологических технологий ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства»; доцент кафедры физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини Российского университета спорта «ГЦОЛИФК».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1782-3217>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: Тер-Акопов Г.Н. —

руководство проектом; Ефименко Н.В. — курирование проекта; проверка и редактирование рукописи; Корягина Ю.В. — научное обоснование; методология; написание черновика рукописи; Абуталимова С.М. — обеспечение материалов для исследования; анализ данных; Лунина Н.В. — обеспечение материалов для исследования; анализ данных.

Источник финансирования. Исследование выполнено в соответствии с государственным заданием ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России на выполнение прикладной научно-исследовательской работы по теме: «Разработка новых научно обоснованных методов и программ 2-го этапа послеоперативной медицинской реабилитации космонавтов в санаторно-курортных условиях», шифр: «Реабилитация космонавтов 21/23».

Конфликт интересов. Ефименко Н.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н. являются авторами программы для ЭВМ «Диагностика психофизического состояния космонавтов». Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021667667, 01.11.2021. Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н. являются авторами патента на промышленный образец № 134704 от 23.12.2022 «Схема диагностики психофизического состояния космонавтов в период послеоперативной медицинской реабилитации в санаторно-курортных условиях (2-й этап реабилитации)». Тер-Акопов Г.Н. является генеральным директором ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства». Ефименко Н.В. является заместителем генерального директора по научной работе, образовательной деятельности и кадровой политике ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства».

Этическое утверждение. Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России (протокол № 2 от 29.01.2021).

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Gukas N. Ter-Akopov, Ph.D. (Econ.), Director General, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>

Nataliya V. Efimenko, Dr.Sci. (Med.), Professor, Deputy Director General for Research, Head of Pyatigorsk Scientific-Research Center of Balneology, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8854-9916>

Yulia V. Koryagina, Dr.Sci. (Biol.), Professor, Head of the Center for Biomedical Technologies, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency.

E-mail: nauka@skfmba.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

Sabina M. Abutalimova, Ph.D. (Med.), Senior Researcher of the Center for Biomedical Technologies, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1722-0774>

Natalya V. Lunina, Ph.D. (Biol.), Senior Researcher of the Center for Biomedical Technologies, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency; Associate Professor at the Department of Physical Rehabilitation, Massage and Recreational Physical Education named after I.M. Sarkizov-Serazini of the Russian University of Sports "GTSOLIFK".

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1782-3217>

Author Contributions. All the authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all the authors

have contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contribution: Ter-Akopov G.N. — project administration; Efimenko N.F. — project supervision; writing — review & editing; Koryagina Yu.V. — scientific justification; methodology; writing — original draft; Abutalimova S.M. — providing materials for the study; analysing the data; Lunina N.V. — providing materials for the study; analysing the data.

Funding. The study was conducted in accordance with the state assignment of North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency for applied research: “Development of new scientifically based methods and programmes of the 2nd stage of post-flight medical rehabilitation of astronauts in sanatorium and spa settings”, code: “Rehabilitation of astronauts 21/23”.

Disclosure. Efimenko N.V., Koryagina Yu.V. and Ter-Akopov G.N. are the authors of the computer program “Diagnostics of the psychophysical state of astronauts.” Certificate of registration of computer program RU 2021667667, 01.11.2021. Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. are the authors of patent for

industrial design No. 134704 of December 23, 2022 “Scheme for diagnosing the psychophysical state of astronauts during the period of post-flight medical rehabilitation in sanatorium and spa setting (the 2nd stage of rehabilitation)”. Ter-Akopov G.N. is a Director General, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency. Efimenko N.V. is a Deputy Director General for research, educational activities and personnel policy of North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency.

Ethics Approval. The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of the of North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia (Minutes No. 2 dated January 29, 2021).

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Факторы космического полета. ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов». URL: <https://www.gctc.ru/print.php?id=940> (дата обращения: 19.04.2021) [Factors of cosmic flight. FSBI “Scientific-Research Center of Astronaut Training”. URL: <https://www.gctc.ru/print.php?id=940> (Accessed on 19.04.2021) (In Russ.)]
2. Самойлов А.С., Ушаков И.Б., Шуршаков В.А. Радиационное воздействие в орбитальных и межпланетных космических полетах: мониторинг и защита. Экология человека. 2019; 1: 4–9. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-1-4-9> [Samoylov A.S., Ushakov I.B., Shurshakov V.A. Radiation exposure during the orbital and interplanetary spaceflights: monitoring and protection. *Ekologiya cheloveka* (Human Ecology). 2019; 1: 4–9. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-1-4-9> (In Russ.)]
3. Ушаков И.Б., Воронков Ю.И., Бухтияров И.В. и др. Ретроспективный анализ состояния здоровья космонавтов после участия в космических полетах. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016; 50(2): 14–20. [Ushakov I.B., Voronkov Yu.I., Bukhtiyarov I.V. et al. Retrospective health assessment of cosmonauts after participation in space flights. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2016; 50(2): 14–20. (In Russ.)]
4. Митрикас В.Г. Отдельные аспекты радиационного воздействия на космонавтов при пересечении магнитосферы Земли. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2021; 55(3): 51–56. [Mitrikas V.G. Some aspects of the radiation exposure of cosmonauts traversing the earth’s magnetosphere. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2021; 55(3): 51–56. (In Russ.)]
5. Осокина М.М., Малкина Е.А., Вознюк К.С. Обзор исследований, проводимых на МКС, посвященных космической медицине. Энигма. 2020; 25: 117–122. [Osokina M.M., Malkina E.A., Voznyuk K.S. Review of studies made on MCS, dedicated to space medicine. *Enigma*. 2020; 25: 117–122. (In Russ.)]
6. Козловская И.Б., Ярманова Е.Н., Фомина Е.В. Российская система профилактики: настоящее и будущее. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2013; 47 (1): 13–20. [Kozlovskaya I.B., Yarmanova E.N., Fomina E.V. Russian prevention system: present and future. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2013; 47 (1): 13–20. (In Russ.)]
7. Каспранский Р.Р., Воронин Л.И., Почуев В.И., Моргун В.В. Систематизация подходов к сохранению и укреплению профессионального здоровья космонавтов Российской Федерации. Пилотируемые полеты в космос. 2012: 99–107. [Kaspransky R.R., Voronin L.I., Pochuev V.I., Morgun V.V. Systematization of approaches to preserving and strengthening the professional health of cosmonauts of the Russian Federation. *Manned flights into space*. 2012: 99–107. (In Russ.)]
8. Нопин С.В., Ефименко Н.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Диагностика психофизического состояния космонавтов» № 2021667667, 01.11.2021. Заявка № 2021667667 от 25.10.2021. [Nopin S.V., Efimenko N.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N., inventors. Diagnosis of the astronaut psychophysical state. Certificate for the computer program registration RU 2021667667 2021 Nov 1. (In Russ.)]
9. Корягина Ю.В., Нопин С.В., Тер-Акопов Г.Н. Схема диагностики психофизического состояния космонавтов в период послеполетной медицинской реабилитации в санаторно-курортных условиях (2-й этап реабилитации). Патент на промышленный образец № 134704, 23.12.2022. Заявка № 2022503611, 20.08.2022. [Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N., inventors. Scheme of diagnosing the astronaut psychophysical state during the post-flight medical rehabilitation period in sanatorium conditions (2nd stage). Design patent RU 134704, 2022 Dec 23. (In Russ.)]