

МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-58/59 (ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ)

В.В. Богомолов, В.И. Почуев, И.В. Алферова,
Е.Г. Хорошева, В.В. Криволапов

Докт. мед. наук, профессор В.В. Богомолов (ГНЦ РФ–ИМБП РАН)
Канд. мед. наук В.И. Почуев (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Канд. мед. наук И.В. Алферова; ст.н.с. Е.Г. Хорошева;
ст.н.с. В.В. Криволапов (ГНЦ РФ–ИМБП РАН)

В статье представлены результаты медицинского обеспечения полета экипажа МКС-58/59. Дается краткая характеристика системы медицинского обеспечения – приводятся основные итоги выполнения программы контроля состояния здоровья космонавтов и среды обитания РС МКС во время полета, 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.

Medical Aspects of Ensuring In-Flight Safety of the ISS Crew for Expedition 58/59 (Express Analysis). V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov

The article presents the results of medical support of the ISS-58/59 expedition crew. It gives a brief description of the medical support system, shows the main results of the implementation of the program for monitoring cosmonauts' health status and the ISS RS environment during the flight, as well as the use of onboard preventive means to maintain cosmonauts' performance and health in the flight.

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

Выполнение программы полета

Полет в составе экспедиций:

– экспедиция МКС-58 – с 20 декабря 2018 года по 15 марта 2019 года в составе трех человек (один представитель Роскосмоса, один представитель NASA и один представитель Канады);

– экспедиция МКС-59 – с 15 марта 2019 года по 24 июля 2019 года в составе шести человек (два представителя Роскосмоса, три представителя NASA и один представитель Канады).

Длительность полета одного российского, одного американского и одного канадского членов экипажа, прибывших на корабле «Союз МС-11», составила 204 суток.

Этапы полета экспедиции

03.12.18 г. – выведение ТПК «Союз МС-11» № 741 – 11:31:52 GMT/14:31:52 ДМВ (4-витковая схема сближения и стыковки). Стыковка ТПК «Союз МС-11» № 741 к МИМ2 – 17:33 GMT/20:33 ДМВ.

24.06.19 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-11» № 741 от МИМ2 ~ 23:25 GMT/02:25 ДМВ (25.06.19 г.). Время посадки – 05:47 ДМВ.

Основные динамические операции

05.12.18 г. – выведение американского корабля SpX-16 «Dragon» – 18:16 GMT/21:16 ДМВ.

08.12.18 г. – стыковка корабля SpX-16 «Dragon»; установка манипулятором SSRMS на надирный порт Node2 – 15:34 GMT/18:34 ДМВ. ОПЛ – 09.12.18 г.

20.12.18 г. – расстыковка ТПК № 739 от МИМ1 – 01:40 GMT /04:40 ДМВ.

13.01.19 г. – расстыковка корабля SpX-16 «Dragon» манипулятором SSRMS – 19:54 GMT /22:54 ДМВ.

25.01.19 г. – расстыковка ТПК № 439 от СО1 – 12:55 GMT/15:55 ДМВ.

08.02.19 г. – расстыковка корабля NG-10 «Cygnus» от Node1 – 13:18 GMT. Освобождение от манипулятора SSRMS – 16:17 GMT.

02.03.19 г. – выведение корабля SpX Demo-1 «Dragon-2» – 07:49 GMT/10:49 ДМВ.

03.03.19 г. – стыковка корабля SpX Demo-1 к PMA2 Node2 – 10:51 GMT/13:51 ДМВ.

08.03.19 г. – расстыковка корабля SpX Demo-1 «Dragon-2» – 07:27 GMT/11:27 ДМВ. Приводнение – 13:45 GMT/16:45 ДМВ.

14.03.19 г. – выведение «Союз МС-12» ТПК № 742 – 22:14 ДМВ/19:14 GMT.

15.03.19 г. – стыковка ТПК «Союз МС-12» № 742 к МИМ1 – 01:01 GMT/04:01 ДМВ.

04.04.19 г. – выведение ТПК № 441 – 14:01:34 ДМВ/11:01:34 GMT.

Стыковка ТПК № 441 к СО1 – 14:22:30 GMT/17:22:30 ДМВ (двухвитковая схема).

04.05.19 г. – старт корабля «Dragon» (SpX-17) – 06:48 GMT/09:48 ДМВ.

06.05.19 г. – стыковка корабля «Dragon» (SpX-17) – 13:31 GMT/16:31 ДМВ.

03.06.19 г. – расстыковка корабля SpX-17 «Dragon».

04.06.19 г. – расстыковка ТПК № 440 от АО СМ. Трасст. – 08:39 GMT/11:39 ДМВ.

*Внекорабельная деятельность (ВКД)**в СК «Орлан-МКС»:*

11.12.18 г. – ВКД-45А – БИ-1, БИ-4 МКС-57. ОВЛ – 13:59 GMT/16:59 ДМВ, ЗВЛ – 23:44 GMT/02:44 ДМВ (12.12.18 г.).

Общее время пребывания в открытом космосе – 7 ч 45 мин (на 1 час 14 минут больше запланированного).

29/30.05.19 г. – ВКД-46 – КЭ, БИ-4 МКС-59. ОВЛ – 13:42 GMT/16:42 ДМВ, ЗВЛ – 21:43 GMT/00:43 ДМВ (12.12.18 г.).

Общее время пребывания в открытом космосе – 6 ч 41 мин.

в EMU:

22.03.19 г. – ВКД-52 АС – БИ-3, БИ-5 МКС-59. Продолжительность – 6 часов 38 минут.

29.03.19 г. – ВКД-53 АС – БИ-5 и БИ-6 МКС-59. Продолжительность – 6 часов 42 минуты.

08.04.19 г. – ВКД-54 АС – БИ-2, БИ-3. Продолжительность – 6 часов 26 минут.

Выполнение программы полета и организация режима труда и отдыха (РТО) экипажа

Старт экипажа ТПК «Союз МС-11» с членами экипажа МКС-58 состоялся 03.12.18 г. в 14:31:52 ДМВ. Сближение проходило по 4-витковой схеме сближения, стыковка ТПК «Союз МС-11» с МКС проведена 03.12.18 г. в автоматическом режиме в 17:33 GMT.

В сутки стыковки (рис. 1) время работы экипажа ТПК «Союз МС-11» составило примерно 22 часа. После выполнения заключительных работ по стыковке ТПК космонавтам был предоставлен сон продолжительностью 9 часов. Дополнительных дней отдыха не выделялось.

До 20.12.18 г. в связи с изменениями программы полета МКС продолжались отступления от основных требований. Прежде всего, это касалось увеличения продолжительности рабочей зоны до 8 часов; отсутствия выходных дней; непредоставление 1 часа для адаптации к МКС.

С первых дней пребывания на МКС российские члены экипажа были заняты работами по подготовке к выполнению внепланового ВКД-45А 11.12.18 г. Рабочая нагрузка в эти дни превышала нормативные показатели на 2–4 часа. Были эпизоды отмены запланированных физических тренировок. Выделенный накануне ВКД полдня отдыха был оперативно заменен на выполнение дополнительных необходимых работ по подготовке к ВКД.

11.12.18 г. экипаж выполнил ВКД-45А. Время ВКД составило 7 часов 45 минут. Основная задача ВКД-45А была выполнена полностью. При штатном подъеме экипажа в 6:00 GMT период бодрствования составил 23 часа.

Сон состоялся с 03:30 GMT до 13:00 GMT 12.12.18 г. продолжительностью 9,5 часа.

В последующие недели до посадки МКС-57 у экипажа были все дни рабочие, включая субботу и воскресенье. Рабочая нагрузка планировалась в пределах 7–7,5 часа.

8.12.18 г. состоялось подписание акта о передаче смены по РС, а также церемония передачи командования – на БИ-1 были возложены функции КЭ МКС-58/59.

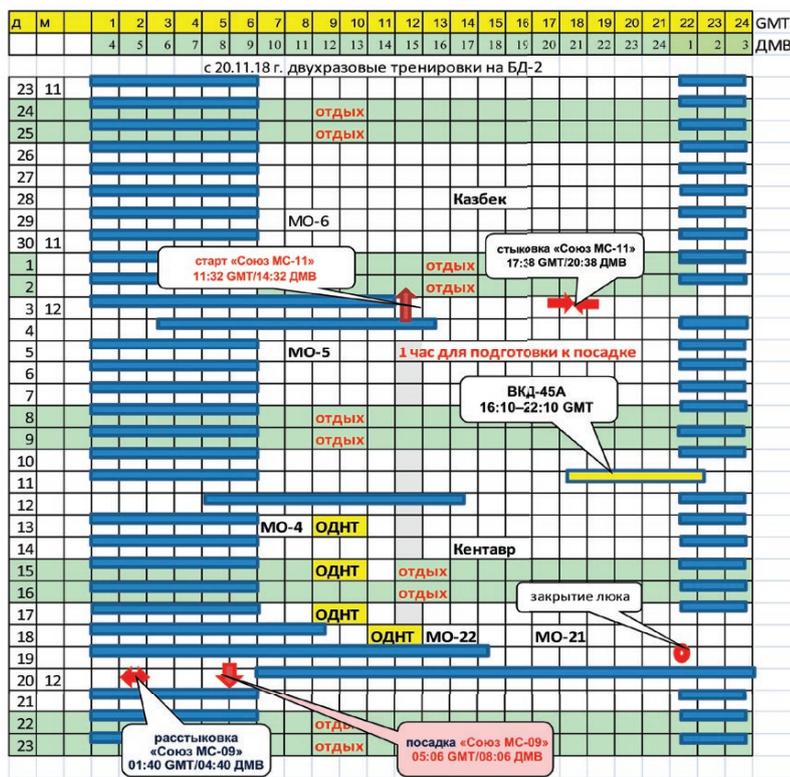


Рис. 1. РТО экипажа МКС на период выведения, стыковки ТПК «Союз МС-11», выполнения ВКД-45А и посадки ТПК «Союз МС-09»

19.12.18 г. РТО экипажа был изменен: накануне расстыковки сон/отдых продолжался 14 часов. Расстыковка ТПК «Союз МС-09» № 739 от МИМ1 МКС состоялась в 01:40 GMT/04:40 ДМВ (20.12.18 г.). Посадка СА в заданном районе – в 08:03 ДМВ (20.12.18 г.). РТО в сутки расстыковки и посадки был напряженным, период бодрствования у КЭ составил 15 часов (с момента подъема до отхода ко сну экипажа МКС). Подготовка к расстыковке и расстыковка проходили в ночное время суток. Экипажу МКС-58/59 было предоставлено время для сна/отдыха с 05:25 GMT 20.12.18 г. до 06:00 GMT 21.12.18 г. продолжительностью 24 часа 35 минут.

На 4-й неделе (19.12–25.12.18 г.) для КЭ планировались 3 рабочих и 4 дня отдыха: 20.12.18 г. – отдых после ночных работ (подготовка к расстыковке и расстыковка ТПК «Союз МС-09» № 739 с МКС); 22 и 23.12.18 г. – суббота и воскресенье; 25.12.18 г. – день отдыха в связи с празднованием католического Рождества. В каждый из дней отдыха планировались работы в пределах одного часа. Дополнительно к плану КЭ выполнял дополнительные работы и эксперименты по программе Task List. (Task List – перечень работ, подготовленный группой планирования. Он содержит задачи, которые могут

быть выполнены на усмотрение экипажа во время рабочего дня или в личное время вне рабочих часов экипажа, позволяет экипажу более свободно регулировать свой рабочий день, повысить эффективность и использовать свободное время для выполнения большей работы по своему усмотрению).

На 5-й неделе (26.12.18 г.–01.01.19 г.) КЭ выполнял сложную работу по замене и проводил проверку герметичности вакуумной магистрали СОА «Воздух».

РТО оценивался как напряженный (все 5 рабочих дней отмечены напряженностью и из двух дней отдыха один день был рабочим днем).

Последующие 9 недель КЭ выполнял плановые работы в штатном режиме и инициативно занимался укладкой удаляемого оборудования в ТГК № 439 и разгрузкой ТГК № 440, выполнением работ и экспериментов по программе Task List.

На 14-й неделе (27.02.19 г.–05.03.19 г.) из-за имевших место значительных переработок в рабочие и выходные дни при выполнении работ по монтажу оборудования широкополосной системы связи ГМО рекомендовала предоставить КЭ дополнительный день отдыха.

На 15-й неделе в дополнение к штатным выходным дням было предоставлено полдня отдыха в качестве компенсации за переработки.

На 16-й неделе (13–19.03.19 г.) 14.03.19 г. в 22:14 ДМВ состоялся старт ТПК «Союз МС-12» № 742 с экипажем в составе представителя Роскосмоса, представителя NASA и представителя Канады. Стыковка к МИМ1 проведена штатно по 4-витковой схеме сближения в автоматическом режиме в 01:01 GMT/04:01 ДМВ 15.03.19 г.

Стыковка проводилась в ночное время, в связи с чем для экипажа МКС было предусмотрено изменение РТО: 14.03.19 г. подъем штатно (06:00 GMT), после выполнения ряда работ планировался сон/отдых с 14:00 GMT до 18:30 GMT продолжительностью 4,5 часа. Рабочая нагрузка у КЭ составила 8 часов, зона бодрствования после дневного сна – 14,5 часа. После выполнения всех запланированных работ членам экипажа МКС было предоставлено время для сна и отдыха с 09:00 GMT (15.03.19 г.) до 06:00 GMT (16.03.19 г.) продолжительностью 21 час.

Последующие 10 недель КЭ выполнял работы в штатном режиме. Отмечалось увеличение фактического времени от 30 минут до 3,5 часа за счет выполнения дополнительных работ и увеличения времени при выполнении плановых работ, выполнении работ и экспериментов по программе Task List.

С 08.05.19 г. космонавты приступили к подготовке к предстоящей ВКД-46 в соответствии с детальными планами суток.

В день проведения ВКД-46 (29.05.19 г.) подъем состоялся штатно (6:00 GMT). После выполнения подготовительных работ КЭ и БИ-4 осуществили операцию «Выход» ВКД-46. Фактическое время выполнения ВКД-46 составило 6 ч 01 мин, что на 14 мин меньше запланированного времени (плановое время 6 ч 15 мин). ОВЛ состоялось 18:42 ДМВ (29.05.19 г.); ЗВЛ –

00:43 ДМВ (30.05.19 г.). Экипаж работал уверенно и слаженно, все задачи ВКД-46 выполнены. РТО экипажа РС в день проведения ВКД-46 (29.05.19 г.) оценивается как напряженный – время работы у КЭ составило по 16,5 часа, период бодрствования – 21 час. Отход ко сну состоялся в 03:00 GMT (30.05.19 г.), сон/отдых продолжался 10 часов (до 13:00 GMT 30.05.19 г.). После подъема КЭ выполнял плановые работы (3 часа) по приведению РС МКС в исходное состояние после ВКД и работы с СК.

Последующие 2 недели КЭ выполнял работы в штатном режиме. С 10.06.19 г. у КЭ рабочая зона была сокращена на 1 час, а этот час ежедневно планировался на подготовку к возвращению на Землю.

На 30-й неделе (19–25.06.19 г.) у КЭ было 6 рабочих дней. Рабочая нагрузка планировалась в пределах 5 ч 20 мин – 5 ч 50 мин.

Фактическое время работы увеличивалось за счет выполнения дополнительных инициативных работ по укладке возвращаемого оборудования в ТПК № 741 и увеличения времени выполнения плановых работ.

23.06.19 г. был подписан Акт о передаче смены по РС от КЭ к БИ-4 и проведена церемония передачи командования. Функции КЭ МКС-60 были возложены на БИ-4.

Для обеспечения расстыковки и посадки в ночное время суток РТО экипажа МКС и ТПК «Союз МС-11» № 741 был изменен (рис. 2).

Накануне расстыковки и посадки (24/25.06.19 г.) продолжительность зоны сна составила 14,5 часа.

После выполнения всех запланированных работ по подготовке к расстыковке ТПК «Союз МС-11» № 741 экипаж перешел в транспортный корабль. ЗПЛ проведено в 20:15 GMT/23:15 ДМВ (24.06.19 г.). Расстыковка ТПК «Союз МС-11» № 741 от МИМ2 МКС состоялась в 23:25 GMT (24.06.19 г.)/ 02:25 ДМВ (25.06.19 г.). Посадка СА в заданном районе – 05:47 ДМВ 25.06.19 г. В сутки расстыковки и посадки рабочая нагрузка КЭ составила 12 ч 10 мин (6 ч 40 мин на МКС и 5 ч 30 мин в ТПК). Период бодрствования (от подъема до посадки ТПК № 741) – 15 часов.

Общая продолжительность экспедиции МКС-57/58/59 составила 204 суток, из которых планировались 137 рабочих дней и 67 дней отдыха.

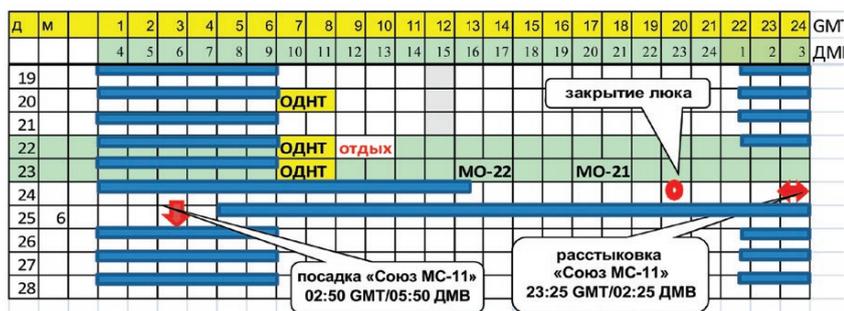


Рис. 2. РТО экипажа МКС на период посадки ТПК «Союз МС-09»

Фактически, по сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, из 67 дней отдыха у КЭ было всего 8 полноценных дней отдыха, когда время работы не превышало 2 часов, и 22 неполных дня отдыха, когда фактическая продолжительность работ составляла от 2 до 4 часов. При этом 37 дней, предназначенных для отдыха, отмечались как рабочие дни, когда ежедневное время работы составляло 4,5 и более часов.

Суммарная плановая продолжительность работ в дни отдыха составила 113 часов 55 минут за весь полет. Фактическое время выполнения плановых и дополнительных работ в дни отдыха составило 295 часов 45 минут. Из них на работы и эксперименты по программе Task List в дни отдыха фактически было затрачено 125 часов 35 минут.

За весь полет на проведение всех дополнительных работ (по указанию Земли, на работы с превышением плановых сроков, по инициативе экипажа и по Task List) КЭ затратил 406 часов, что равноценно 63 рабочим дням.

Из 30 полетных недель 10 недель были отмечены признаками полной или частичной напряженности РТО, связанной с:

- приходом на станцию и убытием со станции очередных экипажей;
- проведением погрузочно-разгрузочных работ с грузовыми и пилотируемыми кораблями;
- подготовкой и осуществлением внекорабельной деятельности (два ВКД);
- выполнением заданий по программе Task List.

Большой объем дополнительных работ, выполненных в полете, во многом обеспечивался ограничением свободного времени как в рабочие дни, так и в дни отдыха.

Медицинский контроль

Медицинское обеспечение осуществлялось в соответствии с требованиями по медицинским операциям на Международной космической станции (International Space Station Medical Operations Requirements Documents – ISS MORD).

Российский член экипажа выполнил весь объем запланированных штатных операций периодического медицинского контроля состояния здоровья и среды обитания.

Оперативный медицинский контроль проводился:

- во время выведения, автономного полета и стыковки с МКС ТПК «Союз МС-11»: 03.12.18 г.;
- перед и во время проведения ВКД-45А: 11–12.12.18 г.;
- перед и во время проведения ВКД-46: 29–30.05.19 г.;
- при проведении ОДНТ-тренировок: 11.06.19 г.; 14.06.19 г.; 17.06.19 г., 20.06.19 г.; 22.06.19 г.; 23.06.19 г.;
- во время расстыковки и спуска на Землю ТПК «Союз МС-11» 24–25.06.19 г.;

– при проведении научных экспериментов МБИ-39 «ДАН»: 08.01.19 г.; 30.01.19 г.; 27.02.19 г.; 27.03.19 г.; 06.06.19 г.

Результаты динамического медицинского контроля свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях, достаточных функциональных резервах организма и отсутствии каких-либо существенных отклонений в функциональном состоянии организма космонавта, 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 (эпизодически, в некоторых местах на станции, на нескольких витках температура воздуха превышала нормальные величины) и пониженной относительной влажности (таблица 1).

Таблица 1

Параметры микроклимата на РС МКС

Параметры	Минимальная	Максимальная	Норма
Д РО мм рт. ст.	725	765	660–860
Д ПХО мм рт. ст.	725	754	660–860
РО ₂ мм рт. ст.	147	181	140–200
РСО ₂ мм рт. ст.	1,6	3,3–6,7	<4,0–4,5
РН ₂ O мм рт. ст.	6,0	12,0	5–20
ОВ, %	20	49	40–75
Т ПХО, °С	16,8	22,7	18–28
ТРОБД, °С	20,0	27,0	18–28
Т РОБД, °С	20,0	27,9	18–28
Т над столом, °С	21,7	28,9	18–28
Т каюта правая, °С	19,6	27,5	18–28
Т ФГБ, °С	19,6	26,4	18–28
Т СО1, °С	16,8	25,3	18–28

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 °С на 10 °С.

Жалоб на сухость воздуха от экипажа не поступало. Для оптимизации влажностного режима периодически отключалась СКВ в РС.

25.02.19 г. на вопрос ЦУПа-М о самочувствии при такой низкой влажности (ОВ в РС МКС = 27 %), КЭ ответил, что «ощущения как обычно, может, потеплее стало, чем было раньше, дискомфорта никакого... режим работы СКВ1 и СКВ2 менять не надо».

Функционировали постоянно действующие системы российского сегмента: БМП, СРВ-К2М, СКВ1/СКВ2, СОА «Воздух», СКО «Электрон-ВМ».

УОВ «Поток 150МК» включались ежедневно на 6 часов; в ФГБ – в автоматическом режиме, в СМ – в ручном.

Периодически проводились наддувы станции кислородом, азотом и воздухом из ТКК.

При повышении уровня CO_2 (выше 3 мм рт. ст., чаще на американском сегменте) включались поглотительные патроны.

Параметры микроклимата ТПК показаны в таблицах 2, 3.

Таблица 2

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-11» № 741
на участке выведения, орбитального полета и стыковки с МКС (03.12.18 г.)

Параметры	Минимально	Максимально	Допустимый диапазон
ДСА мм рт. ст.	775	827	450–970
ДБО мм рт. ст.	762	835	450–970
PO_2 , мм рт. ст.	161	205	140–310
PCO_2 , мм рт. ст.	1,1	4,2	<10
PH_2O мм рт. ст.	14,9	19,8	<20
ОВ, %	63	79	40–75
ТСА, °С	24,5	26,0	18–25
ТБО, °С	17,7	21,6	18–25

Таблица 3

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-11» № 741
на этапе расстыковки и спуска (24–25.06.19 г.)

Параметры	Минимально	Максимально	Допустимый диапазон
ДСА мм рт. ст.	737	803	450–970
ДБО мм рт. ст.	637	744	450–970
PO_2 , мм рт. ст.	147	197	140–310
PCO_2 , мм рт. ст.	1,6	3,8	<10
PH_2O мм рт. ст.	11,7	14,7	<15
ОВ, %	49	60	30–75
ТСА, °С	23,1	26,8	18–25
ТБО, °С	21,8	23,5	18–25

Замечаний на температурно-влажностный дискомфорт от экипажа ТПК не поступало.

Замечания по работе СОЖ, СОГС и СТР

В период 26–30.12.18 г. СОА «Воздух» была отключена. 26 и 27.12.18 г. проведена запланированная замена вакуумной магистрали СОА «Воздух». При проведении проверки собранной вакуумной магистрали обнаружена ее негерметичность. 28.12.18 г. проводились РВР, после чего повторно обнаружена негерметичность вакуумной магистрали. По рекомендации специалистов, после анализа ситуации 30.12.18 г., восстановлена штатная конфигурация вакуумных магистралей СОА «Воздух» и БМП, после чего вакуумные магистрали герметичны, системы включены в работу и функционируют штатно.

В начале полета отмечалась нештатная работа СКВ1 и СКВ2: неоднократно происходило их нештатное самопроизвольное отключение (СКВ1 – «температура хладона ниже нормы», СКВ2 – в связи со срабатыванием токовой защиты компрессорной установки). Проводились перезапуски, тестирования и попытки РВР.

После ремонтных работ, проведенных в феврале 2019 года, система функционирует штатно.

СКО «Электрон-ВМ» была отключена 26.03–01.04.19 г. в связи с формированием некорректных ТМ параметров. После анализа ситуации и реализации рекомендаций специалистов система была включена в работу.

Периодически фиксировались срабатывания датчиков дыма в ФГБ и СМ.

По докладам экипажа, запаха гари, дыма и других признаков возгорания обнаружено не было, проводился анализ воздуха анализатором продуктов горения CSA-CP – показания были в норме. Срабатывание сигнализации расценивалось как ложное. Возможно, это было связано с увеличением количества пыли при работах экипажа за панелями и при чистке вентиляционных решеток,

14.01.19 г. зафиксировано срабатывание аварийно-предупредительной сигнализации «Пожар» на американском сегменте МКС в корабле «Cygnum» (NG-10). Экипаж выполнил замеры состояния атмосферы МКС с помощью газоанализатора CSA-CP – все показания в норме. По докладу ЦУПа-Х, срабатывание датчика дыма признано ложным.

05 и 09.04.19 г. зафиксировано срабатывание пожарной сигнализации в АС (от датчика дыма Т2 во время использования тренажера). При осмотре станции дыма или других признаков возгорания не обнаружено. Выполнены замеры анализатором продуктов горения CSA-CP в АС – показания в норме, «нули». Срабатывание сигнализации расценено как ложное. ЦУПом-Х принято решение отключать эти датчики на время тренировок на Т2 и включать в ночное время.

Радиационная обстановка на МКС

За время полета радиационная обстановка внутри станции оставалась спокойной.

Накопленная поглощенная доза за полет у КЭ (БИ-1) составила 5,96 сГр (5959 мрад), что не превышает допустимые значения доз, определенных согласно Flight Rules В 14.2.2-12 и ГОСТ 25645.215-85.

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

В каюте правого борта СМ установлена защитная «шторка» и средне-суточная мощность поглощенной дозы почти в 1,7 раза ниже, чем в каюте левого борта.

Все датчики находятся в работоспособном состоянии. Значения измеренной мощности поглощенной дозы остаются в пределах, установленных полетными правилами (Flight Rules В 14.2.2-12).

Во время выполнения ВКД-45А, ВКД-46, ВКД-52–54 проводился контроль радиационной безопасности экипажа с использованием датчиков дозиметра «Пилле-МКС».

Значения измеренной мощности поглощенной дозы остаются в пределах, установленных полетными правилами (Flight Rules В 14.2.2-12).

21.06.19 г. выполнена замена карты памяти дозиметра «Пилле-МКС», укладка карты 32-016 (00071943R) возвращена на ТПК 741.

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

На протяжении всего полета БИ-1/КЭ санитарно-гигиеническую обстановку на станции в основном оценивал как комфортную.

Еженедельно экипаж проводил плановую уборку станции.

При плановом контроле качества атмосферы РС МКС пробоотборниками ИПД-СО (ежемесячно) и ИПД-ННЗ (каждые 3 месяца) монооксида углерода и аммиака в СМ не обнаружено.

26–27.12.18 г. при работах с СОА «Воздух» КЭ использовал средства индивидуальной защиты: полумаски, очки, перчатки. При контроле воздуха в районе проведения работ пробоотборниками ИПД (26, 27 и 30.12.18 г.), аммиака не обнаружено.

31.12.18 г. в рамках еженедельной плановой уборки станции проведена обработка правой каюты СМ с применением комплекта «Фунгистат» в соответствии с рекомендациями специалистов ИМБП.

03.03.19 г. был проведен анализ атмосферы на фреон (измерение фона) анализатором ФИТ в СМ, а также газоанализатором CSA-CP и американским детектором фреона в корабле SpX Demo-1 до прокладки воздуховода – все показатели нулевые.

КЭ использовал ИПК во время входа в корабль SpX Demo-1 для отбора пробы воздуха пробоотборником АК-1М.

03.03.19 г. (в 18:59 GMT) КЭ доложил о наличии «химического» запаха в СМ. Американские члены экипажа МКС сообщили, что ощущали подобный «химический запах» в модулях LAB, Node2 и в районе в SpX Demo-1; с их слов запах мигрировал по модулям и наиболее сильно сконцентрировался в СМ. При осмотре станции признаков пожара, дыма и запаха гари не обнаружено; выполнены замеры анализатором CSA-CP – показания нулевые. Дополнительно по рекомендации ЦУПа-Х были взяты пробы на фреон в SpX Demo-1, модулях LAB, Node2 и СМ – показания нулевые. По рекомендации ГМО КЭ отобрал пробу воздуха пробоотборником АК-1М в месте максимального ощущения запаха. ЦУП-Х сообщил, что после входа в SpX Demo-1 по показаниям AQM (монитор качества атмосферы), находящегося в модуле LAB, заметно повысился только уровень изопропанола (IPA) и, возможно, также повышен уровень этанола, но при этом они на порядок ниже ПДК. По докладам КЭ, со временем интенсивность запаха значительно уменьшалась. 04.03.19 г. на вопрос о наличии запаха КЭ ответил, что не ощущает его.

11.03.19 г. во время проверки блока вакуумирования СРВ-У в МИМ1 после длительного перерыва в работе (эксперимент «Сепарация») КЭ доложил, что ощущался запах урины и зафиксировано появление небольшого количества мелкодисперсных капель жидкости коричневого цвета (смесь консерванта и солевого раствора) из ВН2-2. КЭ были даны рекомендации использовать средства индивидуальной защиты (перчатки, маску, очки). КЭ собрал жидкость с помощью бумажных полотенец и упаковал все в двойные герметичные пакеты для последующего удаления. После демонтажа ЕДВ-У из СРВ-У и проведения ее осмотра КЭ доложил, что при извлечении мягкой оболочки из корпуса увидел вылетающий мелкодисперсный порошок белого цвета, осевший на пылефильтрах в СМ (он отметил, что сознательно проводил данную процедуру в районе пылефильтров для минимизации возможных последствий в случае повреждения мягкой оболочки ЕДВ-У). По рекомендации специалистов КЭ выполнил замену кассет пылефильтров ПФ1-4 в СМ; старые пылефильтры и демонтированная ЕДВ-У, а также перчатки, маски и использованные полотенца помещены в два мешка КБО и уложены на удаление в ТГК.

19.04.19 г. при работе с БВК СОА «Воздух» экипажу было рекомендовано использовать полумаски, очки, перчатки.

Определение индивидуальной акустической нагрузки проводилось за дневной и ночной периоды времени с использованием акустического монитора в режиме акустической дозиметрии (17–19.12.18 г., 12–14.03.19 г., 13–15.04.19 г.).

Место сна БИ-1/КЭ на момент проведения исследований – левая каюта СМ.

Статические измерения эквивалентных уровней звука в СМ и ФГБ за дневной и ночной периоды выполнены в модулях ФГБ и СМ РС МКС:

– СМ (район СОА «Воздух», пп. 221/222); район рабочего стола, СМ (район СКВ); ФГБ (при закрытой панели 402).

Исследование акустической обстановки в модулях ФГБ и СМ РС МКС показало следующее:

1. На рабочих местах в СМ РС МКС уровни звука превышали допустимые значения на 1,1–4,0 дБА с максимальным значением в районе СОА «Воздух». По сравнению с предыдущими замерами от 20.06.18 г. уровни звука на рабочих местах СМ понизились на 1,2–3,0 дБА, максимально в районе центрального поста.

2. В каютах СМ РС МКС уровни звука превышали допустимые значения на 3,7–3,9 дБА. По сравнению с предыдущими замерами от 20.06.18 г. уровни звука в каютах повысились на 3,9 дБА в правой каюте, а в левой каюте практически не изменились.

3. На рабочих местах в ФГБ уровни звука превышали допустимые значения на 1,0–4,2 дБА, с максимальным значением в районе люка со стороны СМ. По сравнению с предыдущими замерами от 13.12.17 г. уровни звука в ФГБ понизились на 1,1–6,2 дБА во всех исследованных контрольных точках.

На РС МКС уровни звука имели тенденцию к снижению на рабочих местах на 1,1–6,2 дБА. В связи с тем, что уровни звука в каютах СМ РС МКС превышали допустимые значения для периода сна и имели тенденцию к повышению, КЭ и БИ-4 рекомендовалось использование индивидуальных средств защиты от шума (наушники с активным шумоподавлением), а также закрывать дверь каюты на время сна. КЭ использовал наушники с активным шумоподавлением во время сна и в течение дня при работе с шумящим оборудованием.

По результатам контроля микробиологического состояния атмосферы МКС от 18.12.18 г.:

– бактерии были обнаружены в 10 из 10 исследованных зонах. Количественный уровень обсемененности воздушной среды представителями бактериальной флоры не превышал регламентируемый SSP 50260 MORD уровень для бактерий, равный 1000 КОЕ в 1 м³;

– плесневые формы грибов были обнаружены в 5 из 10 исследованных зонах. Содержание микромицетов в воздушной среде не превышало регламентируемый SSP 50260 MORD уровень для плесневых форм грибов, кроме одной поверхности – «Союз МС-11» № 741 в средней части.

По результатам контроля санитарно-эпидемиологического состояния среды обитания РС МКС от 18.12.18 г. бактерии были обнаружены на всех 23 исследованных поверхностях интерьера и оборудования, и их содержание превышало нормативный показатель, регламентируемый SSP 50260 MORD в двух зонах: СО1 поверхность выходного люка и ФГБ, люк ПГО-ПхО. На остальных 21 поверхности интерьера и оборудования содержание бактерий не превышало нормативный показатель, регламентируемый SSP 50260 MORD.

Жизнеспособные фрагменты плесневых грибов не были обнаружены ни в одной из исследованных зон.

В связи с этим была проведена обработка с помощью комплекта «Фунгистат» в двух зонах: СО1 поверхность выходного люка и ФГБ – люк ПГО-ПхО.

Питание и водопотребление

На всем протяжении полета у космонавта замечаний по питанию и водопотреблению не было. 09.04.19 г. КЭ сообщил, что в 16-суточном рационе основную массу блюд составляют продукты, которые он и БИ-4 не едят. Например, если первых блюд в рационе 16, то 6 из этого списка КЭ не ест вообще, а то, что нравится и с удовольствием ел бы, представлено в единичном экземпляре. Свои штатные контейнеры приходится открывать на неделю раньше. Того, что не употребляется из всего рациона, набирается примерно целый контейнер.

Использование средств профилактики

КЭ (БИ-1) планировались ознакомительные занятия на тренажерах БД-2 (06.12.18 г.), ВБ-3М (07.12.18 г.) и инструктаж по тренажеру ARED (08.12.18 г.).

С 09.12.18 г. физические тренировки ему планировались по российской программе общей продолжительностью 2,5 часа, преимущественно

2 раза в день, (периодически блоком) на БД-2 и ВБ-3М, который чередуется через день с ARED.

С 31.05.19 г. в соответствии с требованиями на заключительном этапе полета и рекомендациями специалистов ИМБП планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке БД-2 с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED и ОДНТ-тренировки (с 11.06.19 г.).

КЭ профилактическое изделие «Браслет» не использовал.

ФТ КЭ выполнял в полном соответствии с бортовой документацией и рекомендациями специалистов.

24.03.19 г. КЭ сообщил, что не регулировался притяг БД-2. Экипаж самостоятельно устранил проблему (соскочил корд с направляющих роликов) и КЭ выполнил ФУ, но на ПУ сигнал об ошибке – «!» не снялся. Позже КЭ доложил, что потрогали, пошевелили кабели, где-то подтянули электрические разъемы и ошибка снялась, притяг регулируется во всем диапазоне.

23.05.19 г. во время проведения МО-5 у КЭ произошло складывание педалей велотренажера. Экипажу была отправлена радиограмма с рекомендациями по устранению поворота правого шатуна велотренажера ВБ-3М.

Периодически на протяжении полета проводились беседы со специалистами по физическим тренировкам ИМБП и ЦПК.

На всех этапах полета уровень физической тренированности космонавта оценивался как хороший.

Выводы

Обеспечение безопасности космического полета на борту МКС определяется качеством организации медицинского обеспечения космического полета, проведением санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий. Изучение и оценка потенциальных рисков, мониторинг среды обитания космонавтов позволили нивелировать неблагоприятные факторы космического полета и снизить их влияние на организм космонавтов.

Результаты медицинского контроля свидетельствовали об адекватных физиологических реакциях и достаточных функциональных резервах организма как в ходе полета, так и на завершающем его этапе.

ГМО ГОГУ проводила комплексную оценку состояния здоровья и работоспособности космонавтов, а также основных параметров среды обитания; контролировало соблюдение РТО и использование средств профилактики; участвовала в формировании решений по медицинскому обеспечению и выдаче медицинских заключений о степени годности членов экипажа к выполнению запланированных элементов программы полета.

Программа медицинского контроля, медицинских операций и научных медико-биологических исследований выполнена в запланированном объеме.

Психологический климат в экипаже на протяжении всего полета был позитивным.

В целом полет выполнен без медицинских проблем, влияющих на безопасность космического полета. Замечания и предложения экипажа приняты к реализации.

Уровень предполетной подготовки экипажа был достаточным и адекватным задачам полета.

Успешному завершению полета способствовали коллегиальные взаимоотношения участников полета, продуктивный деловой контакт со специалистами и операторами наземных служб и высокая ответственность космонавта и его партнеров за выполнение профессиональных задач.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

МКС – Международная космическая станция	СКО «Электрон-ВМ» – система обеспечения кислородом
NASA – космическое агентство США	УОВ «Поток 150 МК» – устройство очистки воздуха
JAXA – Японское космическое агентство	РВР – ремонтно-восстановительные работы
БИ – бортовой инженер	ТМ – телеметрия
КЭ – командир экипажа	ДРО – общее давление в рабочем отсеке служебного модуля
ТПК – транспортный пилотируемый корабль	ДПХО – общее давление в переходном отсеке служебного модуля
ТГК – транспортный грузовой корабль	РОБД – рабочий отсек большого диаметра
ДМВ – декретное московское время	ДСА – давление в спускаемом аппарате
GMT – время Гринвичского меридиана	ДБО – давление в бытовом отсеке
МИМ1 – малый исследовательский модуль 1	РО ₂ – парциальное давление кислорода
МИМ2 – малый исследовательский модуль 2	РСО ₂ – парциальное давление углекислоты
АО СМ – агрегатный отсек служебного модуля	РН ₂ O – парциальное давление паров воды
РС МКС – российский сегмент МКС	ОВ % – относительная влажность воздуха
СК – скафандр	ТСА – температура в спускаемом аппарате в градусах Цельсия
ВКД – внекорабельная деятельность	ТБО – температура в бытовом отсеке в градусах Цельсия
ЕМУ – американский скафандр для ВКД	CSA-CP – американский анализатор состава атмосферы
ОВЛ – открытие выходного люка	ЕДВ – емкость для воды
ЗВЛ – закрытие выходного люка	БРП – блок раздачи и подогрева
РТО – режим труда и отдыха	БРП-М – блок раздачи и подогрева воды модернизированный
Task List – перечень работ, подготовленный группой планирования. Он содержит задачи, которые могут быть выполнены на усмотрение экипажа во время рабочего дня или в личное время вне рабочих часов экипажа	РО – радиационная обстановка
ФТ – физические тренировки	АСУ – ассенизационно-санитарное устройство
СА – спускаемый аппарат	ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера
БО – бытовой отсек	СПН – сменная панель насосов
ГОГУ – Главная оперативная группа управления	КОБ – контур обогрева
ISS MORD – документ требований к медицинским операциям МКС	СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности
ОДНТ – отрицательное давление на низ тела	ПДУ – предельно допустимый уровень
МБИ – медико-биологические исследования	МО – медицинская операция
ГМО – группа медицинского обеспечения	БД-2 – бегущая дорожка РС МКС
СМ – служебный модуль	ARED – силовой тренажер АС МКС
ФГБ – функционально-грузовой блок	ВБ-3М – велоэргометр бортовой
СО1 – стыковочный отсек	ИМБП – Институт медико-биологических проблем
СОТР – система обеспечения терморегулирования	ЦПК – Центр подготовки космонавтов
КОХ – контур охлаждения	ТНК-У-1М – российский тренировочно-нагрузочный костюм для бегущей дорожки
РРЖ – регулятор расхода жидкости	Harness – американский тренировочно-нагрузочный костюм для бегущей дорожки
СКВ – система кондиционирования воздуха	
БМП – блок удаления микропримесей	
СРВ-К2М – система регенерации воды из конденсата	
СОА «Воздух» – система очистки атмосферы	