

УДК 61:629.78.007

**МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА
73-Й ЭКСПЕДИЦИИ МКС (ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)**

О.В. Котов, А.В. Поляков, А.П. Гришин, В.И. Почуев,
О.А. Савенко, Е.Г. Хорошева, А.В. Сальников,
Н.Ю. Лысова, Д.О. Котов, Т.Г. Шушунова

Канд. мед. наук О.В. Котов; канд. мед. наук А.В. Поляков; канд. мед. наук В.И. Почуев; О.А. Савенко; Е.Г. Хорошева; канд. мед. наук А.В. Сальников; канд. биол. наук Н.Ю. Лысова; Д.О. Котов; Т.Г. Шушунова
(ГНЦ РФ – ИМБП РАН)
А.П. Гришин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлены результаты медицинского обеспечения полета экипажа МКС-73. Дается краткая характеристика системы медицинского обеспечения, приводятся основные итоги выполнения программы контроля состояния здоровья космонавтов и среды обитания РС МКС во время полета, режима труда и отдыха, а также, использования бортовых средств профилактики для поддержания работоспособности и здоровья космонавтов в полете.
Ключевые слова: медицинское обеспечение, медицинский контроль, система профилактики, среда обитания, режим труда и отдыха

Ensuring Mission Safety of the ISS-73 Crew: Express Analysis of Medical Aspects. O.V. Kotov, A.V. Polyakov, A.P. Grishin, V.I. Pochuev, O.A. Savenko, E.G. Khorosheva, A.V. Salnikov, N.Yu. Lysova, D.O. Kotov, T.G. Shushunova

This paper presents the results of medical support of the ISS-73 crew. A brief description of the medical support system is provided highlighting main results of cosmonaut health status monitoring program implementation, as well as results of environment monitoring program implemented onboard the Russian Segment of the ISS with a focus on work-rest schedule and onboard preventive means to maintain in-flight performance and crew health.

Keywords: medical support, medical monitoring, preventive system, human environment, work-rest schedule

Выполнение программы полета

Полет в составе экспедиций:

- МКС-72 – 08.04.2025–19.04.2025 – в составе 10 человек (из них 5 космонавтов Роскосмоса);
- МКС-73 – 19.04.2025–02.08.2025 – в составе 7 человек (из них 3 космонавта Роскосмоса);
- МКС-73 – 02.08.2025–09.08.2025 – в составе 11 человек (из них 4 космонавта Роскосмоса);

– МКС-73 – 09.08.2025–27.11.2025 – в составе 7 человек (из них 3 космонавта Роскосмоса);

– МКС-73 – 27.11.2025–09.12.2025 – в составе 10 человек (из них 5 космонавтов Роскосмоса).

Длительность полета членов экипажа МКС-73 составила 246 сут.

Этапы полета экспедиции:

08.04.2025 – выведение «Союз МС-27» – 05:47 GMT.

08.04.2025 – стыковка в 08:57 GMT.

19.04.2025 – расстыковка «Союз МС-26» – 21:57 GMT.

20.04.2025 – посадка в 01:20 GMT.

01.08.2025 – выведение корабля Space X Dragon Crew-11 – 15:43 GMT.

02.08.2025 – стыковка в 06:26 GMT.

08.08.2025 – расстыковка корабля Space X Dragon Crew-10 – 22:15 GMT.

09.08.2025 – приводнение в 15:33 GMT.

27.11.2025 – выведение «Союз МС-28» – 09:27 GMT.

27.11.2025 – стыковка в 12:38 GMT.

09.12.2025 – расстыковка «Союз МС-27» – 01:40 GMT.

09.12.2025 – посадка в 05:03 GMT.

ВКД в СК «Орлан-МКС»:

16.10.2025 ВКД-64 – КЭ, БИ-2.

ОВЛ – 17:10:02 GMT, ЗВЛ – 23:19:14 GMT.

Продолжительность – 6 ч 11 мин.

28.10.2025 ВКД-65 – КЭ, БИ-2.

ОВЛ – 14:18:39 GMT, ЗВЛ – 21:12:04 GMT.

Продолжительность – 6 ч 54 мин.

Организация РТО экипажа

Старт ТПК «Союз МС-27» с двумя космонавтами Роскосмоса и астронавтом NASA состоялся 08.04.2025. Стыковка с УМ РС МКС проведена 08.04.2025 в 08:57 GMT.

В сутки стыковки РТО был напряженный: у БИ-1/КЭ рабочая нагрузка составила 9 ч 25 мин (4 ч 20 мин в ТПК и 5 ч 05 мин на МКС); у БИ-2 – 7 ч 55 мин (4 ч 20 мин в ТПК и 3 ч 35 мин на МКС).

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» [1] для БИ-1/КЭ и БИ-2 выделялся один час для адаптации и ознакомления со станцией.

На протяжении всего полета РТО членов экипажа МКС-73 осуществлялся в соответствии с «Основными правилами и ограничениями», рабочая нагрузка у космонавтов в каждый из рабочих дней периода адаптации составляла в среднем 5 ч 30 мин в сут.

РТО был нормированным с периодическими сдвигами часов сна и бодрствования, по структуре и рабочей нагрузке в целом соответствовал требованиям нормативных документов.

16.10.2025, в день проведения ВКД-64, РТО был напряженный, работы выполнялись в ночное время, зона бодрствования составила 18 ч.

28.10.2025, в день проведения ВКД-65, РТО экипажа также характеризовался увеличением рабочей нагрузки. Работы выполнялись в вечернее и ночное время, зона бодрствования составила 18 ч 20 мин.

С 07.12.2025 по 09.12.2025, в связи с расстыковкой ТПК «Союз МС-27», РТО был изменен.

07.12.2025 – отход ко сну в 23:30 GMT.

08.12.2025 – подъем в 13:30 GMT. Время сна/отдыха составило 14 ч. После выполнения запланированных работ по подготовке к расстыковке экипаж ТПК «Союз МС-27» перешел в СА. ЗПЛ – в 22:35 GMT.

09.12.2025 – расстыковка – в 01:40 GMT.

09.12.2025 – посадка в заданном районе – в 05:03 GMT.

В целом в течение полета экипажа МКС-73, РТО соответствовал нормативной документации [1]. Изменения РТО на фоне штатного рабочего распорядка отмечались в связи с проведением ВКД, приемом и отправкой очередных экспедиций, а также разгрузкой и укладкой грузовых кораблей.

Медицинский контроль

Медицинское обеспечение осуществлялось в соответствии с требованиями по медицинским операциям на МКС – ISS MORD [3]. В ходе полета оперативно передавались методические указания по проведению медицинских обследований и по другим вопросам, касающимся медицинского обеспечения экипажа.

БИ-1/КЭ и БИ-2 проводились периодические плановые медицинские обследования: суточное мониторирование АД и ЭКГ, биохимический анализ мочи, определение гематокритного числа, определение уровня физической тренированности и ортостатической устойчивости, измерение массы тела.

Также выполнены обследования с использованием американских средств: обследование VTE (венозная тромбоземболия – ультразвуковое исследование сосудов шеи, которое используется для оценки кровотока в яремных венах и выявления возможных тромбозов, что в условиях МКС особенно важно, поскольку в микрогравитации могут наблюдаться изменения кровотока, включая застой крови или ретроградный поток – обратный ток крови к мозгу); обследования органов слуха и зрения. В рамках медицинского обеспечения еженедельно проводились приватные семейные и приватные медицинские конференции. Раз в две недели – приватные психологические конференции, раз в месяц – приватные конференции со специалистами по физическим тренировкам.

Оперативный медицинский контроль проводился во время:

- выведения и стыковки с МКС «Союза МС-27» – 08.04.2025;
- проверки через СК – 07.10.2025;

- тренировки в СК – 13.10.2025;
- подготовки и проведения ВКД-64 – 16.10.2025;
- проверки через СК – 23.10.2025;
- подготовки и проведения ВКД-65 – 28.10.2025;
- ОДНТ-тренировок – 24, 26, 28.11.2025; 02, 04, 06, 07.12.2025;
- расстыковки и спуска с МКС «Союза МС-27» – 08, 09.12.2025.

Результаты динамического медицинского контроля свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях, достаточных функциональных резервах и отсутствии каких-либо существенных отклонений в функциональном состоянии организма космонавтов, что обеспечило сохранение высокого уровня работоспособности на всех этапах экспедиции.

Психологический климат в экипаже и взаимодействие с наземными службами сохранялись на всем протяжении полета на достаточно высоком уровне и носили благоприятный характер.

Физиолого-гигиеническая характеристика среды обитания

Параметры микроклимата колебались в нормальных пределах за исключением температуры воздуха (в районе тренажеров и рабочего стола) и пониженной относительной влажности.

Общее давление в СМ по данным мановакуумметра колебалось в пределах 731–759 мм рт. ст.

Повышение температуры воздуха в основном отмечалось в периоды «солнечной» орбиты станции. Для снижения температуры воздуха в СМ СОТР переводилась в максимальный режим работы: включались в параллельную работу КОХ1 и КОХ2; РРЖ перенастраивались с 14 на 10 °С.

Функционировали постоянно действующие системы РС МКС: БМП, СРВ-К2М, СКВ1/СКВ2, СОА «Воздух», СКО «Электрон-ВМ»; УОВ «Поток 150МК» в СМ и ФГБ включались ежедневно на 6 ч.

Периодически проводились наддувы станции воздухом, кислородом и азотом из ТКК, а также средствами АС.

Замечания по работе СОЖ, СОГС и СОТР

Периодически от экипажа поступали сообщения о нештатной работе следующих систем: АСУ МЛМ, СКВ1, СКВ2, УОВ «Поток 150МК». Совместно со специалистами ЦУПа возникшие ситуации анализировались и предпринимались меры по их исправлению. Своевременное проведение РВР не приводило к существенным изменениям нормативных показателей систем жизнеобеспечения и теплового режима, а также не влияло на выполнение Программы полета.

Радиационная обстановка на МКС

За время полета РО внутри станции в основном оставалась спокойной. Накопленная поглощенная доза к 246 сут КП у БИ-1/КЭ составила 57,82 мГр,

у БИ-2 – 64,73 мГр, что не превышает допустимые значения доз, определенных согласно Flight Rules В 14.2.2-12 [2] и ГОСТ 25645.215-85¹.

Ежемесячно проводился дозиметрический контроль радиационной обстановки в РС МКС с использованием дозиметра «Пилле-МКС».

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

На протяжении всего полета санитарно-гигиеническую обстановку на станции экипаж оценивал в основном как комфортную. Санитарно-гигиенические условия в СМ, в каютах экипажа были комфортные. Ежедневно экипаж проводил плановую уборку станции.

При плановом контроле качества атмосферы в СМ РС МКС пробоотборниками ИПД-СО (ежемесячно) монооксид углерода не обнаружен, пробоотборниками ИПД-NH₃ (каждые 3 мес.) аммиак не обнаружен.

Исследование акустической обстановки

С 28.04.2025 по 29.04.2025 проводилось определение индивидуальной акустической нагрузки за дневной и ночной период времени с использованием АМ hardware в режиме акустической дозиметрии.

Места сна российских членов экипажа на момент проведения исследований:

- БИ-1/КЭ – правая каюта СМ;
- БИ-2 – левая каюта СМ.

Анализ полученных данных показал, что у российских членов экипажа на 21–22-е сут полета шумовая нагрузка превышала предельно допустимый уровень за дневной период на 8,5–8,6 дБА, а за ночной период – у БИ-1 – на 3,3 дБА.

У всех членов экипажа уровень шумовой нагрузки в дневное время был ниже уровня опасности (85 дБА). За ночной период уровень шумовой нагрузки у БИ-1 превышал уровень нарушения сна (50 дБА), но не превышал уровень, необходимый для адекватного отдыха слухового анализатора (62 дБА). У БИ-2 уровень шумовой нагрузки за ночной период не превышал допустимых значений по уровню нарушения сна и уровню, необходимого для адекватного отдыха слухового анализатора.

Статические измерения эквивалентных уровней звука за дневной и ночной периоды в РС МКС не проводились.

С 10.09.2025 по 11.09.2025 проводилось определение индивидуальной акустической нагрузки за дневной и ночной период времени. Исследование проводилось с использованием АМ hardware в режиме акустической дозиметрии.

¹ ГОСТ 25645.215-85. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете. Нормы безопасности при продолжительности полетов до трех лет = Space crew radiation safety during space flight. Safety norms with flight duration till three years: государственный стандарт Союза ССР: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 16 декабря 1985 г. № 4032: введен впервые: дата введения 1987-01-01 / разработан Госстандартом СССР. – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 7 с.

Места сна российских членов экипажа на момент проведения исследований:

БИ-1/КЭ – правая каюта СМ;

БИ-2 – левая каюта СМ.

В ходе определения индивидуальной акустической нагрузки возникла проблема с оборудованием, что привело к частичной потере данных для КЭ и БИ-2. Для недостающих данных использовались средние значения, полученные путем усреднения данных последних трех измерений для российских членов экипажей.

Анализ полученных данных показал, что у российских членов экипажа на 156–157 сут полета шумовая нагрузка превышала предельно-допустимый уровень за дневной период на 8,7–9,7 дБА, а за ночной период – на 1,4–3,2 дБА.

У всех членов экипажа уровень шумовой нагрузки в дневное время был ниже уровня опасности (85 дБА), а за ночной период шумовая нагрузка превышала уровень нарушения сна (50 дБА), но не превышала уровень, необходимый для адекватного отдыха слухового анализатора (62 дБА).

Сравнение с предыдущими замерами показало повышение шумовой нагрузки у БИ-2 за ночной период на 1,2 дБА и снижение за дневной период на 1,1 дБА при отсутствии динамики этих показателей у КЭ.

Статические измерения эквивалентных уровней звука за дневной и ночной периоды в РС МКС в рамках этой сессии не проводились.

Контроль микроэкоферы среды обитания

12.08.2025 проведены микробиологические отборы проб газовой среды в 16 зонах с последующим инкубированием проб, фотосъемкой выросших колоний микроорганизмов членами экипажа на борту МКС и передачей изображений на Землю.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что бактерии были обнаружены в 5 из 16 исследованных зон: в районе спальных мест левой и правой кают СМ, в ФГБ в районе панели 103, 307 и 308, МИМ2, в непосредственной близости от скафандров «Орлан». Количественный уровень обсемененности воздушной среды представителями бактериальной флоры колебался от 10 до 50 КОЕ в 1 м³, что не превышает регламентируемый SSP 50260 MORD [3] уровень для бактерий, равный 1000 КОЕ в 1 м³.

Фрагменты плесневых грибов не были обнаружены ни в одной из 16 исследованных зон. Количественный показатель обсемененности воздуха плесневыми грибами не превышает регламентируемый SSP 50260 MORD уровень для грибов, равный 100 КОЕ в 1 м³.

Питание и водопотребление

В сеансах радиосвязи на всем протяжении полета замечаний по питанию и водопотреблению не поступало, аппетит у БИ-1/КЭ и БИ-2 оставался хорошим, вкус воды удовлетворял. Космонавты использовали 22-суточный

рацион, который включал в себя 16-дневное российское и 6-дневное американское меню.

Использование средств профилактики

Начальный период полета протекал без особенностей и выраженных симптомов адаптации к невесомости. Тем не менее в профилактических целях космонавтам рекомендовали использовать профилактическое средство «Браслет», которое БИ-1/КЭ использовал в течение первых суток, включая ночные часы, БИ-2 использовал в течение первых трех суток.

По ежедневным докладам экипажа и данным объективного контроля ФТ выполнялись в полном объеме. По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа на протяжении всего полета БИ-1/КЭ и БИ-2 выполняли ФТ согласно форме 24 и рекомендациям специалистов ИМБП.

В связи с неисправностью БД-2 первые 3 месяца КП локомоторные ФТ БИ-1/КЭ и БИ-2 выполнялись на беговой дорожке Т-2.

БИ-1/КЭ выполнял локомоторные тренировки в полном соответствии с бортовой документацией. В четвертый день тренировочного микроцикла БИ-1/КЭ выполнял тренировку по протоколу, составленную специалистом по профилактике негативного влияния невесомости ГМО.

Общее расстояние, пройденное за полет БИ-1/КЭ, составило 993 км 889 м.

Пройденное расстояние за каждый месяц КП представлено на (рис. 1).

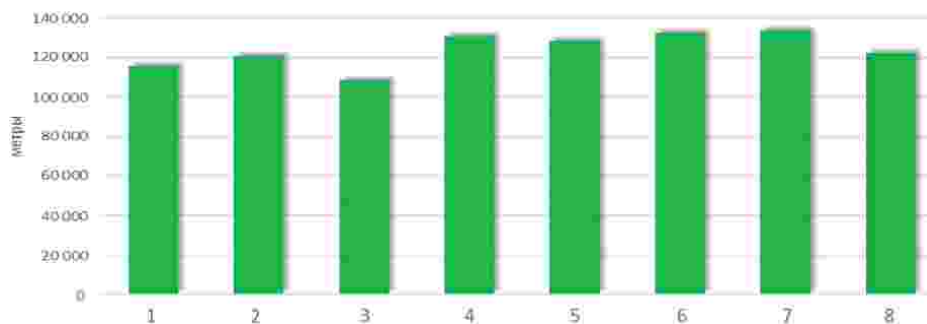


Рис. 1. Расстояние, пройденное БИ-1/КЭ в локомоторных тренировках за месяц КП

ФТ на ARED БИ-1/КЭ выполнял в полном соответствии с рекомендациями специалистов. «Вес» отягощения при выполнении упражнения «Приседания» с третьего месяца полета превышал вес тела в условиях нормальной гравитации (рис. 2).

При выполнении упражнения «Подъемы на носки» «вес» отягощения превышал вес тела БИ-1/КЭ со второго месяца полета (рис. 2). Максимальные значения данного показателя составили 117,6 % от веса тела БИ-1/КЭ для упражнения «Приседания» и 129,4 % для упражнения «Подъемы на носки».

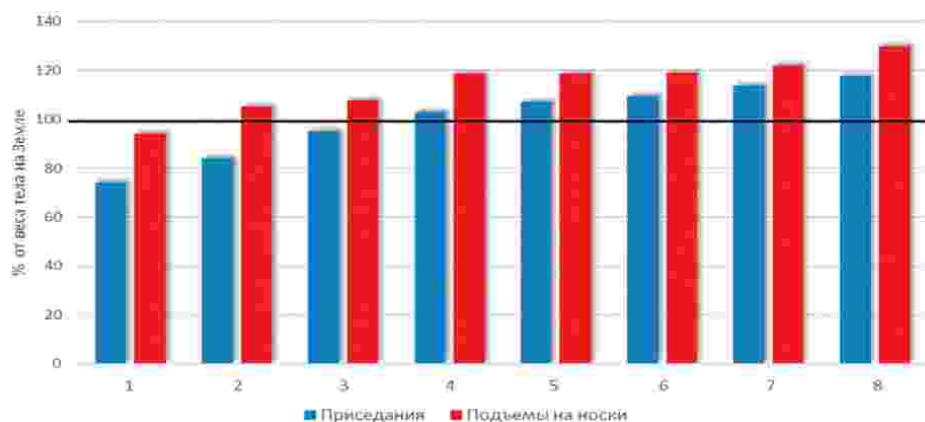


Рис. 2. «Вес» отягощения в упражнениях «Приседания» и «Подъемы на носки», используемый в тренировках БИ-1/КЭ на ARED

БИ-2 локомоторные тренировки выполнял в полном соответствии с бортовой документацией. В четвертый день тренировочного микроцикла БИ-2 выполнял тренировку по протоколу третьего дня бортовой документации. Общее расстояние, пройденное за полет БИ-2, составило 971 км 373 м. Пройденное расстояние за каждый месяц КП представлено на (рис. 3).

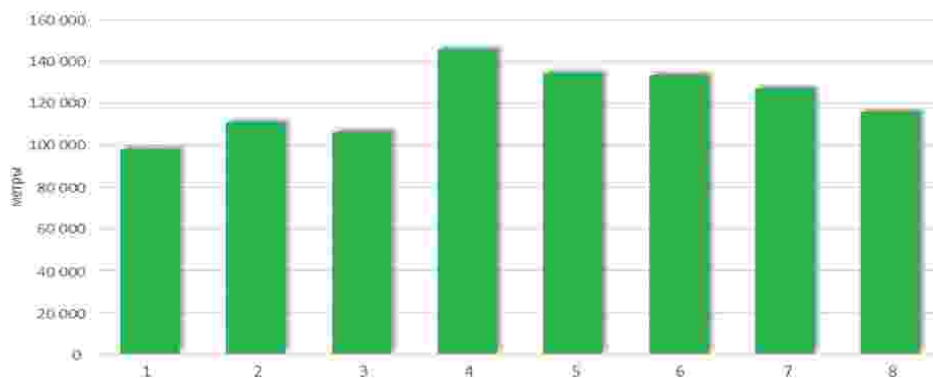


Рис. 3. Расстояние, пройденное БИ-2 в локомоторных тренировках за месяц КП

Протоколы ФТ на ARED БИ-2 соответствовали рекомендациям специалистов, при этом интенсивность нагрузки («вес» отягощения), была несколько снижена. «Вес» отягощения при выполнении упражнения «Приседания» достиг веса тела БИ-2 в условиях нормальной гравитации только к заключительному месяцу КП (рис. 4).

При выполнении упражнения «Подъемы на носки» «вес» отягощения достиг веса тела БИ-2 только на 7-й месяц полета (рис. 4).

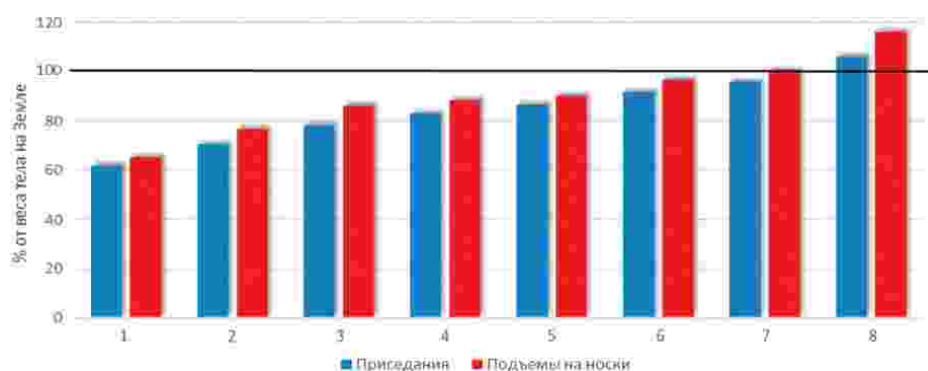


Рис. 4. «Вес» отягощения в упражнениях «Приседания» и «Подъемы на носки», используемый в тренировках БИ-2 на ARED

Максимальные значения данного показателя составили 105,8 % от веса тела БИ-2 для упражнения «Приседания» и 115,9 % для упражнения «Подъемы на носки».

На заключительном этапе полета БИ-1/КЭ и БИ-2 выполнили комплекс ОДНТ-тренировок в полном объеме. Данный комплекс состоял из 6 тренировок (4 предварительные и 2 заключительные) с интервалом 23 дня. Предварительные ОДНТ-тренировки выполнялись вместо одного часа физических упражнений, две заключительные – вместо полутора часов ФУ. Максимальное значение разряжения в комплекте «Чибис» во время ОДНТ-тренировок у БИ-1/КЭ и БИ-2 составило – 40 мм рт. ст.

На заключительном этапе полета БИ-1/КЭ и БИ-2 выполнили примерку и подгонку изделия «Кентавр». Данное изделие оба члена экипажа использовали на этапе спуска и в послеполетный период. Изделие «Кентавр» применяется для снижения воздействия перегрузок и повышения ортостатической устойчивости в острый период реадaptации к условиям нормальной гравитации.

БИ-1/КЭ и БИ-2 приняли водно-солевые добавки согласно рекомендациям специалистов.

Выводы

Общая продолжительность космического полета БИ-1/КЭ и БИ-2 в составе экспедиции МКС-73 составила 246 сут.

Результаты выполненных работ в период проведения экспедиции МКС-73 свидетельствуют о высоком качестве предполетной подготовки экипажа, а также высокой мотивации к решению поставленных задач.

Результаты медицинского контроля, включающего в себя оценку физиологических реакций и функциональных резервов, а также физиологическую обстановку на станции, свидетельствовали об адекватных

и умеренных реакциях организма на факторы КП. Профилактические мероприятия, выполненные в течение полета, являлись эффективными и достаточными для успешной реализации программы полета.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АС – американский сегмент	СКВ – система кондиционирования воздуха
БД-2 – бегущая дорожка РС МКС	СКО «Электрон-ВМ» – система обеспечения кислородом
БИ – бортовой инженер	СМ – служебный модуль
БМП – блок удаления микропримесей	СОА «Воздух» – система очистки атмосферы
ВКД – внекорабельная деятельность	СОГС – система обеспечения газового состава
ГМО – группа медицинского обеспечения	СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности
ИМБП – Институт медико-биологических проблем	СОТР – система обеспечения теплового режима
ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера	СРВ-К2М – система регенерации воды из конденсата атмосферной влаги
КП – космический полет	ТГК – транспортный грузовой корабль
КОЕ – колониобразующая единица	ТПК – транспортный пилотируемый корабль
КОХ – контур охлаждения	УМ – узловой модуль
КЭ – командир экипажа	УОВ «Поток 150МК» – устройство очистки воздуха
МКС – Международная космическая станция	ФГБ – функционально-грузовой блок
ОВЛ – открытие выходного люка	ФТ – физические тренировки
ЗВЛ – закрытие выходного люка	ФУ – физические упражнения
ЗПЛ – закрытие переходного люка	ЦУП – центр управления полетами
ОДНТ – отрицательное давление на нижнюю часть тела	АМ hardware – акустический монитор
РВР – ремонтно-восстановительные работы	ARED – силовой тренажер АС МКС
РО – радиационная обстановка	GMT – время Гринвичского меридиана
РРЖ – регулятор расхода жидкости	ISS MORD – документ требований к медицинским операциям МКС
РС МКС – российский сегмент МКС	VTE – венозная тромбоземболия
РТО – режим труда и отдыха	
СА – спускаемый аппарат	
СК – скафандр	

ЛИТЕРАТУРА

1. SSP 50261-02. Ground Rules and Constraints. International Space Station Generic Groundrules, and Constraints, Part 2: Execute Planning. – 2007. – 207 p.
2. Flight Rules B 14.2.2-12. ISS Generic Operational Flight Rules. – 2003. – Vol. B. – ISS Generic, Section 14. – Aeromedical, NSTS 12820.
3. SSP 50260. International Space Station Medical Operations Requirements Documents (ISS MORD). – 2000.