

## **МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА ЭКИПАЖА МКС-59/60 (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-59/60. 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 Flight Safety of the ISS Crew for Expedition 59/60 (Express Analysis). V.V. Bogomolov, V.I. Pochuev, I.V. Alferova, E.G. Khorosheva, V.V. Krivolapov**

The paper presents the results of medical support of the flight for the ISS-59/60 crew. It gives a brief description of the medical support system, shows the main results of the implementation of the monitoring program of crew health and environment on the ISS RS during the flight, as well as the use of onboard prophylaxis means to maintain cosmonauts' performance and health in the flight.

**Keywords:** medical support, medical monitoring, prophylaxis system, habitat, work-rest schedule.

### **Выполнение программы полета**

Полет в составе экспедиций:

– 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);

– экспедиция МКС-60 – с 25 июля 2019 года по 2 октября 2019 года в составе шести человек (два представителя Роскосмоса, три представителя NASA и один представитель ЕКА).

Длительность полета одного российского и одного американского членов экипажа, прибывших на корабле «Союз МС-12», составила 203 суток.

*Этапы полета экспедиции*

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 (4-витковая схема сближения и стыковки).

03.10.19 г. – расстыковка ТПК «Союз МС-12» № 742 от МИМ1 – 07:37:35 GMT/10:37:35 ДМВ. Время посадки – 14:00:12 ДМВ.

*Основные динамические операции*

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

Стыковка ТГК № 441 к СО1 – 14:22:30 GMT/17:22:30 ДМВ (2-витковая 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 ТГК № 440 от АО СМ.

24.06.19 г. – расстыковка ТПК № 741 от МИМ2 – 23:25:40 GMT/02:25:40 ДМВ (25.06.19 г.).

20.07.19 г. – выведение «Союз МС-13» ТПК № 746 – 19:28 ДМВ/16:28 GMT.

21.07.19 г. – стыковка ТПК «Союз МС-13» № 746 к АО СМ ~22:48 GMT/01:48 ДМВ.

25.07.19 г. – выведение американского корабля «Dragon» (SpX-18) – 22:01:56 GMT.

27.07.19 г. – стыковка корабля «Dragon» (SpX-18) к Node2 – 13:13 GMT.

29.07.19 г. – расстыковка ТГК № 441 от СО1 – 10:43 GMT/13:43 ДМВ.

31.07.19 г. – старт ТГК «Прогресс МС-12» № 442 – 15:10 ДМВ/12:10 GMT.

Стыковка к СО1 – 15:29 GMT/18:29 ДМВ.

06.08.19 г. – расстыковка американского корабля NG-11 «Cygnum» манипулятором.

22.08.19 г. – выведение ТК «Союз МС-14» № 743 – 06:38 ДМВ/03:38 GMT.

24.08.19 г. – планировавшаяся стыковка ТК «Союз МС-14» № 743 к МИМ2 не состоялась в связи с неполадками системы стыковки «Курс» на МИМ2.

26.08.19 г. – перестыковка ТПК № 746 с АО СМ РС МКС на МИМ2 РС МКС. Расстыковка – 03:35 GMT/06:35 ДМВ, стыковка (механический захват) в 03:59 GMT/06:59 ДМВ. Стыковка была запланирована оперативно в связи с необходимостью освобождения стыковочного узла АО для стыковки ТК № 743.

27.08.19 г. – стыковка ТК «Союз МС-14» № 743 к АО – 03:08:45 GMT/06:08:45 ДМВ.

27.08.19 г. – расстыковка корабля SpX-18 «Dragon» от Node2 манипулятором SSRMS.

06.09.19 г. – расстыковка ТК № 743 от АО СМ – 18:14 GMT/21:14 ДМВ.

Время посадки: 21:32 GMT/0:32 ДМВ (07.09.19 г.).

10.09.19 г. запланированный старт корабля НТВ-8 отложен по техническим причинам.

24.09.19 г. – старт корабля НТВ-8 – 16:05 GMT/19:05 ДМВ.

25.09.19 г. – выведение ТПК «Союз МС-15» № 744 – 16:57:43 ДМВ/13:57:43 GMT. Стыковка ТПК № 744 к АО СМ – 19:43 GMT/ 22:43 ДМВ.

28.09.19 г. – стыковка НТВ-8 к Node2 манипулятором SSRMS – 11:12 GMT/14:12 ДМВ.

#### *Внекорабельная деятельность (ВКД)*

*в СК «Орлан-МКС»:*

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.

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

*в СК ЕМУ:*

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

29.03.19 г. ВКД-53 АС – БИ-5, БИ-6 МКС-59. Продолжительность – 6 ч 42 мин.

08.04.19 г. ВКД-54 АС – БИ-2, БИ-3. Продолжительность – 6 ч 26 мин.

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

Старт ТПК «Союз МС-12» с членами экипажа МКС-59 состоялся 14.03.19 г. в 22:14 ДМВ. Сближение проходило по 4-витковой схеме сближения, стыковка ТПК «Союз МС-12» с МКС проведена 15.03.19 г. в автоматическом режиме в 01:01 GMT.

В сутки стыковки (рис. 1) время работы экипажа ТПК «Союз МС-12» составило примерно 22–23 часа. После выполнения заключительных работ по стыковке ТПК, космонавтам был предоставлен сон/отдых продолжительностью 21 час.

Согласно требованиям «Основных правил и ограничений», для БИ-4 в течение 14 дней выделялся один час времени на адаптацию и ознакомление со станцией. Рабочая нагрузка планировалась в пределах 5,5 часа.

В последующие 10 недель БИ-4 активно выполнял плановые работы, научные эксперименты, работы в рамках программы Task List. На работы по Task List космонавт ежедневно как в будни, так и в дни отдыха затрачивал от 30 минут до 3 часов.

С 08.05.19 г. космонавты приступили к плановой подготовке к ВКД-46 в соответствии с программой.

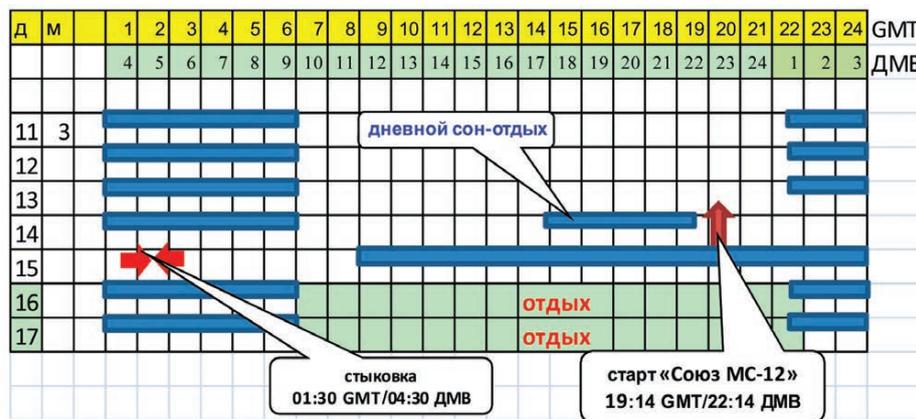


Рис. 1. РТО экипажа МКС на период выведения, стыковки ТПК «Союз МС-12»

В день проведения ВКД-46 29.05.19 г. утренний подъем состоялся штатно в 06:00 GMT. Российские члены экипажа осуществили операцию «Выход» (ВКД-46). ОВЛ состоялось 18:42 ДМВ (29.05.19 г.); ЗВЛ – 00:43 ДМВ (30.05.19 г.). Фактическое время выполнения ВКД-46 составило 6 ч 01 мин, что на 14 минут меньше запланированного времени. Все задачи ВКД-46 выполнены на высоком профессиональном уровне.

РТО экипажа в день проведения ВКД-46 был напряженным – период бодрствования составил примерно 21 час. Продолжительность зоны сна/отдыха после ВКД составила 10 часов. В последующие дни после ВКД, которые штатно считались как дни отдыха, космонавт выполнял как плановые работы (3 часа) по приведению РС МКС в исходное состояние после ВКД, работы с СК, так и эксперименты по программе Task List. Оставшееся от работы время было использовано для отдыха.

Последующие 3 недели БИ-4 выполнял работы в штатном режиме. Отмечалось увеличение рабочего времени за счет выполнения единичных дополнительных работ и увеличения времени при выполнении плановых работ и работ по программе Task List. На Task List затрачивалось от 30 минут до 2 часов.

На 15-й неделе (19.06–25.06.19 г.) у экипажа РС было 6 рабочих дней и 1 день сна/отдыха после расстыковки и посадки ТПК «Союз МС-11» № 741. Рабочая нагрузка планировалась у БИ-4 неравномерно: от 4 ч до 7 ч 55 мин, в среднем она составила 6 ч 05 мин. Фактическое время работы увеличивалось за счет увеличения времени при выполнении запланированного эксперимента «Биодеградация».

Учитывая, что плановое время в этот день составляло 7 ч 55 мин и на работы по Task List было затрачено 1 ч 20 мин, фактическое время работы составило 11 ч 15 мин.

Вечером 23.06.19 г. был подписан Акт о передаче смены по РС от КЭ к БИ-4 и проведена церемония передачи командования, в результате БИ-4 стал КЭ МКС-60.

После ухода экипажа ТПК «Союз МС-11» № 741 оставшимся на станции космонавтам было предоставлено время для сна и отдыха с 03:15 GMT (25.06.2019 г.) до 06:00 GMT (26.06.2019 г.) продолжительностью 27 часов.

Последующие 3 недели КЭ выполнял работы в штатном режиме.

На 19-й неделе (17.07–23.07.19 г.) в ночь 20/21.07.19 г. состоялась стыковка ТПК «Союз МС-13» № 746 к АО СМ МКС. В сутки стыковки РТО у КЭ был напряженным – операции по стыковке выполнялись в ночное время. Рабочая нагрузка у КЭ составила 10 ч 45 мин. Зона бодрствования после дневного сна составила 15,5 часа. После выполнения всех запланированных работ членам экипажа МКС было предоставлено время для сна и отдыха с 07:35 GMT 21.07.19 г. до 06:00 GMT 22.07.19 г. продолжительностью 22,5 часа.

В остальные дни недели КЭ выполнял работы в штатном режиме. Дни отдыха (19–21.07.19 г.) КЭ использовал по назначению.

На 20-й неделе (24.07–30.07.19 г.) РТО оценивался как штатный с элементами напряженности (отсутствие полноценных дней отдыха у КЭ). В рабочие дни работы выполнялись в штатном режиме. В дни отдыха (27.07 и 28.07.19 г.) плановые работы составили: 27.07.19 г. – 1 ч 55 мин; 28.07.19 г. – 4 ч 15 мин (работы по подготовке к расстыковке ТПК № 441). Дополнительно к плану в каждый из дней КЭ выполнял эксперименты по программе Task List, на что затрачивал по 30 минут.

На 21-й неделе 31.07.19 г. стыковка ТПК «Прогресс МС-12» № 442 к СО1 МКС состоялась в 15:29 GMT. В этот день РТО оценивался как напряженный: плановые работы составили у КЭ 7 ч 10 мин. Дополнительно к плану было затрачено 2 часа на разгрузку ТПК «Прогресс МС-12» № 442. На выполнение работ по Task List было затрачено 30 минут. Фактическое время работы у КЭ составило 9 ч 40 мин.

В остальные рабочие дни отчетной недели КЭ выполнял работы в штатном режиме. Дни отдыха (03.08 и 04.08.19 г.) КЭ использовал по назначению.

Последующие 2 недели КЭ выполнял работы в штатном режиме, периодически выполняя небольшие дополнительные работы, работы и эксперименты по программе Task List, что не привело к существенным переработкам.

На 24-й неделе полета (21.08–27.08.19 г.) не состоялась стыковка ТПК «Союз МС-14» № 743 к МИМ2 в беспилотном варианте. В срочном порядке была запланирована перестыковка ТПК «Союз МС-13» № 746 с АО СМ на МИМ2. В связи с этим 23.08 и 24.08.19 г. были существенно изменены детальные планы работ экипажа РС МКС. Перестыковка ТПК «Союз МС-13» № 746 с АО СМ на МИМ2 состоялась 25.08.19 г. (расстыковка 03:35 GMT; стыковка 03:49 GMT – 26.08.19 г.). РТО оценивался как напряженный – работы выполнялись в ночное время.

На 25-й неделе (28.08–03.09.19 г.) экипажу РС МКС планировалось 7 рабочих дней, дни отдыха не планировались. Ежедневно отмечалось увеличение планового времени, в среднем за неделю у КЭ плановая рабочая нагрузка составила 8,5 часа. Отмечались эпизоды увеличения фактического времени за счет увеличения времени при выполнении плановых работ на 1,5 и 2,5 часа. Ежедневно КЭ выполнял эксперимент «ЭКОН», на что затрачивал по 30 минут.

Расстыковка ТПК «Союз МС-14» № 743 от АО СМ в беспилотном варианте проведена 06.09.19 г. в 18:14 GMT. Посадка на Землю состоялась в 21:32 GMT/00:32 ДМВ (07.09.19 г.). В этот день (06.09.19 г.) планировалось полдня работы. В другие рабочие дни отмечалось увеличение фактического времени за счет выполнения небольших по времени дополнительных работ (от 15 до 30 минут.), а также увеличивалось от 30 минут до 1,5 часа за счет выполнения работ и экспериментов по программе Task List. Дни отдыха (07.08–08.09.19 г.) КЭ использовал по назначению.

Последующие 2 недели КЭ выполнял работы в штатном режиме. Фактическое время незначительно увеличивалось за счет выполнения дополнительных работ и экспериментов по программе Task List, но не привело к существенным переработкам. Согласно требованиям «Основных правил и ограничений» с 18.09.19 г. КЭ выделялся 1 час для подготовки к возвращению на Землю.

На 29-й неделе (25.09–01.10.19 г.) РТО оценивался как напряженный (рис. 2). Экипажу планировалось 6 рабочих дней и полдня сна/отдыха (26.09.19 г.). Рабочая нагрузка у КЭ планировалась в пределах 5 ч 15 мин–6 ч, в среднем составила 5 ч 40 мин, в отдельные дни ему выделялось время для подготовки к возвращению на Землю.

Старт ТПК «Союз МС-15» № 744 состоялся в 16:57 ДМВ/13:57 GMT 25.09.19 г. Стыковка к АО СМ осуществлена по 4-витковой схеме, в автоматическом режиме в 22:42 ДМВ/19:42 GMT. ОПЛ – в 01:13 ДМВ (26.09.19 г.)/22:13 GMT (25.09.19 г.).

Прибывший экипаж перешел на станцию и приступил к выполнению служебных обязанностей. В сутки стыковки (25/26.09.19 г.) фактическая рабочая нагрузка у КЭ составила 8 ч 25 мин (7 ч 55 мин – плановое время и 30 мин эксперименты по Task List).

02.10.19 г. состоялась церемония передачи командования. После завершения укладки грузов в ТПК «Союз МС-12» № 742 и выполнения всех запланированных работ на станции экипаж перешел в транспортный корабль. ЗПЛ проведено в 04:22 GMT (03.10.19 г.). Расстыковка ТПК «Союз МС-12» № 742 от МИМ1 МКС состоялась в 07:37 GMT. Посадка СА 03.10.19 г. в 13:59 ДМВ в заданном районе.

В сутки расстыковки и посадки (02/03.10.19 г.) РТО у КЭ МКС-60 был напряженным. Рабочая нагрузка составила 12 ч 05 мин (5 ч 40 мин на МКС и 6 ч 25 мин в ТПК).

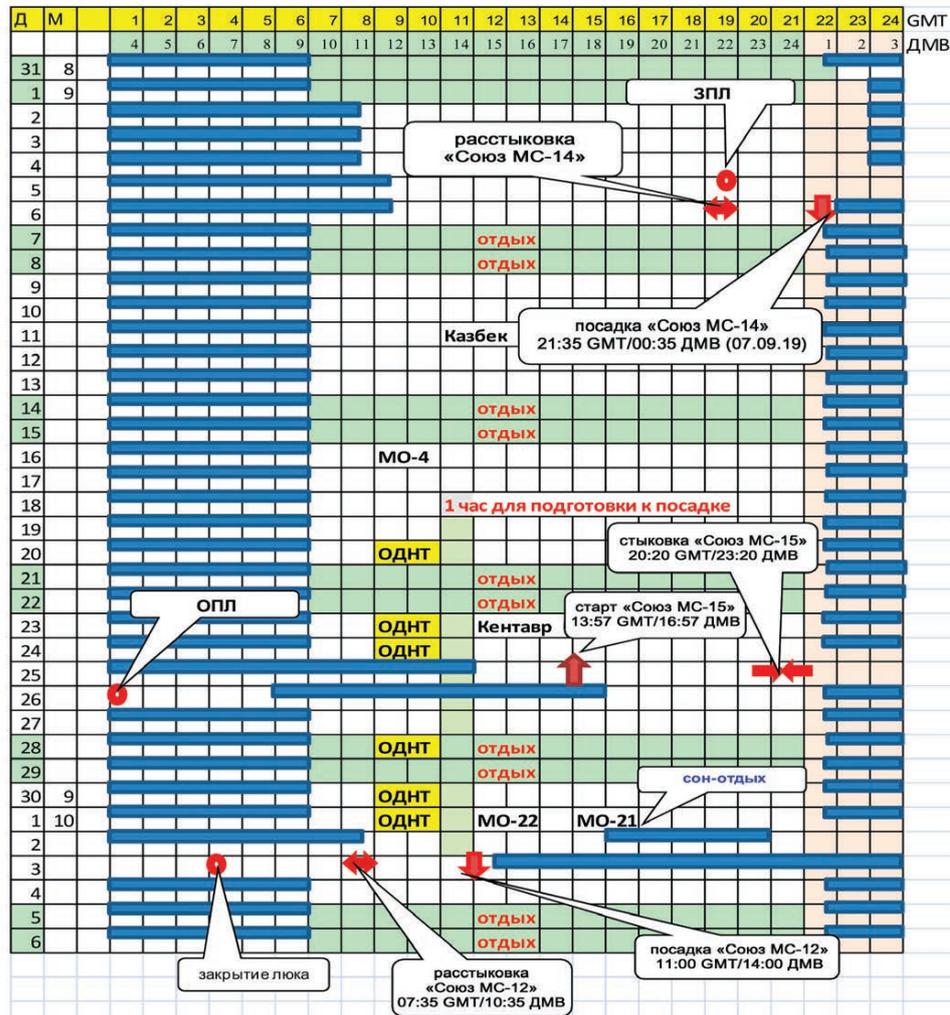


Рис. 2. РТО заключительного этапа MKS-60

Общее полетное время у БИ-4/КЭ составило 202 суток, из которых планировались 141 рабочий день и 61 день отдыха. Фактически, по сообщениям с борта и данным специалистов ГОГУ, из 61 дня отдыха у БИ-4/КЭ было всего 15 полноценных дней отдыха, когда время работы не превышало 2 часов; 22 неполных дня отдыха, когда фактическая продолжительность работ составляла от 2 до 4 часов. При этом 24 дня, 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 70 часов за весь полет. Фактическое время выполнения плановых и дополнительных работ в дни отдыха в общем составило 211,5 часа. Из них на ра-

боты и эксперименты по программе Task List в дни отдыха фактически было затрачено 91,5 часа, при планировании Task List в дни отдыха 137 часов. На выполнение заданий по Task List в рабочие дни планировалось 292,5 часа, фактически было затрачено 121,5 часа.

За весь полет на проведение всех дополнительных работ (по указанию Земли, на работы с увеличением планового времени, по инициативе экипажа, по Task List) КЭ затратил 325,5 часа, что равноценно 50 рабочим дням при плановой рабочей нагрузке 6,5 часа в день.

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-12»: 14.03.19 г.;
- перед и во время проведения ВКД-46: 29.05–30.05.19 г.;
- при проведении ОДНТ-тренировок: 20.09.19 г.; 23.09.19 г.; 24.09.19 г.; 28.09.19 г.; 30.09.19 г.; 01.10.19 г.;
- во время расстыковки и спуска на Землю ТПК «Союз МС-12»: 03.10.19 г.;
- при проведении научных экспериментов:
  - МБИ-39 «ДАН»: 08.01.19 г.; 30.01.19 г.; 03.04.19 г.; 13.05.19 г.; 13.06.19 г.; 13.08.19 г.
  - МБИ-33 «Биокард»: 11.04.19 г.; 12.06.19 г.; 16.08.19 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.

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.

Во время частных медицинских конференций российского врача экипажа 23.07.19 г. и 24.09.19 г. КЭ отмечал появление ощущения «сухости глаз», сопровождающееся слезотечением, связывал это с пониженной влажностью воздуха. Утром после пробуждения отмечал сухость во рту. Данные обстоятельства, со слов КЭ, не препятствовали качественному выполнению работ. 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 ТКК и ТК № 743. При повышении уровня CO<sub>2</sub> до 3 мм рт. ст. включались поглотительные патроны в РС МКС.

Во время частной медицинской конференции российского врача экипажа 16.03.19 г. БИ-4 отметил, что в ТПК «Союз МС-12» было жарко, влажно и душно; практически весь полет был 21 % влажности, только ближе к стыковке стало около 14 %.

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

### **Замечания по работе СОЖ, СОГС и СТР**

Датчик CO<sub>2</sub> газоанализатора ГЛ 21-06 в СМ демонтирован (28.05.18 г.) в связи с неработоспособностью; планируется замена после доставки.

СОА «Воздух» была отключена, 17.04–19.04.19 г. проводилась плановая замена блока очистки атмосферы (БОА), после чего система была включена в работу и функционирует штатно.

Периодически фиксировались срабатывания датчиков дыма в РС МКС. По докладам экипажа запаха гари, дыма и других признаков возгорания обнаружено не было, проводился анализ воздуха газоанализатором CSA-CP – показания были в норме. Срабатывание сигнализации расценивалось как ложное, вероятно, было связано с увеличением количества пыли при работах экипажа за панелями и при чистке вентиляционных решеток.

05.04.19 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.

09.04.19 г. во время занятий на беговой дорожке Т2 в АС МКС вновь произошло срабатывание датчиков дыма. ЦУПом-Х принято решение временно отключать их на время тренировок на Т2 и включать в ночное время.

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.

08.08.19 г. проведена замена УОВ «Поток 150МК» в СМ, с 11.08.19 г. работала в автоматическом режиме.

### ***Радиационная обстановка на МКС***

За время полета РО внутри станции оставалась спокойной.

Накопленная поглощенная доза за полет у КЭ (БИ-4) составила 6,37 сГр (6370 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».

Во время выполнения ВКД проводился контроль радиационной безопасности экипажа с использованием датчиков дозиметра «Пилле-МКС».

Замена карты памяти дозиметра «Пилле-МКС» проведена 21.06.19 г., установлена карта 33–016 (00073230R). Укладка карты памяти 32–016 (00071943R) возвращена на ТПК № 741 (МКС-59).

### ***Санитарно-гигиеническое состояние МКС***

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.

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

03.07.19 г. КЭ сообщил, что при продувке вентилятора ноутбука RSS1 в нем обнаружилось большое количество пыли.

16.07.19 г. КЭ сообщил, что бортовой пылесос работает плохо, с малой мощностью, «обороты гуляют». Если мощность увеличивается до нормальной, появляется специфический запах, как будто «щетки подгорают».

17.07.19 г. был проведен тест с заменой шнура питания – изменений в работе пылесоса не произошло. Экипажу было рекомендовано использовать старый пылесос, однако со слов КЭ он очень шумный.

26.08.19 г. КЭ сообщил, что обнаружил в ПрК текущую ЕДВ-У. Вытекающая жидкость – густая, зеленоватая. Поверхности, на которые попали капли

жидкости, очищены салфетками для поверхностей. ЕДВ-У и использованные салфетки упакованы в двойной КБО и полиэтиленовый пакет. При проведении работ КЭ использовал СИЗ – очки, респираторы, нитриловые перчатки.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа на протяжении всего полета БИ-4/КЭ санитарно-гигиеническую обстановку на станции в основном оценивал как комфортную. Для защиты органа слуха в период сна в начале полета использовал индивидуальные наушники с активным подавлением шума, затем мягкие беруши желтого цвета.

16.03.19 г. БИ-4 отметил, что в РС МКС «много пыли, а дверь каюты изнутри какая-то серая, вся в старых, въевшихся разводах». БИ-4 спит в каюте по правому борту СМ. Для сна использовал наушники с активным шумоподавлением.

26.03.19 г. БИ-4 сообщил, что «с вентиляцией своей каюты еще не разобрался, руки в выходные не дошли».

26.06.19 г. КЭ сообщил, что в ночное время регулярно использует мягкие беруши. Индивидуальные беруши не использовал. Пробовал их днем, но к концу дня возникают неприятные ощущения от давления на стенки уха.

Беруши начал использовать примерно через 3 недели с момента прилета на МКС. Первоначально использовал наушники с активным шумоподавлением, но утром ощущал давление на ушные раковины и связанные с этим неприятные ощущения.

01.10.19 г. космонавты отметили достаточно стесненные условия жизнедеятельности в связи с работой на РС МКС четырех человек.

Определение индивидуальной акустической нагрузки проводилось за дневной и ночной периоды времени с использованием акустического монитора в режиме акустической дозиметрии.

Место сна БИ-4/КЭ на момент проведения исследований – правая каюта СМ.

Статические измерения эквивалентных уровней звука за дневной и ночной периоды выполнены в следующих модулях МКС:

- ФГБ (при закрытой панели 402);
- МИМ2 (середина модуля по центральной оси);
- СМ (внутри АСУ);
- СО1 (при закрытой панели п. 202).

Анализ полученных данных показал:

1. На рабочих местах в СМ РС уровни звука превышали допустимые значения на 1,0–5,1 дБА с максимальным значением в районе СОА «Воздух». По сравнению с предыдущими замерами от 10.03.2019 г. уровни звука на рабочих местах СМ повысились на 1,1–3,5 дБА, максимально в районе медицинского шкафа.

2. В каютах СМ РС уровни звука превышали допустимые значения на 2,1–4,6 дБА. По сравнению с предыдущими замерами от 10.03.2019 г. уровни звука в каютах повысились на 1,8 дБА в правой каюте, а в левой каюте практически не изменились.

В СМ РС МКС уровни звука имели тенденцию к повышению как на рабочих местах на 1,1–6,2 дБА, так и в каютах до 1,8 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 23.06.19 г. бактерии были обнаружены в 13 из 16 исследованных зон. Количественный уровень обсемененности воздушной среды представителями бактериальной флоры колебался от 20 до 90 колониеобразующих единиц (КОЕ) в  $1 \text{ м}^3$ , что не превышало регламентируемый SSP 50260 MORD уровень для бактерий, равный 1000 КОЕ в  $1 \text{ м}^3$ .

Плесневые формы грибов были обнаружены в 1 из 16 исследованных зон. Содержание микромицетов в воздушной среде находилось в пределах от 100 КОЕ в  $1 \text{ м}^3$ , что не превышало регламентируемый SSP 50260 MORD уровень для плесневых форм грибов, равный 100 КОЕ в  $1 \text{ м}^3$ .

По результатам контроля санитарно-эпидемиологического состояния от 23.06.19 г. бактерии были обнаружены на всех исследованных поверхностях интерьера и оборудования из 24, и их содержание колебалось в пределах от  $5,0 \times 10^1$  до  $3,5 \times 10^3$  КОЕ на  $100 \text{ см}^2$ , что не превышало нормативный показатель, регламентируемый SSP 50260 MORD, равный  $1,0 \times 10^4$  КОЕ на  $100 \text{ см}^2$ .

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

### ***Питание и водопотребление***

На всем протяжении полета у космонавта замечаний по питанию и водопотреблению не было. 06.08.19 г. КЭ сообщил, что использует буфетную систему, питаясь в соответствии со своим рационом. Продукты питания на МКС в достаточном количестве. КЭ отмечает отличное качество продуктов питания в контейнерах ДНП и ДНП-ПП. 17.09.19 г. КЭ с удовлетворением отметил большой ассортимент имеющихся в распоряжении экипажа приправ, соусов, а также наличие меда.

### ***Использование средств профилактики***

БИ-4/КЭ планировались инструктаж экипажа, разбор видео по тренажеру ARED (17.03.19 г.), ознакомительные занятия на ВБ-3М (1 час 18.03.19 г.) и БД-2 (1 час 19.03.19 г.).

С 20.03.19 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/ARED (с чередованием), за исключением дней проведения МБИ-26 «Мотокард» и МБИ-32 «Профилактика-2».

В связи с изменением графика работ и сдвигом РТО для обеспечения стыковки ТК № 743 ФТ не планировались 24.08.19 г. и оперативно отменены 25–27.08.19 г.

С 08.09.19 г. в соответствии с требованиями на заключительном этапе полета и рекомендациями специалистов планировались двухразовые тренировки на бегущей дорожке БД-2 с заменой через день одного занятия тренировкой на ARED и ОДНТ-тренировки (с 20.09.19 г.).

Профилактическое изделие «Браслет» не использовал (по данным РМС 16.03.19 г.).

Примерка и подгонка изделия «Кентавр» 23.09.19 г. у КЭ и БИ-5 проведена без замечаний.

По ежедневным докладам ФТ в основном выполнял в полном объеме. 22.03.19 г. БИ-4 отметил, что обувь для занятий в комплекте КОР-01-Н была удобной.

По данным частных медицинских конференций российского врача экипажа, на протяжении всего полета физические тренировки БИ-4/КЭ выполнял согласно плану, бортовой документации и рекомендациям специалистов.

19.03.19 г. БИ-4 провел ознакомительные занятия на БД-2 и велоэргометре.

26.03.19 г. в частной конференции со специалистами по физическим тренировкам БИ-4 отметил, что после использования КОР было не тяжело выполнять тест МО-3, однако он не считает, что тренировки с КОР являются заменой тренировок на БД-2.

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

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.

23.05.19 г. во время проведения МО-5 у КЭ произошло складывание педалей велотренажера. БИ-4 сообщил: «У нас педали на велосипеде сложились». КЭ: «Это часто бывает, педали в параллель встают, т.е. параллельно, и крутить нельзя». Информация передана кураторам оборудования (РКК «Энергия»). Экипажу была отправлена радиограмма с рекомендациями по устранению поворота правого шатуна велотренажера ВБ-3М.

## 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; контролировала 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  
NASA – космическое агентство США  
JAXA – Японское космическое агентство  
БИ – бортовой инженер  
КЭ – командир экипажа  
ТПК – транспортный пилотируемый корабль  
ТГК – транспортный грузовой корабль  
ДМВ – декретное московское время  
GMT – время Гринвичского меридиана  
МИМ1 – малый исследовательский модуль 1  
МИМ2 – малый исследовательский модуль 2  
АО СМ – агрегатный отсек служебного модуля  
РС МКС – российский сегмент МКС  
СК – скафандр  
ВКД – внекорабельная деятельность

EMU – американский скафандр для ВКД  
ОВЛ – открытие выходного люка  
ЗВЛ – закрытие выходного люка  
РТО – режим труда и отдыха  
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  
ФТ – физические тренировки  
СА – спускаемый аппарат  
БО – бытовой отсек  
ГОГУ – Главная оперативная группа управления  
ISS MORD – документ требований к медицинским операциям МКС

ОДНТ – отрицательное давление на низ тела	$\text{PH}_2\text{O}$ – парциальное давление паров воды
МБИ – медико-биологические исследования	ОВ % – относительная влажность воздуха
ГМО – группа медицинского обеспечения	ТСА – температура в спускаемом аппарате в градусах Цельсия
СМ – служебный модуль	ТБО – температура в бытовом отсеке в градусах Цельсия
ФГБ – функционально-грузовой блок	CSA-CP – американский анализатор состава атмосферы
СО1 – стыковочный отсек	ЕДВ – емкость для воды
СОТР – система обеспечения терморегулирования	БРП – блок раздачи и подогрева
КОХ – контур охлаждения	БРП-М – блок раздачи и подогрева воды модернизированный
РРЖ – регулятор расхода жидкости	РО – радиационная обстановка
СКВ – система кондиционирования воздуха	АСУ – ассенизационно-санитарное устройство
БМП – блок удаления микропримесей	ИПД – индикаторный пробоотборник Дрейгера
СРВ-К2М – система регенерации воды из конденсата	СПН – сменная панель насосов
СОА «Воздух» – система очистки атмосферы	КОБ – контур обогрева
СКО «Электрон-ВМ» – система обеспечения кислородом	СОЖ – система обеспечения жизнедеятельности
УОВ «Поток 150МК» – устройство очистки воздуха	ПДУ – предельно допустимый уровень
РВР – ремонтно-восстановительные работы	МО – медицинская операция
ТМ – телеметрия	БД-2 – бегущая дорожка РС МКС
ДРО – общее давление в рабочем отсеке служебного модуля	ARED – силовой тренажер АС МКС
ДПХО – общее давление в переходном отсеке служебного модуля	ВБ-3М – велоэргометр бортовой
РОБД – рабочий отсек большой диаметр	ИМБП – Институт медико-биологических проблем
ДСА – давление в спускаемом аппарате	ЦПК – Центр подготовки космонавтов
ДБО – давление в бытовом отсеке	ТНК-У-1М – российский тренировочно-нагрузочный костюм для бегущей дорожки
$\text{PO}_2$ – парциальное давление кислорода	Harness – американский тренировочно-нагрузочный костюм для бегущей дорожки
$\text{PCO}_2$ – парциальное давление углекислоты	