

МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-56/57 (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-56/57. 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 Securing the Flight of the ISS Crew for Expedition 56/57 (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-56/57 expedition crew. It gives a brief description of the medical support system, shows the main results of the implementation of the program of monitoring of cosmonauts health status and the ISS RS environment during the flight, as well as the use of on-board preventive means to maintain the performance and the health of cosmonauts in the flight.

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

Выполнение программы полета

Полет в составе экспедиций:

– экспедиция МКС-56 – с 2 июня 2018 года по 4 июня 2018 года в составе трех человек (один представитель Роскосмоса, два представителя NASA). С 8 июня 2018 года по 4 ноября 2018 года в составе шести человек (два представителя Роскосмоса, три представителя NASA и один представитель ЕКА);

– экспедиция МКС-57 – с 2 октября 2018 по 3 декабря 2018 года в составе трех человек (один представитель Роскосмоса, один представитель ЕКА и один представитель NASA); с 3 декабря 2018 года по 20 декабря 2018 года в составе шести человек (два представителя Роскосмоса, два представителя NASA, один представитель ЕКА и один представитель Канады).

Длительность полета одного российского, одного американского и одного европейского членов экипажа, прибывших на корабле «Союз МС-09», составила 197 суток.

Этапы полета экспедиции

06.06.18 г. – выведение ТПК «Союз МС-09» – 14:12 ДМВ.

08.06.18 г. – стыковка ТПК «Союз МС-09» к МИМ1 – 13:01 GMT/16:01 ДМВ.

20.12.18 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-09» от МИМ1 – 01:40 GMT/04:40 ДМВ. Время посадки – 08:03 ДМВ.

Основные динамические операции

29.06.18 г. – старт корабля SpX-15 «Dragon» – 09:42 GMT/12:42 ДМВ.

02.07.18 г. – стыковка SpX-15 «Dragon». Установка на надирный порт Node2 с помощью манипулятора SSRMS.

10.07.18 г. – старт ТГК «Прогресс МС-09» – 00:51:32 ДМВ/21:51:32 GMT. Стыковка ТГК «Прогресс МС-09» к СО1 – 01:31 GMT/04:31 ДМВ.

15.07.18 г. – отстыковка АО-9 «Cygnus» от Node1 с использованием манипулятора SSRMS.

03.08.18 г. – расстыковка корабля SpX-15 «Dragon» от Node2 МКС манипулятором SSRMS.

23.08.18 г. – расстыковка ТГК «Прогресс МС-08» от АО СМ – 02:16 GMT/05:16 ДМВ.

22.09.18 г. – выведение корабля НТВ-7 – 14:52 GMT.

27.09.18 г. – стыковка корабля НТВ-7 к МКС.

04.10.18 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-08» от МИМ2 – 10:57 ДМВ/07:57 GMT.

07.11.18 г. – отстыковка НТВ-7 – 16:51:45 GMT/19:51:45 ДМВ.

16.11.18 г. – выведение ТГК «Прогресс МС-10» – 21:14:08 ДМВ/18:14:08 GMT (двухсуточная схема).

17.11.18 г. – выведение американского корабля Cygnus (NG-10) – 09:01:31 GMT/12:01:31 ДМВ.

18.11.18 г. – стыковка ТГК «Прогресс МС-10» к АО – 19:28 GMT/22:28 ДМВ.

19.11.18 г. – стыковка корабля Cygnus (NG-10); установка манипулятором SSRMS на надирный порт Node1 – 12:30 GMT/15:30 ДМВ. ОПЛ – 17:17 GMT/20:17 ДМВ.

03.12.18 г. – выведение ТПК «Союз МС-11» – 11:31:52 GMT/14:31:52 ДМВ (4-витковая схема сближения и стыковки).

03.12.18 г. – стыковка ТПК «Союз МС-11» к МИМ2 – 17:33 GMT/20:33 ДМВ.

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.

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

15.08.18 г. ВКД-45 РС из СО-1 – два российских члена экипажа МКС-56. ОВЛ – 16:17 GMT/19:17 ДМВ. ЗВЛ – 00:03 GMT/03:03 ДМВ (16.08.18 г.).

Общее время пребывания в открытом космосе – 7 ч 46 мин (на 1 час 36 минут больше запланированного).

11.12.18 г. ВКД-45А – БИ-1 МКС-57, БИ-4. ОВЛ – 13:59 GMT/18:59 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).

в ЕМУ:

14.06.18 г. ВКД-51 АС – КЭ МКС-56, БИ-3 МКС-56. Продолжительность – 6 ч 45 мин. Программа ВКД выполнена полностью.

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

Старт экипажа ТПК «Союз МС-09» с членами экипажа МКС-56 состоялся 06.06.18 г. в 14:12:39 ДМВ. Сближение проходило по 2-суточной схеме, стыковка ТПК «Союз МС-09» с МКС проведена 08.06.18 г. в автоматическом режиме в 13:01 GMT.

В сутки стыковки режим труда и отдыха (РТО) экипажа МКС характеризовался сдвигом зоны сна вправо на 2 часа (рис. 1). Время работы российского члена экипажа ТПК «Союз МС-09» составило примерно 11 часов. После выполнения заключительных работ по стыковке ТПК космонавтам было предоставлено два дня отдыха. В эти дни они выполнили весь перечень работ, относящихся к первым дням прибытия нового экипажа на МКС, и оставшееся время использовали по собственному усмотрению.

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» в первые две недели полета, начиная с 11.06.18 г., рабочая зона у прибывшего экипажа была сокращена до 5,5 часа в день с целью предоставления ему времени (1 час) на адаптацию и ознакомление со станцией.

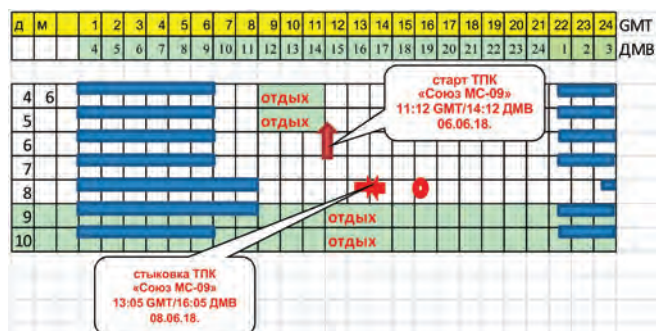


Рис. 1. РТО экипажа МКС на период выведения и стыковки ТПК «Союз МС-09»

БИ-4 активно включился в выполнение программы полета – текущие работы на станции, научные эксперименты и большое количество работ в дополнение к плану как в рамках программы Task List, так и по указанию Земли. В дни отдыха космонавт также выполнял работы и эксперименты по программе Task List (Task List – это 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 дополнительной работы по своему усмотрению).

На данные работы в рабочие дни космонавт затрачивал не менее 2–3 часов, а в дни отдыха не менее 4–5 часов. Как правило, все дни отдыха фактически можно оценить как рабочие дни, т.к. на выполнение работ затрачивалось не менее 4–5,5 часов.

На 5-й неделе полета (04–10.07.18 г.) РТО экипажа оценивался как частично напряженный в связи с проведением работ по стыковке ТКК «Прогресс МС-09» в ночное время. Стыковка ТКК «Прогресс МС-09» с МКС состоялась в ночь 09/10.07.18 г. Перед стыковкой экипажу был предоставлен дневной сон (отдых) продолжительностью 7 часов. После стыковки ТКК и выполнения всех запланированных работ на станции, космонавтам предоставлялось время для сна (отдыха) продолжительностью 21 ч 30 мин.

Последующие 4 недели работа выполнялась в штатном режиме. Согласно плану полета с 30.07.18 г. российские члены экипажа приступили к подготовке к предстоящей ВКД-45. Отмечались эпизоды увеличения времени на выполнение плановых работ и работ и экспериментов по программе Task List в будни и в дни отдыха. На все работы сверх плана затрачивалось от 1,5 до 2 часов в рабочие дни и от 2,5 до 3,5 часов в дни отдыха.

На 10-й неделе (08–14.08.18 г.) у экипажа все дни недели были рабочими. В дни отдыха (11.08 и 12.08.18 г.) был запланирован объем обязательных работ продолжительностью 6,5 часа. Связано это было с необходимостью подготовки к ВКД-45. 14.08.18 г. у экипажа планировалось полдня отдыха перед ВКД. Время плановых работ составляло примерно по 4 часа, однако дополнительно к плану были выполнены работы и эксперименты по программе Task List.

На 11-й неделе полета (15.08–21.08.18 г.) РТО экипажа был напряженным в связи с выполнением ВКД. 15.08.18 г. после штатного подъема российские члены экипажа приступили к выполнению плановых работ по консервации российского сегмента к ВКД. ОВЛ состоялось в 16:17 GMT (15.08.18 г.); ЗВЛ – 00:03 GMT (16.08.18 г.). Космонавты работали спокойно и уверенно. Основная программа работ выполнена. Планируемое время ВКД было заявлено 6 ч 10 мин, фактически оно составило 7 ч 46 мин. После ВКД космонавты занимались большим объемом работ по расконсервации РС и обслуживанию скафандров. Экипаж сожалел, что не хватало третьего

члена экипажа на РС МКС, который бы оказывал помощь при выполнении заключительных операций после ВКД. Также они считают, что ряд процедур после ВКД-45, некритичных по времени проведения, было бы целесообразно перенести на следующий день после отдыха. Время сна–отдыха планировалось с 03:30 GMT и до 14:00 GMT 16.08.18 г. продолжительностью 10,5 часа.

Последующие две недели экипаж выполнял большой объем работ как в рабочие, так и в дни отдыха. Иногда фактическое время выполнения работ увеличивалось до 9–10 часов.

На 13-й неделе полета 30.08.18 г. экипаж работал в режиме возникшей на борту нештатной ситуации, связанной со снижением общего давления на МКС. Все плановые работы были отменены в связи с проведением необходимых мероприятий по поиску и ликвидации негерметичного объема на МКС/ТПК. Фактическое время работ составило 10 ч 20 мин.

Последующие недели полета характеризовались выполнением экипажем большого объема работ с временными переработками, нарушением структуры штатного РТО (сокращение времени обеда, зоны перед сном (presleep), пропуск ФТ) и без полноценного отдыха в выходные дни.

Особенностью 18-й недели полета (03–09.10.18 г.) – подготовка к расстыковке, расстыковка и посадка ТПК «Союз МС-08» с экипажем на Землю в режиме измененного РТО.

Накануне расстыковки утром 03.10.18 г. состоялось подписание акта о передаче смены по РС от БИ-1 к БИ-4 и проведена церемония передачи командования МКС.

В сутки расстыковки (03/04.10.18 г.) планировалось изменение РТО – подъем 03.10.18 г. состоялся в 09:30 GMT, продолжительность сна составила 12 часов. После выполнения необходимых работ по окончательной укладке возвращаемого оборудования, экипажу было предоставлено время для сна с 15:00 до 21:30 GMT с продолжительностью сна 6,5 часа, затем космонавты продолжили выполнение работ по подготовке к посадке.

04.10.18 г. в 07:57 GMT состоялась расстыковка ТПК «Союз МС-08» с МКС. Посадка СА в заданном районе произошла в 14:45 ДМВ.

После завершения всех работ с 12:05 GMT (04.10.18 г.) до 06:00 GMT (05.10.18 г.) экипажу был предложен сон (отдых) продолжительностью около 18 часов.

Последующие недели полета на РС МКС работал один космонавт. РТО, как правило, был штатным. Отмечалось выполнение единичных дополнительных работ по указанию Земли и работ по программе Task List как в будни, так и в дни отдыха.

На 24-й неделе полета (14–20.11.18 г.) 18.11.18 г. в 19:28 GMT состоялась стыковка ТПК «Прогресс МС-10» к АО СМ в автоматическом режиме. ОПЛ произведено в 23:08 GMT.

В связи со стыковкой ТПК в вечернее время у экипажа был сдвиг зоны сна вправо на 6,5 часа продолжительностью 15 часов. После стыковки и выполнения всех запланированных работ состоялся сон/отдых с 05:30 до 14:00 GMT 19.11.18 г. продолжительностью 8,5 часа.

В последующую неделю работы космонавта дополнительно к плану отмечались выполнением работ и экспериментов по Task List.

В период с 21.11 по 20.12.18 г. в связи с изменениями программы полета МКС-57 были изменены требования по РТО экипажа российского сегмента:

- продолжительность рабочей зоны была увеличена до 8,0 часа;
- выходные дни не планировались;
- не выделялось время (1 час) на подготовку к отбытию со станции;
- не выделялось время (1 час) на ознакомление экипажа с МКС;
- не планировалось время на передачу смены между российскими членами экипажа после стыковки ТПК «Союз МС-11».

Старт экипажа ТПК «Союз МС-11» состоялся 03.12.18 г. в 14:31 ДМВ. Планировалась 4-витковая схема сближения и стыковки. В день стыковки РТО для российского и американского экипажей планировалось раздельно. Для российского члена экипажа планировался сдвиг зоны сна вправо на 5 часов. Продолжительность зоны сна составила 13,5 часа.

Стыковка ТПК «Союз МС-11» к МИМ2 состоялась 03.12.18 г. в 20:33 GMT. Экипаж перешел на станцию и приступил к выполнению необходимых работ. С 03:00 до 12:00 GMT (04.03.18 г.) всем членам экипажа РС МКС был запланирован сон продолжительностью 9 часов.

В последующие дни полета экипаж был занят работами по подготовке к выполнению 11.12.18 г. внепланового ВКД-45А. В достаточно короткие сроки космонавты провели необходимые работы по подготовке скафандров «Орлан-МКС» к ВКД, выбрали необходимое оборудование, просмотрели видеоматериалы по особенностям выполнения ВКД. Успешно проведена тренировка в СК. Как правило, рабочая нагрузка в эти дни превышала нормативные показатели на 2–4 часа. Были эпизоды отмены запланированных физических тренировок, сокращения времени приема пищи и периода перед сном.

В день проведения ВКД-45А (11.12.18 г.) подъем состоялся штатно. Космонавты осуществили ВКД-45А. Время ВКД было запланировано 6 ч 25 мин, фактически оно составило 7 ч 45 мин. ОВЛ состоялось 15:59 GMT/18:59 ДМВ (11.12.18 г.); ЗВЛ – 01:34 GMT/04:34 ДМВ (12.12.18 г.). Космонавты работали спокойно и уверенно. Основная задача ВКД-45А была выполнена. РТО оценивался как напряженный: время работы у БИ-4 составило 18 ч 45 мин. Период бодрствования – 23 часа. Сон/отдых состоялся с 03:30 GMT до 13:00 GMT 12.12.18 г. (продолжительностью 9,5 часа).

На 28-й неделе полета (12.12–18.12.18 г.) БИ-4 в короткие сроки выполнял необходимые работы по подготовке к возвращению на Землю. У экипажа было 6 рабочих дней и полдня отдыха (после ВКД-45А). Рабочая нагрузка

планировалась в пределах 7–7,5 часа. Суббота (15.12.18 г.) и воскресенье (16.12.18 г.) были рабочими днями.

На 29-й неделе полета с 19.12 на 20.12.18 г. состоялась расстыковка ТПК «Союз МС-09» от МИМ1 МКС. Экипаж работал в условиях измененного РТО, который характеризовался предоставлением зоны сна до 14:00 GMT продолжительностью 14 часов и последующей продолжительной зоной бодрствования (примерно 16 часов) до приземления. Посадка СА осуществлена в заданном районе Казахстана в 08:03 ДМВ (20.12.18 г.).

Общая продолжительность экспедиции МКС-56/57 составила 197 суток, из которых планировались 134 рабочих дня и 63 дня отдыха.

Фактически, из 63 дней отдыха у БИ-4 было всего 2 полноценных дня отдыха, когда время работы не превышало 2 часов и 30 неполных дней отдыха, когда фактическая продолжительность работ составляла от 2 до 4 часов. При этом 31 день, предназначенный для отдыха, отмечались как рабочие дни, когда время работы составляло 4,5 и более часов.

Суммарная фактическая продолжительность работ в дни отдыха составила 106 ч 55 мин. Дополнительно на работы и эксперименты по программе Task List в дни отдыха было затрачено 147 ч 15 мин. На выполнение заданий по Task List в рабочие дни было затрачено 166 ч 45 мин.

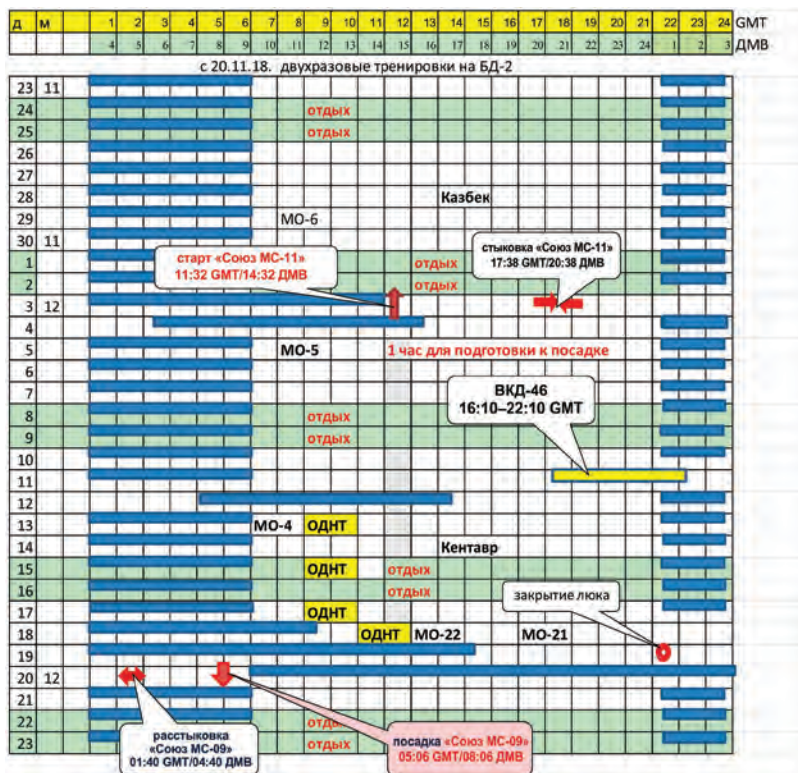


Рис. 2. РТО экипажа МКС на период расстыковки ТПК «Союз МС-09» и посадки

За весь полет на проведение дополнительных работ (по указанию Земли, на работы с превышением плановых сроков, по инициативе экипажа и по Task List) БИ-4 затратил 389 часов, что равноценно 60 рабочим дням.

Особенностью режима труда и отдыха космонавта МКС-56/57 является отсутствие дней отдыха, работа по измененной программе полета в период с 21.11 по 20.12.18 г. с увеличением времени рабочей нагрузки фактически на всем протяжении полета.

Успешному завершению полета и высокой работоспособности БИ-4 способствовали коллегиально дружеские взаимоотношения участников полета, высокая ответственность и профессиональная подготовленность космонавта для выполнения возложенных на него сложных и высокозначимых задач по реализации программы полета.

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).

БИ-4 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-09»: 06.06–08.06.18 г.;

- перед и во время проведения ВКД-45: 15/16.08.18 г.;

- перед и во время проведения ВКД-45А: 11/12.12.18 г.;

- при проведении ОДНТ-тренировок: 13.12; 15.12; 17.12; 18.12.18 г.;

- во время расстыковки и спуска на Землю ТПК «Союз МС-09» 19/20.12.18 г.;

- при проведении научных экспериментов:

- МБИ-33 «Биокард»: 29.06.18 г.; 05.09.18 г.; 31.10.18 г.

- МБИ-39 «ДАН»: 22.06.18 г.; 25.07.18 г.; 22.08.18 г.; 20.09.18 г.; 17.10.18 г.

- 16.07.18 г. проведен монтаж нового пульта аппаратуры «Пилле-МКС».

- 01.08.18 г. проведен монтаж блока Плетизмограф (взамен неработоспособного).

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 (табл. 1).

Таблица 1

Параметры микроклимата на РС МКС

Параметры	Минимально	Максимально	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
Т РОБД, °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

** В период раздельной межмодульной вентиляции между РС и АС

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.

Замечания экипажа по температуре воздуха в СМ:

23.10.18 г. БИ-4 отметил, что после ухода второго члена экипажа на РС стало прохладнее, приходится теплее одеваться и попросил, если возможно, немного (на пару градусов) повысить температуру в СМ. Для создания комфортного микроклимата РРЖ было перенастроено с 10 °С на 14 °С.

30.10.18 г. БИ-4 отметил, что в СМ стало значительно теплее; иногда, при занятиях ФУ, даже «жарковато» и хотелось бы немного «попрохладнее», но «сейчас все равно лучше, чем когда было холодно». Для него комфортная температура около 24–25 °С.

31.10.18 г. БИ-4 попросил «на пару градусов понизить сделать температуру».

04.11.18 г. БИ-4 сообщил, что температура в СМ сейчас 23 °С и попросил, «по возможности, поднять на 1–2 градуса». Для создания более комфортного микроклимата в РС МКС проводилась перенастройка РРЖ КОБ-2.

06.11.18 г. во время приватной медицинской конференции БИ-4 отметил, что сейчас температурный режим (24–25 °С) на РС МКС считает для себя оптимальным, а во время вечерней конференции по планированию (DPC) поблагодарил специалистов СОТР за создание комфортной температуры на борту.

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

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

Периодически проводились наддувы станции кислородом, азотом и воздухом из ТГК, включались поглотительные патроны CO_2 .

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-08» на различных этапах полета показаны в табл. 2.

Таблица 2

Параметры микроклимата ТПК «Союз МС-09»
на этапе расстыковки и спуска (06–08.06.18 г.)

Параметры	Минимально	Максимально	Допустимый диапазон
ДСА мм рт. ст.	730	787	450–970
ДБО мм рт. ст.	706	756	450–970
PO_2 мм рт. ст.	158	193	140–310
PCO_2 мм рт. ст.	3,1	6,0	<10
PH_2O мм рт. ст.	9,3	11,4	<15
ОВ %	41	49	30–75
ТСА, °С	21,3	27,8	18–25
ТБО, °С	20,6	23,2	18–25

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

Замечания по работе СОЖ, СОГС и СТР

Периодически фиксировались срабатывания датчиков дыма в ФГБ (06.07.18 г., 15.07.18 г., 08.08.18 г., 26.10.18 г.): загорался транспарант «SMOKE», срабатывание прекращалось автоматически.

По докладам экипажа запаха гари, дыма и других признаков возгорания обнаружено не было, проводился анализ воздуха газоанализатором CSA-CP, показания были в норме – «нули». Срабатывание сигнализации расценивалось как ложное.

Отмечалась нештатная работа СКВ1 и СКВ2: периодически происходило нештатное самопроизвольное отключение (СКВ1 – «температура хладона ниже нормы», СКВ2 – в связи со срабатыванием токовой защиты компрессорной установки). Проводились перезапуски и РВР системы.

12.08.18 г. экипаж сообщил о нештатной работе УОВ «Поток 150МК». 24.08.18 г. по рекомендации специалистов СОЖ УОВ «Поток 150МК» в СМ была отключена. 24.10.18 г. проведены РВР УОВ «Поток 150МК» в СМ, после чего установка включалась ежедневно на 6 часов в ручном режиме (дисплей не работал).

В связи с недостаточной эффективностью СОА «Воздух», выявленной в период раздельной межмодульной вентиляции РС и АС, 22–24.08.18 г. и

в последующий период (29.08.18 г., 03, 06, 07.09.18 г.) проводились работы по поиску возможной причины (проверка вакуумной магистрали, проверка температур вакуумной магистрали и поглотительных патронов, исследование БВК-1, БВК-2, БВК-3, уточнение производительности по поглощению CO₂), тестирование системы и РВР. Во время проведения работ система отключалась на несколько часов, включался поглотительный патрон CO₂.

С 11.09.18 г. во время бодрствования экипажа СОА «Воздух» работала в 4-м режиме, на время сна экипажа переводилась в 3-й режим.

29.08.18 г. (с 21:00 GMT) зафиксировано падение давления на станции. К 06:00 утра 30.08.18 г. давление по мановакуумметру составило 735 мм рт. ст. (т.е. за 9 часов давление на МКС упало на 8 мм рт. ст.). 30.08.18 г. после подъема экипажа (06:00 GMT) в течение 3 часов проводился поиск места утечки воздуха. В 09:36 GMT была обнаружена причина разгерметизации – в БО «Союз МС-09» имелось круглое отверстие диаметром 2 мм на расстоянии 5 мм от шпангоута за АСУ со стороны станции. Проведены РВР с использованием герметика и марлевых салфеток. В результате отверстие было загерметизировано, давление в ТПК стабилизировалось. Проведен наддув станции воздухом на 10 мм рт. ст. из ТГК 439. 31.08.18 г. в БО ТПК «Союз МС-09» в течение дня продолжались работы по герметизации путем наложения двух слоев (второго и третьего) эпоксидной смолы с перерывом в 12 часов для застывания. После завершения нанесения второго слоя герметика экипаж зафиксировал ультразвуковым прибором незначительную утечку, которую удалось быстро остановить. После нанесения третьего слоя герметичность восстановлена (проверено ультразвуковым детектором). Давление в ТПК «Союз МС-09» было стабильно. Экипаж продолжал наблюдение за местом наложения герметика и контролировал давление в ТПК «Союз МС-09». Ежедневно проводил проверку «Союз МС-09» на утечку воздуха с помощью американского течеискателя ULD.

16.09.18 г. экипаж доложил об изменении нормального звука работы пылесоса («гудит как-то подозрительно») и попросил специалистов дать рекомендации по его ремонту. Экипажу сообщено, что новый пылесос будет доставлен с ближайшим «грузовиком».

Радиационная обстановка на МКС

За время полета РО внутри станции оставалась спокойной. Накопленная поглощенная доза за полет у БИ-4 составила 5,71 сГр (5712 мрад), что не превысило 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».

Во время выполнения ВКД № 45, № 45А РС и ВКД № 51 АС проводился контроль радиационной безопасности экипажа с использованием датчиков дозиметра «Пилле-МКС». Значения измеренной дополнительной

поглощенной дозы находятся в пределах, установленных полетными правилами (Flight Rules В 14.2.2-12).

Санитарно-гигиеническое состояние МКС

На протяжении всего полета БИ-1 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.

16.08.18 г. БИ-1 отметил сильный шум от насоса СПН за панелью 247, насос 3 СПН-1. Экипажу было рекомендовано заизолировать насос подручными средствами, чтобы звук уменьшился. 18.08.18 г. БИ-1 сообщил, что интенсивность шума от насоса снаружи каюты стала меньше, в каюте не изменилась, ощущается шум и вибрация. Выполнено переключение на другую СПН, после чего жалоб экипажа на шум в дальнейшем не поступало.

Космонавт использовал наушники с активным шумоподавлением во время сна и в течение дня при работе с шумящим оборудованием.

29–31.10.18 г. на 145–147-е сутки полета проводилось определение индивидуальной акустической нагрузки у БИ-4 за дневной и ночной периоды времени с использованием акустического монитора (АМ hardware) в режиме акустической дозиметрии.

Анализ полученных данных показал, что шумовая нагрузка за дневной период превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) на 12,2 дБА, а за ночной период на 12,4 дБА. Статические измерения эквивалентных уровней звука за дневной и ночной периоды выполнены в СМ (район рабочего стола). Эквивалентный уровень звука за дневной период превышал ПДУ на 11,9 дБА, а за ночной период – на 9,9 дБА.

Питание и водопотребление

На всем протяжении полета у космонавта замечаний по питанию и водопотреблению не было. 27.11.18 г. получено сообщение, что доставленные на грузовике свежие фрукты (яблоки и грейпфруты) пришли в хорошем состоянии.

Использование средств профилактики

Для поддержания физической работоспособности человека в условиях космического полета используется многофункциональная система профилактики неблагоприятного воздействия невесомости. Через 5 часов после выведения ТПК «Союз МС» российский член экипажа надел изделие «Браслет-М». Эффект от него описал как ощутимый. Перестал использовать со второго дня пребывания на станции.

В первые дни пребывания на МКС космонавту планировался инструктаж по тренажеру ARED, ознакомительные занятия на тренажерах ВБ-3М

и БД-2. С 13.06.18 г. физические тренировки ему планировались по российской программе общей продолжительностью 2,5 часа, преимущественно блоком на БД-2(Т2*) и ВБ-3М/ARED (с чередованием).

**26–28.06.18 г. в связи с демонтажем БД-2 для замены блоков СНТ-50МП.*

25.06.18 г. проведен инструктаж экипажа по беговой дорожке Т-2.

В последующие периоды полета структура выполнения физических тренировок на штатных тренажерах БД-2, ВБ-3М и ARED была видоизменена в связи с выполнением научного эксперимента «Профилактика-2».

Вместо штатных физических тренировок планировались:

- 15–17.06.18 г. тренировки в комплекте КОР-01-Н и ФТ на ВБ-3М/ARED;
- 13–15.07.18 г. тренировки в комплекте КОР-01-Н и через день одна тренировка на ARED;
- 29.08.18 – 03.09.18 г. двухразовые тренировки на ВБ-3М;
- 05–10, 12–14.10.18 г. двухразовые тренировки на БД-2 с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED.

При подготовке к проведению ВКД-45 и ВКД-45А было рекомендовано выполнять ручную велоэргометрию.

С 10.12.18 г. в соответствии с требованиями на заключительном этапе полета планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке БД-2 с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED общей продолжительностью 2,5 часа и ОДНТ-тренировки.

С 13.12.18 г. в связи с изменением программы полета у БИ-4 было проведено две предварительные и две заключительные ОДНТ-тренировки. Режимы тренировок разрабатывались, учитывая результаты функциональной пробы для оценки ортостатической устойчивости при воздействии ОДНТ.

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

Примерка и подгонка изделия «Кентавр» у членов экипажа ТПК «Союз МС-09» проведена 14.12.18 г. без замечаний.

По ежедневным докладам ФТ выполнял в полном объеме в соответствии с планом.

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 коллегиально-дружеские 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	СА – спускаемый аппарат
NASA – космическое агентство США	БО – бытовой отсек
JAXA – Японское космическое агентство	ГОГУ – Главная оперативная группа управления
БИ – бортовой инженер	ISS MORD – документ требований к медицинским операциям МКС
КЭ – командир экипажа	ОДНТ – отрицательное давление на низ тела
ТПК – транспортный пилотируемый корабль	МБИ – медико-биологические исследования
ТГК – транспортный грузовой корабль	ГМО – группа медицинского обеспечения
ДМВ – декретное московское время	СМ – служебный модуль
GMT – время Гринвичского меридиана	ФГБ – функционально-грузовой блок
МИМ1 – малый исследовательский модуль 1	СО1 – стыковочный отсек
МИМ2 – малый исследовательский модуль 2	СОТР – система обеспечения терморегулирования
АО СМ – агрегатный отсек служебного модуля	КОХ – контур охлаждения
РС МКС – российский сегмент МКС	РРЖ – регулятор расхода жидкости
СК – скафандр	СКВ – система кондиционирования воздуха
ВКД – внекорабельная деятельность	БМП – блок удаления микропримесей
ЕМУ – американский скафандр для ВКД	СРВ-К2М – система регенерации воды из конденсата
ОВЛ – открытие выходного люка	СОА «Воздух» – система очистки атмосферы
ЗВЛ – закрытие выходного люка	СКО «Электрон-ВМ» – система обеспечения кислородом
РТО – режим труда и отдыха	УОВ «Поток 150МК» – устройство очистки воздуха
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	РВР – ремонтно-восстановительные работы
ФТ – физические тренировки	

ТМ – телеметрия	БРП-М – блок раздачи и подогрева воды модернизированный
ДРО – общее давление в рабочем отсеке служебного модуля	РО – радиационная обстановка
ДПХО – общее давление в переходном отсеке служебного модуля	АСУ – ассенизационно-санитарное устройство
РОБД – рабочий отсек большой диаметр	ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера
ДСА – давление в спускаемом аппарате	СПН – сменная панель насосов
ДБО – давление в бытовом отсеке	КОБ – контур обогрева
PO ₂ – парциальное давление кислорода	СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности
PCO ₂ – парциальное давление углекислоты	ПДУ – предельно допустимый уровень
PH ₂ O – парциальное давление паров воды	МО – медицинская операция
ОВ % – относительная влажность воздуха	БД-2 – бегущая дорожка РС МКС
ТСА – температура в спускаемом аппарате в градусах Цельсия	ARED – силовой тренажер АС МКС
ТБО – температура в бытовом отсеке в градусах Цельсия	ВБ-3М – велоэргометр бортовой
CSA-CP – американский анализатор состава атмосферы	ИМБП – Институт медико-биологических проблем
ЕДВ – емкость для воды	ЦПК – Центр подготовки космонавтов
БРП – блок раздачи и подогрева	ТНК-У-1М – российский тренировочно-нагрузочный костюм для бегущей дорожки
	Harness – американский тренировочно-нагрузочный костюм для бегущей дорожки