

Ж У Р Н А Л      Д Л Я      П Р О Ф Е С С И О Н А Л О В

# Н О В О С Т И К О С М О Н А В Т И К И

ИЮЛЬ 2018    .....

07 (426)



ISSN 1561-1078  
9 771561 107002 >



РОСКОСМОС

# НОВОСТИ КОСМОНАВТИКИ

ЖУРНАЛ ГОСКОРПОРАЦИИ РОСКОСМОС

Основан в августе 1991 г.  
Марининым И. А. в компании «Видеокосмос».  
Издается ЦНИИ машиностроения

## Редакционный совет:

**Н. Н. Севастьянов** –и.о. первого заместителя руководителя  
Госкорпорации «РОСКОСМОС»,**А. В. Головкин** –заместитель главнокомандующего ВКС –  
командующий Космическими войсками,**О. А. Горшков** –

генеральный директор ФГУП ЦНИИмаш,

**В. А. Джанибеков** –

президент АМКос, летчик-космонавт,

**Н. С. Кирдодя** –

вице-президент АМКос,

**В. В. Ковалёнок** –

президент ФКР, летчик-космонавт,

**И. А. Маринин** –

главный редактор «Новостей космонавтики»,

**Р. Пишель** –

глава представительства ЕКА в России,

**Б. Б. Ренский** –

директор «R&amp;K»,

**В. А. Шабалин** –генеральный директор  
ООО «СИНТЕЗ»

## Редакционная коллегия:

**Главный редактор:** Игорь Маринин**Обозреватель:** Игорь Лисов**Редакторы:** Игорь Афанасьев,  
Андрей Красильников, Евгений Рыжков**Редактор ленты новостей:**

Александр Железняков

**Дизайн и верстка:**

Олег Шинькович, Татьяна Рыбасова

**Литературный редактор:**

Алла Сеницына

**Администратор:**

Юлия Сергеева

**Подписка на НК:**

по каталогу «Почта России» – 12496

по каталогу «Книга-Сервис» – 18496

через агентство «Урал-Пресс» (495) 961-23-62

**Юридический адрес редакции:**

Москва, ул. Щепкина, д. 42

**Адрес редакции для писем:**

141070, Московская обл., г. Королёв,

ул. Пионерская, д. 4

Телефоны: +7 (926) 997-31-39

+7 (495) 513-46-13

E-mail: LisovIA@tsniimash.ru

ShinkovichOA@tsniimash.ru

Web: www.novosti-kosmonavтики.ru

Тираж 1500 экз. Цена свободная

Отпечатано ИП Мосина В.Г.

Подписано в печать 03.07.2018

Журнал издается с августа 1991 г.

Зарегистрирован в Роскомнадзоре

ПИ №ФС77-71201

№07 (426)

2018

Информационный период  
1–31 мая 2018 г.

ТОМ 28

## В номере:

### ГЛАВНОЕ

**1** Рыжков Е.  
Новый руководитель  
Роскосмоса

### ПОКА ВЕРСТАЛСЯ НОМЕР

**2** Железняков А., Извеков И.  
Пока верстался номер...

### ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

**4** Красильников А., Хохлов А.  
Полет экипажа МКС-55.  
Май 2018 года**14** Красильников А.  
EVA-50: замена Frosty на Leaky,  
или Забытая карта памяти  
для видеокамеры**16** Афанасьев И.  
Троица ушла в свободный полет**17** Красильников А.  
«Джеймс Томпсон» на «Антаресе»  
с подержанной ступенью**19** Мохов В., Афанасьев И.  
На уровне пикокельвинов.  
Грузы Cygnus OA-9

### КОСМОНАВТЫ. АСТРОНАВТЫ. ЭКИПАЖИ

**24** Рыжков Е.  
Экипажи МКС-56/57  
завершили подготовку в ЦПК**28** Рыжков Е.  
О космонавтах и астронавтах

### ПИЛОТИРУЕМАЯ ТЕХНИКА

**30** Афанасьев И.  
Американский киловатт  
для напланетных исследований**32** Афанасьев И.  
Портал на окололунной орбите:  
не все одобряют

### ЗАПУСКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

**34** Лисов И.  
APStar-6C для гонконгского  
оператора**37** Лисов И.  
Новый руководитель CNSA**38** Лисов И.  
InSight и два MarCO  
ушли к Марсу**44** Лисов И.  
Комплексная лаборатория  
«Гаофэнь-5»**47** Афанасьев И.  
SpaceX: первый полет  
«финальной версии»**49** Лисов И.  
«Сорочий мост» и два «Амура»**55** Рыжков Е.  
Геофизические близнецы  
плюс пять «химических  
элементов»

### СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ

**58** Афанасьев И.  
Последняя модификация Falcon 9?**62** Лисов И.  
OneSpace выходит на старт**63** Афанасьев И.  
RL10 будет стоять на «Вулкане»

### КОСМОС – ЗЕМЛЯНАМ

**64** Афанасьев И.  
Цифровой космос

### КОСМИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ

**68** Лисов И.  
«Юэгуань-1»:   
годовой эксперимент завершен

### МЕЖПЛАНЕТНЫЕ СТАНЦИИ

**72** Афанасьев И.  
Навигация и флуоресценция  
в рентгеновском диапазоне**73** Афанасьев И.  
Коптер для Марса

На первой странице обложки: Посадочный аппарат InSight на Марсе.  
Рисунок NASA

На четвертой странице: PH Antares 230 с грузовым кораблем Cygnus  
на старте. Фото NASA

© Перепечатка материалов только с разрешения  
редакции. Ссылка на НК при перепечатке или использовании  
материалов собственных корреспондентов обязательна

Ответственность за достоверность опубликованных  
сведений, а также за сохранение государственной и других  
тайн несут авторы материалов. Точка зрения редакции  
не всегда совпадает с мнением авторов.

# Новый руководитель Роскосмоса

24 мая Указом №261 Президента России Владимира Путина генеральным директором Госкорпорации «Роскосмос» назначен Дмитрий Олегович Рогозин



Д.О. Рогозин родился 21 декабря 1963 г. в Москве в семье крупного организатора советской оборонной промышленности и военной науки генерал-лейтенанта О. К. Рогозина.

В 1986 г. окончил международное отделение факультета журналистики МГУ имени М.В. Ломоносова (с отличием), а в 1988 г. – экономический факультет Университета марксизма-ленинизма при МГК КПСС (с отличием). Работал в Комитете молодежных организаций СССР, в 1990–1994 гг. являлся вице-президентом аналитического центра «РАУ–Корпорация».

В 1994–1997 гг. Д.О. Рогозин был председателем исполкома Международного конгресса русских общин. В марте 1997 г. он был

24 мая Президент России В.В. Путин встретился с Д. О. Рогозиным, ушедшим в отставку после назначения нового правительства с должности заместителя Председателя Правительства Российской Федерации. Встреча прошла на полях Петербургского международного экономического форума. Президент предложил Дмитрию Олеговичу возглавить Государственную корпорацию по космической деятельности «Роскосмос» и лично реализовать его предложения по ее укреплению и развитию.

*В. В. Путин:* Дмитрий Олегович, мы с Вами многократно, давно уже обсуждали вопросы развития компании «Роскосмос»; насколько она важна для экономики, для многих других направлений, в том числе в сфере безопасности, – говорить не нужно, это само собой разумеется.

Вы мне докладывали и предложения по укреплению и развитию этой компании. Мы с Вами их неоднократно обсуждали. Есть замеча-

тельная возможность в качестве руководителя этой компании начать осуществление всех предложенных Вами же планов развития компании «Роскосмос».

*Д. О. Рогозин:* Уважаемый Владимир Владимирович! Сделаю всё возможное и необходимое для того, чтобы оправдать Ваше доверие. Действительно, я прекрасно понимаю, что ракетно-космическая промышленность и в целом все эти отрасли, которые тесно связаны с ней, – микроэлектроника, новые материалы, – это, по сути дела, то, о чем Вы заявляете как о перспективе развития нашей страны. Одно рабочее место в космической промышленности автоматически создает девять рабочих мест в стране. Поэтому ответственность огромная. Еще раз хочу сказать: сделаю всё, чтобы справиться с этой задачей.

*В. В. Путин:* Надо посмотреть в том числе и на укрепление команды, с тем чтобы эту, по сути, целую отрасль возглавляли люди, которые изнутри знают, как она устроена. Это

избран депутатом Государственной Думы и оставался им в течение трех созывов, до 2007 г. В разное время являлся заместителем председателя Государственной Думы (2003–2004), заместителем председателя Комитета по безопасности, председателем Комитета по международным делам, руководителем делегации Федерального Собрания РФ в Парламентской ассамблее Совета Европы, руководителем фракции «Родина». Одновременно в период с 2002 по 2004 г. являлся специальным представителем Президента Российской Федерации по проблемам Калининградской области, связанным с расширением Европейского Союза.

С января 2008 по декабрь 2011 г. Д.О. Рогозин работал постоянным представителем России при Организации Североатлантического договора в Брюсселе, а с февраля 2011 по апрель 2012 г. являлся также специальным представителем Президента РФ по взаимодействию с НАТО в области противоракетной обороны.

23 декабря 2011 г. Д.О. Рогозин был назначен заместителем Председателя Правительства РФ, а 17 января 2012 г. также председателем Военно-промышленной комиссии (ВПК) при Правительстве РФ. С 10 сентября 2014 г. в связи с ее реорганизацией и прямым подчинением Президенту РФ занимал должность заместителя председателя ВПК Российской Федерации и председателя Коллегии ВПК РФ.

21 марта 2012 г. Д.О. Рогозин был назначен специальным представителем Президента по Приднестровью, начиная с 15 февраля 2012 г. является первым заместителем председателя организационного комитета «Победа», а с 26 июня 2012 г. – председателем Морской коллегии при Правительстве РФ.

Дмитрий Олегович – доктор философских наук (специальность «Философия и теории войн») и доктор технических наук (специальность «Теория вооружения, военно-техническая политика, система вооружения»). Является автором ряда книг по вопросам военной стратегии и политики и главным редактором глоссария «Военная терминология «Война и мир в терминах и определениях» в редакциях 2004 и 2011 г. В 1998 г. преподавал специальный курс «Национальная безопасность» в Академии Генерального штаба Вооруженных сил РФ.

Имеет две благодарности Президента РФ. За освобождение заложников из плена террористических группировок на территории Чеченской Республики в 1996–1999 гг. награжден именованным орденом.

Имеет дипломатический ранг Чрезвычайного и Полномочного Посла РФ.

Женат, имеет сына и троих внуков. ■

должны быть хорошие специалисты, высококлассные ученые, организаторы. Мы с Вами об этом еще поговорим...

В тот же день Президент РФ Владимир Путин подписал указ № 260, которым освободил Игоря Анатольевича Комарова от должности генерального директора ГК «Роскосмос», и указ № 261 «О генеральном директоре Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос», которым Дмитрий Рогозин был назначен руководителем Роскосмоса. Указ вступил в силу со дня его подписания.

О новом месте работы И.А. Комарова, руководившего космической отраслью России с января 2015 г. по май 2018 г., не сообщалось.

Указом от 22 мая 2018 г. № 222 заместителем Председателя Правительства РФ, курирующим российский оборонно-промышленный комплекс, был назначен Юрий Иванович Борисов, ранее работавший заместителем министра обороны РФ.

# ПОКА ВЕРСТАЛСЯ НОМЕР...



**27 июня** с космодрома Сичан (КНР) осуществлен пуск РН «Чанчжэн-2С», которая вывела на околоземную орбиту два спутника для отработки новых космических технологий дистанционного зондирования Земли и межспутниковой связи.

**27 июня** японский зонд «Хаябуса-2» после трехлетнего странствия в космосе достиг цели и вошел в зависание на расстоянии 20 км от астероида Рюгу.



**22 июня** поступила информация, что член коллегии Военно-промышленной комиссии (ВПК) РФ Олег Фролов назначен исполнительным директором Роскосмоса по реализации оборонных программ.

**22 июня** было объявлено, что исполняющим обязанности заместителя генерального директора Госкорпорации «Роскосмос» по административной работе с 19 июня 2018 г. назначен Иван Харченко.

**21 июня** стало известно, что Совет РАН по космосу рекомендовал Роскосмосу перенести с 2019 на 2021 г. запуск межпланетной станции «Луна-25», программа которой предусматривает отработку мягкой посадки в южнополярной области Луны. Решение обусловлено риском неготовности навигационного прибора БИБ к запуску в 2019 г. и неблагоприятными баллистическими условиями для выхода на полярную орбиту в период до июня 2021 г.

В докладе на Совете по космосу заместитель председателя Совета РАН по космосу академик Л. М. Зелёный сообщил, что запуск орбитального КА «Луна-26» планируется на 2022 г., а посадочной миссии «Луна-27» – на 2023 г. За пределами действующей Федеральной космической программы на 2016–2025 гг. рассматривается возможность запуска «Луны-28» для доставки криогенных проб грунта из южной полярной области.

**21 июня** поступило сообщение, что специалисты РКК «Энергия» запатентовали систему хранения и подачи йода для перспективного электроракетного двигателя, который планируется испытать в 2022 г. на борту МКС и на грузовом корабле «Прогресс».

**21 июня** исполнилось 60 лет летчику-космонавту РФ, Герою Российской Федерации Геннадию Ивановичу Падалке, являющемуся мировым рекордсменом по суммарной длительности космических полетов.

**21 июня** стало известно, что Россия и ОАЭ рассматривают возможность регулярных полетов эмиратских космонавтов на МКС на российских кораблях семейства «Союз» после 2020 г. К этому времени астронавты США, Канады, ЕКА и Японии будут доставляться на МКС американскими космическими кораблями и освободятся места на российских ТПК «Союз МС». Уже достигнута договоренность об одном краткосрочном полете представителя ОАЭ, и продолжают переговоры сразу о серии полетов длительностью 30–40 суток.

**20 июня** исполнительный директор по пилотируемым космическим программам Роскосмоса Сергей Крикалёв и генеральный директор Космического центра ОАЭ имени Мухаммеда бен-Рашида доктор Юсуф Хамад аш-Шайбани подписали соглашение о начале оказания услуг по десятидневному полету на МКС космонавта ОАЭ в апреле 2019 г.

**20 июня** с борта МКС был запущен британский микроспутник RemoveDebris, главная задача которого – отработка сбора элементов космического мусора для их последующего уничтожения в атмосфере Земли.



**20 июня** состоялось заседание Общественного совета Госкорпорации «Роскосмос»: рассматривался законопроект о внесении изменений в отдельные законодательные акты России по совершенствованию правового регулирования вопросов, связанных с использованием районов падения отдельных частей ракет космического назначения. В заседании участвовали представители Минобороны, МЧС, Минприроды, Росприроднадзора, РАН, Алтайского края, Амурской области и Республики Саха (Якутия), на территории которых уже созданы районы падения. Высказанные в ходе заседания предложения будут проработаны рабочей группой по подготовке законопроекта, созданной в Госкорпорации при участии представителей заинтересованных сторон. Кроме того, был заслушан доклад о продолженной работе Международного фонда поддержки авиации и космонавтики.

**20 июня** правительство США представило новый план действий, призванный способствовать усилению защиты Земли от астероидов, которые могут представлять для нее опасность. Двадцатистраничный документ обнародовала специальная межведомственная рабочая группа, созданная ранее Национальным советом по космосу и технологиям, действующим при Белом доме.

**19 июня** Наблюдательный совет Международной академии астронавтики принял решение о награждении коллективной наградой «Лавровый венок-2018» международного научного коллектива эксперимента «Марс-500» по имитации полета на Красную планету. Это научный руководитель ИМБП Анатолий Григорьев, директор института Олег Орлов, сотрудники ИМБП Марк Белаковский, Евгений Дёмин, Александр Суворов, Вадим Гушин, заместитель руководителя Роскосмоса Сергей Савельев, заместитель руководителя ЦПК имени Ю. А. Гагарина Максим Харламов, гендиректор НПП «Звезда» Сергей Поздняков и генеральный конструктор РКК «Энергия» Евгений Микрин, а также Петер Греф (DLR), Дженнифер Нго-Ан (ЕКА), Ли Инхуэй (Китайский центр космонавтов), Уильям Палоски и Игорь Савелев (NASA).

**19 июня** стало известно, что в РКК «Энергия» разработали «ткань» для микрометеороидной защиты трансформируемых надувных модулей, которая выдерживает попадание объектов диаметром до 1 см.

**19 июня** Ракетно-космическая корпорация «Энергия», головной разработчик РН «Союз-5», сообщила, что готова сделать специальную модификацию носителя для комплекса «Морской старт».

**18 июня** президент США Дональд Трамп подписал директиву, инициирующую реализацию программы регулирования полетов космических аппаратов на околоземной орбите. Саму программу в общих чертах представил в середине апреля на 34-м космическом симпозиуме в Колорадо-Спрингс (штат Колорадо) вице-президент США Майкл Пенс. За Минобороны США остается обязанность вести каталог космических объектов. Оповещать как госструктуры, так и частный сектор о перемещении космического мусора и об угрозах его столкновения с американскими КА будет Министрство торговли США, а за «международную транспарентность» в регулировании космического движения будет отвечать Госдепартамент.

**16 июня** с космодрома Плесецк осуществлен пуск РН «Союз-2.1Б» с разгонным блоком «Фрегат» и навигационным спутником «Глонасс-М». Пуск успешный, аппарат выведен на расчетную орбиту. После запуска КА получил официальное наименование «Космос-2527».

Более подробно о событиях, отмеченных красным цветом, читайте в следующем номере «Новостей космонавтики».

**16 июня** Президент России В.В. Путин встретился с первой женщиной-космонавтом Валентиной Терешковой и поздравил ее с 55-летием полета в космос в качестве пилота корабля «Восток-6».

В тот же день в селе Никульское Ярославской области первый заместитель министра обороны Руслан Цаликов вручил В.В. Терешковой ведомственную медаль «За укрепление боевого содружества».

**15 июня** стало известно, что астронавт NASA Пегги Уитсон, первая женщина – командир МКС, выходит в отставку в возрасте 58 лет. На счету Уитсон – мировой рекорд по суммарному времени космических полетов среди американцев (665 сут 22 час 23 мин), мировой рекорд по продолжительности полета среди женщин (289 сут 05 час 01 мин 29 сек), а также женский рекорд по выходам в открытый космос: Пегги работала за бортом станции 11 раз и провела в открытом космосе в общей сложности 66 час 17 мин.

**15 июня** генеральный директор Госкорпорации «Роскосмос» Д.О. Рогозин и президент Национального центра космических исследований (CNES) Франции Жан-Ив Ле Галль встретились в резиденции посла Франции и обсудили перспективы сотрудничества. Результатом встречи стало подписание соглашения, которое позволит развивать взаимоотношения двух космических держав.

**14 июня** мяч, возвращенный с МКС на Землю Антоном Шкаплеровым, был использован в церемонии открытия Чемпионата мира по футболу в Москве.

**14 июня** астронавты NASA Эндрю Фэйстел и Ричард Арнольд успешно совершили плановый выход в открытый космос (400-й в мире), проработав на внешней поверхности МКС 6 час 49 мин.

**12 июня** с японского космодрома Танэгашима произведен пуск ракеты-носителя H-IIA, которая вывела на орбиту разведывательный спутник IGS Radar №6.

**8 июня** в рамках визита в КНР Президента РФ В.В. Путина был подписан Меморандум о взаимопонимании между Госкорпорацией «Роскосмос» и Китайской национальной космической администрацией о сотрудничестве в области исследования Луны и дальнего космоса.

**8 июня** заместитель администратора NASA по пилотируемым программам Билл Герстенмайер заявил, что NASA рассматривает привлекать международных партнеров и их астронавтов и космонавтов для полетов на создаваемом американском космическом корабле Orion.

**8 июня** корабль «Союз МС-09» с экипажем новой длительной экспедиции на МКС причалил к российскому модулю «Рассвет».

**7 июня** президент Турции Реджеп Тайип Эрдоган заявил о намерении своей страны развивать космические исследования вплоть до отправки в космос турецкого астронавта.

**7 июня** стало известно, что работа американской АМС Juno на орбите вокруг Юпитера

продлена до конца 2021 г. Это поможет выполнить все основные задачи, а также провести исследования в дальних частях магнитосферы Юпитера и в его магнитопаузе.

**6 июня** с Байконура стартовал пилотируемый корабль «Союз МС-09» с экипажем в составе: С.В. Прокопьев (РФ), А.Герст (ФРГ) и С. Ауньон-Чэнселлор (США).



**6 июня** пришла информация, что NASA отказалось от создания лунохода Resource Prospector, предназначавшегося для оценки лунных ресурсов, в первую очередь льда, в интересах перспективной пилотируемой программы. Проект осуществлялся в Космическом центре имени Джонсона и находился на предварительной стадии проработки, включая изготовление и испытание наземного макета, но еще не был утвержден к реализации и не имел отдельного бюджетного финансирования. Разработчики надеялись, что луноход будет доставлен на Луну в 2022–2023 гг.

**5 июня** с космодрома Сичан (КНР) осуществлен успешный пуск РН CZ-3А с последним геостационарным метеоспутником первого поколения «Фэнъюнь-2Н».

**5 июня** исполняющий обязанности Аэрокосмического комитета Министерства обороны и Аэрокосмической промышленности Казахстана Баубек Оралмагамбетов заявил, что Российская Федерация выводит из аренды и передает Республике Казахстан всю инфраструктуру для запусков ракет «Зенит» на космодроме Байконур. Оформление документов пока не завершено и требует утверждения на межправительственном уровне.

«В настоящее время казахстанской стороной принято 212 объектов на 42-й, 43-й и 45-й площадках космодрома Байконур, что подтверждено актами приема-передачи и технического состояния, аналогичные документы еще по 31 объекту на вышеперечисленных площадках согласованы Казкосмосом и находятся на утверждении в Госкорпорации «Роскосмос» и Байконурском департаменте государственного имущества», – сообщил Оралмагамбетов.

Планируется, что после завершения передачи объектов казахстанская сторона приступит к их модернизации под разрабатываемую в России ракету-носитель среднего класса «Союз-5».

**4 июня** со Станции ВВС США «Мыс Канаверал» состоялся успешный пуск РН Falcon 9 с телекоммуникационным спутником SES-12.

**4 июня** спасательный отряд Тихоокеанского флота в составе спасательных буксиров «Фотий Крылов» и «Алатау», а также гидрографического судна «Антарктида» отработал в Японском море поиск и эвакуацию спускаемого аппарата космического корабля «Союз МС». Для большей эффективности поиска к осмотру морской акватории привлекалась морская авиация.

Самолет Ан-26 на аэродроме Кневичи принял на борт группу спасателей и вылетел в точку предполагаемого нахождения объекта, который, по сценарию учений, совершил посадку в море после аварии 3-й ступени РН. После обнаружения спасательная парашютно-десантная группа десантировалась со штатными плавсредствами и провела первичный осмотр объекта. Во время тренировки специалисты отработали буксировку спускаемого аппарата и подъем его на палубу судна.

**3 июня** стало известно, что компания SpaceX отложила с конца 2018 г. до середины 2019 г. первый коммерческий запуск космического корабля семейства Dragon с людьми в облет Луны.



**3 июня** спускаемый аппарат корабля «Союз МС-08» с Антоном Шкаплеровым (РФ), Скоттом Тинглом (США) и Норисигэ Канаи (Япония) на борту совершил успешную посадку в казахстанской степи.

**2 июня** с китайского космодрома Цзюцзянь осуществлен пуск РН «Чанчжэн-2D», которая вывела на околоземную орбиту спутник ДЗЗ «Гаофэн-6», а в качестве попутного груза – экспериментальный наноспутник ДЗЗ «Лоцзя-1» №01.

Составители А. Железняков и И. Извеков

А. Красильников, А. Хохлов.  
«Новости космонавтики»  
Фото NASA и Роскосмоса  
и из архивов космонавтов и астронавтов

# Полет экипажа МКС-55

Май 2018 года

## Экипаж МКС-55:

**Командир** – Антон Шкаплеров  
**Бортинженер-1** – Олег Артемьев  
**Бортинженер-2** – Эндрю Фэйстел  
**Бортинженер-3** – Ричард Арнольд  
**Бортинженер-5** – Скотт Тингл  
**Бортинженер-6** – Норисигэ Канаи

## В составе станции на 01.05.2018:

**ФГБ «Заря»**  
**УМ Unity**  
**СМ «Звезда»**  
**ЛМ Destiny**  
**ШО Quest**  
**СО «Пирс»**  
**УМ Harmony**  
**ЛМ Columbus**  
**ЭМ Kibo**  
**МИМ-2 «Поиск»**

**УМ Tranquility**  
**ОМ Cupola**  
**МИМ-1 «Рассвет»**  
**МЦМ Leonardo**  
**НМ BEAM**  
**ТПК «Союз МС-07»**  
**ТПК «Союз МС-08»**  
**ТГК «Прогресс МС-08»**  
**ТГК Dragon (SpX-14)**

## «Дракон» задержался из-за погоды

Отлет грузового корабля Dragon (SpX-14) со станции планировался на 2 мая, однако из-за неблагоприятных погодных условий в районе приводнения в Тихом океане был перенесен на 5 мая.

1 мая астронавты проверили функционирование дисплеев и пультов управления канадским дистанционным манипулятором SSRMS на основном робототехническом рабочем месте RWS в Обзорном модуле Cupola и резервном – в Лабораторном модуле Destiny. Не обошлось без проблем: дисплеи на обоих RWS не показывали картинку. В модуле Destiny серые экраны привели в чувство перенаправлением видео, а в модуле Cupola на сообщения об отсутствии синхронизации ответили перезагрузкой питания.

В тот же день вследствие отсрочки даты посадки экипажу временно пришлось возвратиться из «Дракона» в морозильники на МКС результаты медико-биологических экспериментов, которые требуют определенных температурных условий хранения. 3 мая Скотт Тингл снова поместил их в грузовик.

4 мая в 16:43 UTC астронавты закрыли переходные люки между кораблем и Узловым модулем Harmony и установили четыре панели управления болтами CPA в механизме пристыковки CBM на нижнем порту модуля Harmony. После этого был разгерметизирован «вестибюль» (полость стыка) между двумя объектами. В 23:15 по командам специалистов ЦУПа в Сент-Юбере (провинция Квебек, Канада) и Хьюстоне (штат Техас, США) манипулятор SSRMS отсоединил «Дракона» от станции и затем перевел его в положение для отделения.

5 мая в 13:23:05 корабль отправился в автономный полет. Примечательно, что команда на отделение грузовика от манипулятора во второй раз в истории МКС выдава-

лась с Земли (впервые это было проделано в январе). Скотт контролировал процесс из модуля Cupola и был готов в любой момент вмешаться в него.

После отделения «Дракон» выдал три маневра увода от станции. В 18:06:26 по командам ЦУПа компании SpaceX в Хоторне (штат Калифорния) корабль выдал тормозной импульс для схода с орбиты длительностью 805 сек и величиной 113.8 м/с.

В 18:59 возвращаемый аппарат грузовика приводнился в Тихом океане в 618 км юго-западнее Лонг-Бича (штат Калифорния) в точке с координатами 30.0° с. ш., 122.9° з. д. 7 мая «Дракон» на судне NRC Quest был доставлен в порт Лонг-Бича.

## Земля рядом!

В мае в рамках эксперимента «Космокард» (изучение влияния факторов космического полета на электрофизиологические характеристики миокарда и на их связь с процессами вегетативной регуляции кровообращения) Антон Шкаплеров и Олег Артемьев в течение суток записывали электрокардиограмму (ЭКГ).

В интересах исследования «Альгометрия» россияне регистрировали порог болевой чувствительности методом механического раздражения в режимах термоальгометрии и тензоальгометрии после приема пищи.

Антон и Олег заполняли опросники для экспериментов «Взаимодействие-2» (изучение закономерностей поведения экипажа в длительном космическом полете) и «Контент» (дистанционный мониторинг психофизиологического состояния космонавтов, а также внутри- и межгруппового взаимодействия на основе количественного анализа деятельности экипажа по связи с подмосковным ЦУП).

«Понятие психологической совместимости в нашу жизнь пришло в 1960-е годы из

космической психологии. Фёдор Дмитриевич Горбов, первый руководитель отдела психологии ИМБП, придумал методику, которая применялась для оценки совместимости во время выполнения общей работы, – рассказал заведующий лабораторией Института медико-биологических проблем РАН Вадим Гушин. – Какое-то время она использовалась. А потом решили, что космонавты – профессионалы, они все могут вынести. И в общем это правда – они все выносят, все терпят. Им бывает непросто, когда нужно терпеть партнера.

## Носочки с силиконом

Как сообщил Антон Шкаплеров в «ВКонтакте», космонавты тестируют на станции перспективные космические носки, сшитые в Альметьевске.

«Они отличаются от обычных наличием специальных силиконовых подушечек именно на верхней части. Наверное, у многих на Земле есть похожие носки с подушечками на подошве. А нам они необходимы сверху, чтобы мягче было цепляться за поручни и другие выступающие элементы внутри станции, – написал он. – Это особенно актуально в начале полета, когда с непривычки побаливают ноги в подъеме. В скором времени такие носки будут поставяться на борт МКС для всех. Я же взял несколько пар для тестирования. Нам с Олегом они очень понравились». – А.К.



Три года мы ведем эксперимент «Контент» – исследуем содержание общения космонавтов с Землей. И можем сказать, что был период некоторое время назад, когда откровенно несовместимые люди оказались в одном экипаже. Мол, выкарабкаются. Могу сказать, что этот полет дался им очень непросто. Зачем это нужно было делать? Зачем усугублять и без того сложные условия работы на МКС? Сейчас научными данными администрация особенно не интересуется. Во многом мы работаем по стандартам 1980-х годов. И это грустно».

Он отметил, что космонавты, когда им нужно выплеснуть эмоции, разряжают напряжение в переговорах с наземными службами. «Иногда операторы специально подставляются. Есть такая стратегия в ЦУПе, – пояснил Вадим Игоревич. – Пока такое проходит и позволяет выполнять программу. Экипажи работают на околоземной орбите, нет задержки сигнала и других ограничений связи. Но как только пойдут межпланетные полеты, то вот такое отношение к подбору экипажа и переработкам космонавтов в полете не прокатит».

По его словам, в рамках «Контента» постановщики хотят сделать так, чтобы компьютер обрабатывал переговоры экипажа, отлавливал диагностически значимые слова и анализировал ситуацию. «Дежурные операторы ЦУПа в 90% случаев общаются с космонавтами идеально. А вот специалисты-инженеры, ученые – иногда не очень, – заметил Гушин. – С ними надо работать. Понятно, что без эксперта невозможно сделать заключение, в каком состоянии сейчас человек. Но компьютер может помочь – провести предварительный анализ».

Он отметил, что группа психологической поддержки экипажа старается компенсировать космонавтам то, что они недополучают на борту станции. «Есть большая библиотека аудио- и видеоматериалов. Она пополняется постоянно. Например, Сергей Рязанский – болельщик «Спартака». Он на МКС может посмотреть матч, получить информацию, как там наши сыграли, – поведал Вадим Игоревич. – Серьезной психологической поддержкой является еда. Это не пополнение калорий на борту, это опять же борьба с монотонностью жизни в замкнутом пространстве. Вкусы и запахи крайне нужны. На орбите они бедны. Каждая новая поставка еды – праздник».

В.И. Гушин подчеркнул, что космонавты расстраиваются, если им чего-то не прислали. «Там, наверху, вкус меняется, потому что рецепторы несколько по-другому начинают работать. Свежая еда – скорее питание информационное, – объяснил он. – Книжки и журналы на борт попадают после сложных проверок и дезинфекции. Для космонавта важно, что он получает посылку от родных, что он по-прежнему любим и нужен».

И еще одно, что им помогает, – присутствие Земли неподалеку. Ее наблюдения вдохновляет и меняет культуру восприятия мира. И мы прогнозируем в связи с этим еще одну психологическую сложность для тех, кто полетит к Марсу: Земля перестанет быть видимой. Это мы ничем не компенсируем».

В этом месяце в целях эксперимента «Профилактика-2» (механизмы действия

и эффективности различных режимов физической нагрузки в условиях длительных космических полетов на состояние общей и физической работоспособности космонавтов) россияне устанавливали электроды на исследуемые мышцы и осуществляли тест индивидуальной стратегии на бегущей дорожке БД-2 в Служебном модуле «Звезда». 8–12 мая Артемьев использовал компенсатор опорной разгрузки КОР-01Н.

4 мая Шкаплеров проверил работоспособность медицинского комплекса КМА-01 с телеметрическим адаптером КМА-ТМ (НК №6, 2018, с.5) и с их помощью провел исследование биоэлектрической активности сердца в покое (обследование МО-1) и оценку ортостатической устойчивости при воздействии отрицательного давления на нижнюю часть тела (МО-4).

8 мая Антон обследовал свои глаза с использованием американского оптического когерентного томографа OCT, а 10 мая – с помощью фундоскопа и ультразвуковой аппаратуры Ultrasound-2, тоже американских.

8 мая в интересах российско-канадского эксперимента «Матрешка-Р»/Radi-N2 (изучение радиационной обстановки на трассе полета и на борту МКС) экипаж инициализировал восемь пузырьковых детекторов «баббл-дозиметр» и разместил их на экспонирование в модуле Destiny. 15 мая детекторы были сняты, и Шкаплеров считал с них показания.

11 мая космонавты доложили о невозможности включения жидкокристаллического дисплея европейского трехосного дозиметрического спектрометра TriTel, находящегося в модуле «Звезда». Его работоспособность была восстановлена 17 мая путем перезапуска питания.

21 мая россияне сменили салфетки и полотенца в нижнем накопителе «защитной шторки» в каюте модуля «Звезда» с целью повышения защитных свойств от космической радиации.

10 и 16 мая в процессе исследования «Дан» (изучение взаимосвязи между изменениями давления в сонной артерии и изменением чувствительности центрального дыхательного механизма) космонавты

облачились в пневмовакуумный костюм «Чибис-М» для снятия ЭКГ, измерения артериального давления и регистрации времени задержки дыхания на выдохе и вдохе.

14 и 17 мая Олег по эксперименту «Мотокард» (изучение механизмов сенсомоторной координации в невесомости) выполнил локomotorные тесты на дорожке БД-2 в режимах медленного, среднего и быстрого бега, а также разминочной и заминочной ходьбы.

15 мая в интересах исследования «Биокард» (изучение механизма перестройки в электрофизиологии сердца при воздействии отрицательного давления на нижнюю часть тела в условиях длительной микрогравитации) Антон, надев «штаны» «Чибис-М», зарегистрировал ЭКГ и измерил артериальное давление.

17 мая Артемьев оценил состояние своей сердечно-сосудистой системы при дозированной физической нагрузке (МО-5) на велоэргометре ВБ-3М в модуле «Звезда».

На следующий день Шкаплеров для эксперимента «Удод» (изучение возможности коррекции гемодинамических изменений в невесомости с помощью отрицательного давления на вдохе) зафиксировал скорость воздушного потока и длительность задержки дыхания.

21 мая экипаж измерил массу тела (МО-8). 24 мая Антон с использованием аппаратуры «Урисис» сделал биохимический анализ мочи (МО-9), а Олег провел суточный холтеровский мониторинг ЭКГ (МО-2-1) и артериального давления (МО-2-2).

22–24 мая по ходу эксперимента МОРЗЭ (мониторинг обмена веществ и его регуляции, динамики защитных систем организма и экологических факторов во время космического полета) Шкаплеров и Артемьев записали в бортовом журнале количество принятых жидкости, пищи и медицинских препаратов и осуществили биоимпедансометрию и психофизиологические тесты.

22 мая они исследовали надежность профессиональной деятельности космонавта в длительном космическом полете в рамках эксперимента «Пилот-Т».

Тем временем на американском сегменте станции 2 и 30 мая в рамках эксперимента

▼ Антон и Олег на борту МКС приняли участие в акции «Бессмертный полк» 9 мая





▲ Крымский мост с высоты Международной космической станции

Lighting Effects (оценка улучшения циркадных ритмов, сна и когнитивных функций астронавтов при замене на борту МКС люминесцентных ламп на светодиодные с регулируемой интенсивностью и цветом) экипаж замерил освещенность в Шлюзовом отсеке Quest и японском Экспериментальном модуле Kibo с использованием люксметра.

2 мая астронавты взяли образцы с поверхностей и из атмосферы МКС для микробиологического анализа с помощью пробоотборников MAS и SSK с целью контроля среды обитания.

4 и 21 мая Норисигэ Канаи собрал образцы слюны и уложил их в морозильник MELFI, а также заполнил опросники и принял пробиотические капсулы. Японский эксперимент Probiotics изучает влияние непрерывного потребления пробиотиков на иммунную систему и кишечную микробиоту у астронавтов в условиях микрогравитации.

Весь месяц астронавты заполняли анкеты европейского эксперимента Space Headaches (изучение причин головных болей в космическом полете), канадского At Home in Space Questionnaire (изучение психосоциальной адаптации многонациональных экипажей во время длительных полетов) и американского Team Task Switching (оценка трудностей при переключении между задачами и возможностей улучшения индивидуальной и командной мотивации и эффективности).

5 мая члены экипажа сделали фотографии анфас и в профиль, чтобы определить отечность лица для эксперимента IPVI, изучающего изменения в глазах астронавтов с помощью анализа артериального давления и кровотока в мозг. При этом с целью измерения внутричерепного давления используются неинвазивные методы.

В тот же день японец сделал ЭКГ, измерил артериальное давление и провел ультразвуковое исследование в интересах канадского эксперимента Vascular Echo (изучение изменений сердечно-сосудистой системы в невесомости). А 14 и 22 мая он взял образцы крови.

10–11 мая астронавты выполнили контрольное обследование глаз с помощью ультразвукового исследования и офтальмоскопа.

18 и 22 мая были осуществлены тесты на лаптопе по эксперименту Neuromapping

(оценка изменений в функционировании головного мозга в космическом полете). При этом задания выполнялись в двух положениях – в пристегнутом состоянии и в свободном плавании.

18 мая экипаж взял образцы слюны и заполнил опросники в целях японского исследования Multi-Omics (оценка воздействия условий космического полета и пребиотиков в кишечнике на иммунную функцию человека).

В мае регулярно брались образцы крови, мочи и слюны для экспериментов Biochemical Profile, Repository, Medical Proteomics, Marrow and Cell Free Epigenome с целью создания базы данных биообразцов и изучения воздействия невесомости на здоровье человека.

23 мая астронавты заполнили опросник по приему пищи в интересах исследования Food Acceptability. 29 мая они взяли образцы слюны, пота и атмосферы станции и уложили их в морозильник MELFI в ходе эксперимента Microbial Tracking-2 (изучение разнообразия микрофлоры на МКС).

30 мая в пилотируемый корабль «Союз МС-07» с целью спуска на Землю были уложены 11 пассивных детекторов, которые в рамках эксперимента DOSIS-3D делали измерения для составления трехмерной карты радиационного излучения внутри модуля Columbus.

31 мая Ричард Арнольд на велоэргометре CEVIS в модуле Destiny провел оценку физической тренированности и потребления кислорода по протоколу VO2max.

### На растениях – плесень, а нужный дисплей – на Земле

16 мая в интересах эксперимента «Кальций» (изучение влияния микрогравитации на растворимость фосфатов кальция в воде) космонавты измерили проводимость биоматериалов в укладках. 30 мая экспонировавшиеся в рамках исследования пеналы «Биоэкология» были подготовлены к июньскому возвращению на Землю на корабле «Союз МС-07».

1 мая астронавты пересадили грызунов, участвующих в исследовании Mouse Stress (изучение стрессоустойчивости генетически модифицированных мышей в космическом полете), из домиков в установке клеточной биологии CBEF, расположенной в стойке

Saibo в модуле Kibo, в транспортный бокс для возвращения на Землю кораблем Dragon (SpX-14).

2 мая в оранжевое Veggie, находящейся в стойке Express-3 в европейском Лабораторном модуле Columbus, экипаж проредил растущие листья салата и японской мизуны. 9 мая астронавты сообщили ЦУП-Х, что на некоторых растениях обнаружена плесень. 14 мая часть растений была собрана для спуска на Землю, а оборудование подачи удобрений Veggie PONDS вынута из оранжевой и просушено.

3 мая в рамках подготовки к установке перчаточного бокса LSG, который прибудет на станцию на японском грузовом корабле HTV-7 в сентябре, экипаж сделал трехмерную фотограмметрию стойки ZSR в модуле Kibo, чтобы наземные специалисты убедились в правильности выбранных габаритных размеров новой аппаратуры.

18 мая астронавты на неделю смонтировали модули адгезивных ячеек в многопользовательскую центрифугу MVP в стойке Express-8 в модуле Destiny.

22 мая в модуле Columbus экипаж поставил и включил инкубатор Kubik-6, принадлежащий Итальянскому космическому агентству, отрегулировал сигнал датчика, откалибровал датчики температуры и установил пеногасители. 28 мая инкубатор был выключен и уложен на хранение.

25 мая Тингл заменил планшеты с образцами в двух биологических установках Tangolab в стойке Express-6 в модуле Destiny.

В тот же день в перчаточном боксе MSG в модуле Destiny экипаж сменил видеоаппаратуру VUE, в которой в марте отказал жесткий диск, в результате чего стала невозможной запись видео из бокса (НК №6, 2018, с.9). В новой VUE более надежный жесткий диск и расширенная возможность диагностики.

При замене VUE астронавты обнаружили, что тот монитор, который установлен рядом с MSG, ранее был признан неисправным и должен был возвратиться на Землю на «Дракон» (SpX-14). Оказалось, что по ошибке спустили функционирующий монитор (!)...

### Домашняя подушка для космического сна

Антон Шкаплеров рассказал в «ВКонтакте» об особенностях сна на МКС.

«В наших каютах есть спальные мешки, прикрепленные к одной из поверхностей, чтобы мы не «летали во сне», – пояснил он. – А вот штатная подушка у нас не предусмотрена... Но в этот полет семья подготовила для меня специальную подушку. Она напоминает мне о любимых и способствует сну о доме («и снится нам трава у дома...»). Я этой подушкой все время пользуюсь. Желаю всем спокойной ночи!» – А.К.



### Очки виртуальной реальности

На российском сегменте планируется испытать мобильное индивидуальное средство экипажа – очки дополненной реальности (НК №8, 2012, с.18), создаваемые компаниями «РТСофт» и «Интероптика».

При их разработке применен принципиально новый подход: информация проецируется прямо на сетчатку глаза человека, а не на стекла очков. Всего предполагается изготовить три летных образца очков. – А.К.

29 мая Эндрю Фэйстел убрал из стойки Express-3 европейскую систему культивации EMCS. Оборудование возвратят на Землю на «Драконе» (SpX-15) в июле, а держащую его структуру тогда же удалят на грузовом корабле Cygnus (OA-9).

### Дистилляция идет пока в ручном режиме

В мае Антон и Олег обеспечивали эксперимент «Фазопереход» (исследование влияния микрогравитации и радиолитиза теплоносителя на параметры и характеристики мало-массогабаритных тепловых труб для систем обеспечения тепловых режимов спутников), оборудование которого находится внутри и снаружи грузового корабля «Прогресс МС-08» (НК №4, 2018, с.21).

С использованием многофункционального вихретокового прибора МВП-2К измерялась электропроводность на корпусе переходной камеры модуля «Звезда».

3 и 17 мая, занимаясь исследованием «Пробой» (отработка метода оперативного определения координат точки пробоя модуля МКС высокоскоростной микрометеороидной или техногенной частицей), россияне обновили программное обеспечение, включили блок преобразования акустических сигналов и затем имитировали пробой с использованием переносного источника акустического импульса.

8 мая в ходе европейско-российского эксперимента «Перитектика» (высокоскоростная кристаллизация перитектических сплавов в условиях электромагнитного перемешивания) космонавты поработали с газовыми клапанами в высокоскоростной камере европейской печи EML, расположенной в стойке EDR в модуле Columbus.

25 мая в порядке исследования «Идентификация» (динамика конструкции МКС при различных внешних силовых воздействиях с учетом изменения ее модульного состава) экипаж скопировал на жесткий диск для спуска на Землю данные с цифрового трехкомпонентного измерителя микроускорений ИМУ-Ц.

В этом месяце продолжился эксперимент «Сепарация»: испытания системы регенерации воды из урины СРВ-У-РС, установленной в апреле в Малом исследовательском модуле «Рассвет» (НК №6, 2018, с.10). В прошлом месяце были выполнены первые четыре пробные дистилляции урины.

3 мая состоялась очередная дистилляция с отбором проб полученной воды, которая сначала завершилась нештатно с появлением сообщения «Нет циркуляции урины» и, по рекомендации специалистов, была остановлена клавишей «Стоп», а после повторного запуска прошла без замечаний.

На следующий день были осуществлены еще две дистилляции, сопровождаемые индикациями «Нет циркуляции урины» и «Концентрат некачественный» и последующими остановками процессов.

«За время использования экспериментальной системы СРВ-У-РС нам удалось в ручном режиме получить 25 литров дистиллированной питьевой воды. Всего в ходе идущего эксперимента у нас запланировано восемь циклов запуска этой системы: пять мы уже прошли, осталось еще три, – рассказал 7 мая руководитель полета российского сегмента МКС Владимира Соловьёв. – В ручном цикле все получается прекрасно. Уверен, мы добьемся того, что система будет безотказно работать и в автоматическом режиме».

Он отметил, что эксперимент «Сепарация» проводится РКК «Энергия» имени С.П.Королева совместно с НИИХиммаш. По его результатам будут произведены доработки, и Многоцелевой лабораторный модуль «Наука» укомплектуют модернизированной системой СРВ-УМ (НК №1, 2016, с.5).

По словам Владимира Алексеевича, в системе СРВ-У-РС для переработки мочи применяется и совершенствуется мембранно-вакуумная технология, которой нет у партнеров. Он добавил, что на орбитальной станции «Мир» воду из мочи получали методом выпаривания, который вдвое менее эффективен.

11 мая экипаж промыл контур циркуляции урины в системе СРВ-У-РС, а 15 мая провел еще одну дистилляцию с взятием проб воды.

«В ручном режиме установка работает хорошо. Идет процесс наладки автоматического режима, – сообщил Артемьев 14 мая в «ВКонтакте». – Надеемся, что из экспериментальной установка превратится в штатную бортовую систему, которая даст хорошую экономию для грузопотока, как это было на станции «Мир»».

Во второй половине мая космонавты еще несколько раз промывали контур циркуляции урины в системе СРВ-У-РС.

31 мая по программе «Среда-МКС» (изучение характеристик МКС как среды проведения исследований) экипаж провел фото- и видеосъемку камерами Nikon корпуса станции из иллюминатора №2 Малого исследовательского модуля «Поиск» с целью определения колебаний и возможных деформаций элементов конструкции МКС при воздействии на них солнечного излучения.

2 мая астронавты вынули модуль эксперимента ACE-T-9 (изучение коллоидных систем в невесомости) из микроскопа LMM, находящегося в стойке изучения жидкости FIR в модуле Destiny, и вместо него установили модуль исследования ACE-T-7 (наблюдение самоорганизующихся коллоидных структур, взвешенных в жидкой среде).

5 мая экипаж демонтировал из стойки изучения горения CIR в модуле Destiny отсоединивший в апреле основной жесткий диск блока обработки и хранения изображений IPSU (НК №6, 2018, с.10). На следующий день ЦУП-Х смог перезагрузить IPSU с запасного диска, и в стойке продолжили эксперимент ACME E-Field Flames, а 14 и 22 мая астронавты заменили емкости для топлива, наконецник воспламенителя и два контроллера. В исследовании E-Field Flames между горелкой и сетчатым электродом устанавливается электрическое поле напряжением до 10 кВ. Возникающий при этом ионный поток может влиять на стабильность пламени.

8 мая сменили держатели образцов и установили новый картридж в печь ELF в многоцелевой стойке малых полезных грузов MSPP-2 в модуле Kibo, которая применяется для затвердевания материалов с использованием метода электромагнитной левитации. 28 мая образцы были заменены, а обработанные подготовлены для спуска на Землю.

10 мая экипаж демонтировал образовательный малогабаритный компьютер AstroPi с инфракрасной камерой из Узлового модуля Unity, где тот передавал информацию через нижний иллюминатор в рамках конкурса European AstroPi Challenge 2017–2018, и вернул его на хранение в модуль Columbus.

▼ Эндрю Фэйстелу присвоили почетное звание доктора наук Университета Пёрдью





▲ Норисигэ Канаи в надувном модуле BEAM. В кофте, потому что холодно

15 мая астронавты завершили эксперимент Two Phase Flow (эффективность теплопередачи разных жидкостей в невесомости) в стойке MSPR.

18 мая экипаж заглянул в надувной модуль BEAM, взял пробы воздуха и с поверхности для микробиологического анализа и восстановил работоспособность датчика беспроводной системы измерения температуры путем замены аккумуляторного блока.

21 мая астронавты установили и запустили аппаратуру исследования Atomization в стойке MSPR, наблюдающего процессы распыления струй воды в невесомости. 31 мая экипаж устранил проблему с наличием воды в рабочей зоне – штатно она должна вся собираться с помощью специальной губки.

28 мая астронавты смешали раствор для эксперимента PCG по кристаллизации белка в многолуночных пластинах.

29 мая Арнольд установил новую печь SUBSA для выращивания полупроводниковых кристаллов в прозрачных кварцевых или керамических ампулах с видеосъемкой камерами высокого разрешения. На следующий день в нее были помещены первые образцы, однако 31 мая эксперимент пришлось прервать из-за температурного сбоя в одной из ампул.

29–30 мая Эндрю и Ричард смонтировали доставленную на «Лебедя» лабораторию холодных атомов CAL в стойке Express-7 в модуле Destiny и подключили ее к внутренней системе терморегулирования. В ней ученые смогут изучать облака охлажденных атомов (так называемый конденсат Бозе-Эйнштейна; см. с.19) при температуре до одной десятиллиардной части градуса выше абсолютного нуля, что на много порядков ниже средней температуры глубокого космоса.

31 мая экипаж вынул очередную напечатанную деталь из 3D-принтера AMF компании Made In Space в модуле Destiny. Кстати, в июле на «Дракон» (SpX-15) на станцию планируется привезти усовершенствованный вариант миниатюрной установки, созданной этой же фирмой для производства оптического волокна из ZBLAN (группа стекол

состава  $ZrF_4-BaF_2-LaF_3-AlF_3-NaF$ ) и с декабря 2017 г. проходящей испытания на МКС.

### Осмотр свернутой солнечной батареи

3 мая «Земля» провела тестирование суставов первой руки ловкой насадки Dextre, находящейся на дистанционном манипуляторе SSRMS. 7 мая состоялось испытание датчика силы/момента FMS на концевом захвате-эффекторе LEE плеча А манипулятора SSRMS с насадкой Dextre и без нее на основном и резервном каналах электропитания после обновления файлов конфигурации.

8 мая манипулятор SSRMS перешел на Мобильную базовую систему MBS, которая благодаря мобильному транспортеру может передвигаться по секциям американской поперечной фермы, и экипировался насадкой Dextre. После этого транспортер переместился с секции P1 на P3.

На следующий день по командам наземных специалистов SSRMS с использованием Dextre снял неисправный блок управления насосами PFCS, получивший прозвище Leaky («Протекший»; НК №6, 2018, с.6-7), с секции P6 и поместил его на платформу EOTP на насадке. Не обошлось без небольшого ЧП: при снятии Leaky манипулятор отскочил и ударил блоком по конструкции станции... Затем транспортер вернулся на секцию P1.

10 мая SSRMS установил Dextre с Leaky на модуль Destiny. 16 мая во время выхода в открытый космос Фэйстел и Арнольд поменяли Leaky на Frosty («Замороженный») на платформе EOTP (см. с.14-15). В тот же день манипулятор взял насадку с Frosty, после чего транспортер переехал обратно на секцию P3.

17 мая SSRMS перенес Frosty с платформы EOTP на секцию P6, и ЦУП-Х включил блок для проверки. 18 мая была обновлена прошивка Frosty и успешно протестированы в нем клапаны регулирования расхода аммиака FCV. Тем временем транспортер с манипулятором переместился на секцию S0, где манипулятор избавился от насадки и перешел на модуль Harmony для ловли корабля Cygnus (OA-9), успешно выполненной 24 мая.

29 мая SSRMS отпустил «Лебедя» и шагнул на систему MBS, надев насадку Dextre. На следующий день с помощью камер на насадке были проинспектированы панель радиатора с отслоившейся защитой на секции S1 и свернутое правое крыло солнечной батареи Функционально-грузового блока «Заря».

Напомним, что левое и правое крылья солнечных батарей «Зари» были свернуты в сентябре 2007 г. по требованию NASA в связи с тем, что они мешали раскрытию и вращению радиаторов на секциях S1 и P1 (НК №11, 2007, с.5). После свертывания, однако, крылья отпружинили и остались немного раскрытыми: левое на 102 см, а правое на 56 см. Ничего страшного в этом не было. Однако специалисты беспокоятся о работоспособности механизмов сворачивания обоих крыльев, у которых в 2013 г. закончился 15-летний гарантийный срок службы, поэтому регулярно осматривают камерами текущее положение свернутых крыльев.

14 мая астронавты открыли внутренний люк шлюзовой камеры модуля Kibo, выдвинули стол из нее, сняли с находящейся на столе многоцелевой экспериментальной платформы MPEP пустые пусковые контейнеры JSSOD №8 и установили вместо них адаптер HXP, задвинули стол, закрыли люк и разгерметизировали шлюз. После этого был открыт внешний люк шлюза и выдвинут стол.

15 мая по командам ЦУПа в Цукубе японский дистанционный манипулятор JEM RMS, экипированный ловкой насадкой SFA, снял оборудование ExHAM-2 с образцами материалов с внешней платформы JEF модуля Kibo и поставил его на адаптер HXP на выдвигаемом столе.

17–18 мая экипаж снял с ExHAM-2 образцы, экспонировавшиеся с апреля 2017 г., и смонтировал новые. 23 мая оборудование ExHAM-2 было возвращено на платформу JEF.

30 мая астронавты испытывали японскую дистанционную камеру-робота Int-Ball (НК №8, 2017, с.8) с использованием различных уровней света в модуле Kibo и маркером-мишеней в его шлюзе.

### «Гавайи» беспокоятся о Гавайях

В этом месяце Антон и Олег наблюдали и снимали земную поверхность для выявления развития природных катаклизмов (эксперимент «Ураган») и оценки экологической обстановки («Экон-М»).

8 мая в модуле «Звезда» Артемьев занимался прокладкой телеметрических кабелей российско-немецкой научной аппаратуры ICARUS (изучение миграции диких животных и птиц; НК №4, 2018, с.20-21). При этом у него возникли затруднения с поиском и идентификацией кабелей в запанельном пространстве, в результате чего было затрачено много времени и работу не удалось выполнить полностью. Кроме того, в районе прокладки было зафиксировано ложное срабатывание датчика – сигнализатора дыма ДС-7А №5. Монтаж кабелей продолжился 23 мая.

18 мая ЦУП-М провел второй тест бортовой вычислительной машины OBC-1 аппаратуры ICARUS, установленной в апреле (НК

№6, 2018, с.7). 25 мая была проверена синхронизация времени ОВС-1 с блоком контроллера интерфейсов полезных нагрузок ТВМ1-Н и аппаратурой спутниковой навигации. И снова ложно сработал датчик ДС-7А №5.

В мае экипаж снимал катастрофическое извержение вулкана Килауэа на Большом острове Гавайев, которое привело к разрушению десятков домов и дорог, а также к эвакуации тысячи людей из расположенных поблизости районов.

«Наш позывной «Гавайи», поэтому мы всем экипажем (Олег, Эндрю и Ричард. – А.К.) постоянно дружно фотографируем эти острова. Недавно узнали, что в связи с извержением вулкана Килауэа на востоке острова Гавайи идет эвакуация, – написал Артемьев 13 мая в «ВКонтакте». – Вулкан Килауэа в переводе с гавайского – «изрыгающий, выплескивающийся или сильно растекающийся»... Из трех действующих вулканов на Гавайях Килауэа – самый молодой и самый буйный. Этот вулкан не засыпает в течение нескольких тысяч лет и считается одним из самых опасных на планете».

В этом месяце в рамках эксперимента «Визир» (исследование методов регистрации текущего положения и ориентации переносной научной аппаратуры пилотируемых космических комплексов) космонавты поработали с системой координатной привязки от инфракрасных датчиков СКП-И. 12 мая они восстановили функционирование инфракрасного приемника ИКП №8.

«Сейчас на борту российского сегмента МКС проводится эксперимент по определению местоположения космонавта либо какой-то единицы оборудования на станции. Наша задача – научиться делать это предельно точно, – пояснил космонавт Александр Калери. – Следующий шаг – определять, в каком положении космонавт находится относительно систем и элементов станции. В конце концов мы сможем определять даже направление оптической оси глаза. Наша система даст точную информацию, куда посмотрел космонавт перед совершением того или иного действия».

Работа системы СКП-И строится на принципе пространственной триангуляции: точные координаты объекта определяются с помощью источника излучения, который расположен на теле космонавта, и приемников сигнала, размещенных на станции.

10 мая планировалось отработать наведение на заданный объект по целеуказаниям от программного обеспечения «Сигма» с использованием угломерной ультразвуковой системы координатной привязки фотоснимков СКПФ-У, но на фотосъемку объектов не хватило времени из-за слишком долгого поиска оборудования для эксперимента.

8 мая ЦУП-М по телеметрической информации зафиксировал отсутствие электропитания бортового телескопа нейтронов БТН-М1, который с 2007 г. в интересах эксперимента «БТН-Нейтрон» измеряет потоки нейтронов и гамма-излучения в околоземном космическом пространстве (НК №12, 2006, с.25-26).

30 апреля и 1 мая астронавты протестировали фидеры электропитания 28 В и 120 В прибора TSIS-1, предназначенного для измерения суммарного и спектрального солнеч-

ного излучения и находящегося на внешней платформе ELC-3 на секции P3 американской поперечной фермы. Дело в том, что 16 апреля на него перестало поступать 120-вольтовое питание. Тесты ничего не выявили – и прибор без замечаний включили на обоих фидерах.

23 мая Европейское космическое агентство объявило об окончании начальных проверок монитора взаимодействия атмосферы и космоса ASIM, расположенного на платформе EPF модуля Columbus. «Мы зафиксировали 100 000 измерений в секунду от этой потрясающей силы природы (молнии. – А.К.), – сказал координатор научной команды в Техническом университете Дании Торстен Нойберт (Torsten Neubert). – Это фантастический пример того, насколько мощные у нас фотометры. Даже если облака частично закрывают молнии, инструменты показывают мощные электрические разряды в верхних слоях атмосферы. Мы полагаем, что это эльфы (красные вспышки в ионосфере. – А.К.)».

15 мая в ходе эксперимента Tropical Cyclone из модуля Cupola снимался извергающийся вулкан Килауэа, а 24 мая – циклон Мекуна, обрушившийся на Аравийский полуостров.

### «Танюши» готовятся к старту

8 мая астронавты разгерметизировали шлюзовую камеру модуля Kibo. На выдвижном столе внутри нее в конце апреля была установлена платформа MPEP с пусковыми контейнерами J-SSOD №8. В контейнерах располагались три малых спутника: турецкий UBAKUSAT, кенийский 1KUNS-PF и костариканский Irazu (см. с.16).

Позже был открыт внешний люк шлюза и выдвинут стол. 10 мая по командам ЦУПа в Цукубе японский дистанционный манипулятор JEM RMS с ловкой насадкой SFA взял платформу MPEP и переместил ее в положение для запуска.

11 мая в 10:30 UTC в полет отправились аппараты 1KUNS-PF и Irazu, а спустя десять минут – UBAKUSAT. После запуска трех «малышей» платформа с пустыми контейнерами была возвращена обратно в шлюз.

▼ Вулкан Килауэа на Большом острове Гавайев



### Кубсаты со всей Канады

4 мая компания NanoRacks объявила, что в 2020–2021 гг. запустит с борта МКС 15 канадских студенческих малых спутников типа CubeSat, каждый из которых будет представлять какую-либо провинцию или территорию Канады. Программа финансируется Канадским космическим агентством.

К выведению планируются следующие аппараты:

- ◆ Ex-Alta 2 (провинция Альберта);
- ◆ ORCA2Sat (провинция Британская Колумбия);
- ◆ Manitoba SAT-1 (провинция Манитоба);
- ◆ CubeSat NB (провинция Нью-Брансуик);
- ◆ Killick-1 (провинция Ньюфаундленд и Лабрадор);
- ◆ AuroraSat (Северо-Западные территории);
- ◆ WU-NACCP (территория Нунавут);
- ◆ DUCS (провинция Новая Шотландия);
- ◆ NEUDOSE и ESSENCE (провинция Онтарио);
- ◆ SpudNik-1 (провинция Остров Принца Эдуарда);
- ◆ CHIRad-Sat и UdeSat (провинция Квебек);
- ◆ IDRSat (провинция Саскачеван);
- ◆ YukonSat (территория Юкон). – А.К.

Для любителей статистики сообщаем: всего с борта МКС запущены 220 спутников, в том числе 211 из шлюза модуля Kibo (из них 30 с помощью контейнеров JSSOD).

25 мая экипаж наддул шлюз, открыл внутренний люк, выдвинул стол и демонтировал с него платформу MPEP с адаптером HXP в рамках подготовки к запуску аппарата RemoveSat (НК №6, 2018, с.18-19), планируемому на 19 июня.

29 мая в рамках эксперимента «Радио-Скаф» космонавты зарядили аккумуляторные батареи студенческих спутников «Танюша-ЮЗГУ» №3 и №4 (НК №4, 2018, с.21) и на следующий день отработали варианты их отталкивания во время российского выхода (ВКД-45), намеченного на 15 августа.

### Станция подстроилась под июньские операции

12 мая в 22:07:00 UTC с помощью восьми двигателей причаливания и ориентации корабля «Прогресс МС-08» была выполнена коррекция орбиты МКС. Двигатели проработали 172 сек и выдали импульс 0.34 м/с, израсходовав 36 кг топлива. В результате станция перешла на орбиту наклонением



▲ Олег Артемьев помогает американским астронавтам готовиться в выходу

51.6°, высотой 403.5×425.1 км и периодом обращения 92.6 мин.

Задачей маневра было обеспечение баллистических условий для приземления «Союза МС-07» 3 июня и запуска «Союза МС-09» 6 июня, а также двухвитковой схемы сближения «Прогресса МС-09» 10 июля.

### Одна камера не захотела крепиться к другой

В мае астронавты готовились сразу к двум выходам в открытый космос по американской программе – EVA-50 (16 мая) и EVA-51 (14 июня). В обоих выходах предстояло участвовать Фэйстелу и Арнольду.

1 мая экипаж регенерировал поглощательные патроны MetOx, использующие сорбент на базе оксида серебра для удаления углекислого газа в скафандрах EMU. После каждого выхода патроны нагреваются и регенерируются, выделяя CO<sub>2</sub> в атмосферу станции, из которой он удаляется системами CDRA.

2 мая Эндрю и Ричард измерили параметры своих тел перед подгонкой EMU, а Норисигэ сконфигурировал модуль Quest и потренировался удалять аммиак со скафандров в случае их загрязнения во время выхода.

На следующий день Тингл почистил контуры водяного охлаждения скафандров EMU № 3003 и № 3006. При этом он доложил о необычном шуме из скафандра № 3006, который был записан и передан на Землю для анализа специалистами. Кроме того, при взятии образцов воды из данного скафандра после очистки Скотт обнаружил пузырь воздуха размером с мячик для гольфа...

Между тем Фэйстел и Арнольд собрали для EVA-50 стойку с телекамерами ETVCG, установив на нее светильник с лампочкой, не без трудностей замененной в апреле (НК № 6, 2018, с.7). Однако тандему не удалось прикрепить телекамеру высокого разрешения EHDC № 1001 к телекамере стандартного разрешения CTVC: на последней не до конца взвелся механизм держателя.

7 мая экипаж попытался установить камеру EHDC № 1002 – то же самое... В итоге «Земля» приняла логичное решение монтировать стойку ETVCG без камеры EHDC во время EVA-50. В тот же день выходящие

подогнали под себя скафандры, а Тингл поставил на зарядку аккумуляторные батареи LLB для них.

8 мая астронавты сконфигурировали инструменты, которые предстояло взять с собой на выход. 10–11 мая Эндрю и Ричард ознакомились с трассами перехода и местами работ при EVA-50 с использованием анимационной программы DOUG, проверили установки аварийного перемещения SAFER, надеваемые на скафандры, и с помощью очков виртуальной реальности потренировались управлять ими, а также настроили камеры. Скотт и Норисигэ тем временем провели тренировку на тренажере ROBoT по перемещению дистанционного манипулятора SSRMS во время выхода.

14 мая астронавты заправили баки скафандров водой, а на следующий день изучили окончательную циклограмму EVA-50.

17 мая после выхода (с.14-15) Фэйстел и Арнольд прошли медицинское обследование, переконфигурировали модуль Quest и дозаправили скафандры водой.

21 мая с настройки инструментов началась подготовка к выходу EVA-51. 22 мая Эндрю почистил контуры водяного охлаждения скафандров № 3003 и № 3006 с взятием образцов и йодированием ионных фильтров.

28 мая астронавты разобрали стойку ETVCG, демонтированную во время EVA-50, и сняли неисправный интерфейсный контроллер TVCIC с поворотного механизма PTU. Контроллер возвратят на Землю. 30 мая была заменена лампочка в светильнике VCL, которая отказала после 2863 часов работы – вместо 4000 часов по плану. При проверке новой лампочки, как и в прошлом месяце, был замечен дым... По окончании сборки стойку ETVCG планируется установить на секции S1 американской поперечной фермы при выходе EVA-51.

### «Лебедь» прилетел

14 мая в рамках подготовки к прибытию на МКС грузового корабля Cygnus (OA-9) Ричард и Скотт провели тренировку, в ходе которой рассмотрели циклограмму сближения и ознакомились со станционными средствами наблюдения и управления кораблем.

15 мая астронавты проверили панель управления единой американской системы связи и навигации C2V2, которую предстояло впервые использовать при подлете «Лебеда». 17 и 22 мая они с помощью тренажера ROBoT тренировались в ловле грузовика. Правда, во второй день при переключении с основного робототехнического рабочего места RWS в модуле Cupola на резервное в модуле Destiny не обошлось без проблем...

21 мая экипаж с помощью дистанционного манипулятора SSRMS и узла FRGF на Многоцелевом модуле Leonardo отработывал захват «Лебеда», а также установил телекамеру на иллюминаторе люка нижнего порта модуля Unity и проверил ее.

Астронавты поймали корабль манипулятором SSRMS 24 мая в 09:26 UTC, и наземные специалисты пристыковали его к нижнему порту модуля Unity в 12:13. Стоит отметить, что новая система C2V2 «увидела» грузовик на дальности 246 км – большей, чем предполагалось.

В тот же день в 17:05 после проверки герметичности Канаи открыл переходные люки. Затем в «Лебеде» были взяты пробы воздуха пробозаборником AK-1M, которые уложили на хранение в медицинский шкаф модуля «Звезда» с целью последующего спуска на Землю для анализа. Потом начались разгрузочно-погрузочные работы.

28 мая экипаж выполнил тренировку по действиям в аварийных ситуациях после стыковки «Лебеда».

### «Астреи» готовятся к приземлению

11 мая Антон, Скотт и Норисигэ (или «Астреи») выполнили примерку размещения в индивидуальных креслах-ложементах «Казбек-УМ» в спускаемом аппарате корабля «Союз МС-07» перед предстоящей посадкой, убедившись в нормальных воззорах.

15 мая в корабль на возвращение был уложен блок «Плетизмограф», входивший в состав комплекса «Кардиомед». 18 мая россияне взяли пробы с поверхностей обору-

### Вещество из созвездия Центавра

В НК № 7, 2017, с.17 сообщалось об уникальных результатах эксперимента «Тест». Его цель – химический, токсикологический и микробиологический анализ проб, отобранных с внешней поверхности герметичного корпуса российских модулей МКС на экранно-вакуумной теплоизоляции и под ней – в зонах осаждения агрессивных продуктов систем жизнеобеспечения и составляющих собственной внешней атмосферы.

В докладе ЦНИИмаш отмечается: «При химическом анализе свертка ткани впервые в космической пыли в значимых концентрациях обнаружен элемент гольмий. Этот лантаноид очень редок и находится на Земле в рассеянном состоянии. Его неожиданно повышенное содержание может быть связано только с попаданием на поверхность МКС пыли из межпланетного пространства и «крупной межпланетной пыли» – метеороидного вещества. Среди космических объектов аномально высоким содержанием гольмия отличается звезда Пшибыльского».

Данная звезда находится в созвездии Центавра на расстоянии примерно 410 световых лет от Солнца. – А.К.

дования и конструкций в модуле «Заря» и положили их в «Союз» для спуска на Землю.

21 мая были подготовлены к укладке возвращаемые и удаляемые грузы. Шкаплеров начал предпосадочные «стояния» в пневмовакuumном костюме «Чибис-М».

«Прошла моя первая тренировка ОДНТ: отрицательное давление на нижнюю половину тела. Это воздействие, которое достигается с помощью костюма «Чибис», – рассказал Антон в «ВКонтакте». – Во время космических полетов микрогравитация приводит к равномерному перераспределению жидкостей сред организма, в результате чего объем жидкостей в нижней половине туловища и ногах уменьшается по сравнению с нормой. А этот костюм позволяет моделировать перераспределение жидкостей на уровне сердечно-сосудистой системы, вы-

зываемое в земных условиях гравитацией. Костюм создает отрицательное давление в диапазоне от 10 до 60 мм рт.ст. Данные передаются на Землю в ЦУП по каналу телеметрической связи.

У меня планируется шесть тренировок до возвращения на Землю. Они позволят уже в первые дни после посадки чувствовать себя хорошо и в полном объеме выполнять послеполетную программу научных исследований, медицинских тестов и реабилитационных мероприятий».

22–23 мая были собраны пробы конденсата атмосферной влаги из системы СРВ-К2М в модуле «Звезда». 25 мая «Астреи» проверили герметичность аварийно-спасательных скафандров «Сокол-КВ-2» и подогнали надеваемые под них при спуске противоперегрузочные костюмы «Кентавр».

«Впервые за долгое время я надел космический костюм «Сокол», – сообщил Канаи в «Твиттере». – Я немного прибавил в весе, но сумел влезть в скафандр».

28 мая в корабль для возвращения уложили газоанализатор углекислоты ГЛ2106. Была также проведена профилактика механизмов герметизации крышек люков между модулем «Рассвет» и кораблем «Союз».

28 и 31 мая «Астреи» осуществили тренировки по спуску, ознакомившись с предварительной циклограммой и проработав ее с использованием пульта космонавта «Нептун-МЭ» в «Союзе».

29 мая космонавты зарядили аккумуляторные батареи видеокамер GoPro Hero 3, которые будут снимать действия экипажа при спуске. 31 мая прошел тест системы управления движением «Союза».

## Встреча с президентом России и премьер-министром Японии

26 мая Президент России Владимир Путин и премьер-министр Японии Синдзо Абэ в рамках перекрестных годов России в Японии и Японии в России поговорили с Антоном Шкаплеровым и Норисигэ Канаи.

Руководители стран вели связь из Андреевского зала Большого Кремлевского дворца, а «небожители» – из модуля Kibo. В зале также присутствовал новый генеральный директор Роскосмоса Дмитрий Rogozin.

**Путин:** Добрый день, дорогие друзья! Рад приветствовать командира экипажа МКС, гражданина России Антона Шкаплерова и бортинженера, гражданина Японии Норисигэ Канаи. Хочу отметить, что это далеко не первый совместный полет. Уже более десяти лет мы сотрудничаем с Японией. Привет вам! И на орбите уже побывали семь японских исследователей... Япония вносит значительный вклад в деятельность МКС. Не только граждане Японии, исследователи, работают в космосе, но и большой объем аппаратуры и исследований проводится японскими специалистами. Мы желаем вам удачи!

**Абэ:** Прежде всего, позвольте мне выразить вам, обоим космонавтам, свою искреннюю радость за то, что вы, представители двух стран, космонавты, так дружно работаете в космосе. Как отметил уважаемый президент господин Путин, сотрудничество в космической области длится между нашими странами очень долго и будет продолжаться дальше.

У вас за спиной висят два флага – России и Японии, и мы тоже только что провели переговоры с уважаемым президентом господином Путиным. Мы договорились, чтобы в дальнейшем приложить усилия для развития сотруд-

ничества между нашими странами. Пользуясь этим случаем, хочу пожелать вам, обоим космонавтам, чтобы вы объединили усилия в области будущего развития космических технологий.

**Шкаплеров:** Здравствуй-те, уважаемый Владимир Владимирович, господин премьер-министр Абэ! Я, Антон Шкаплеров, космонавт Роскосмоса, приветствую вас с борта МКС и передаю слово своему японскому другу и коллеге Норисигэ Канаи.

**Канаи:** Между Японией и Россией действительно развивается тесное сотрудничество, взаимный контакт на МКС. И у нас, и в России тоже, конечно, имеется длительная история освоения космоса. И у нас в Японии тоже имеется длительная история развития космических исследований, поэтому у нас тоже есть и свои преимущества, и свои технологии.

Мы применяем свои технологии для проведения наших исследований, экспериментов на МКС, и мы убеждаемся в том, что наше сотрудничество дает большое сложение, то есть один плюс один не два, а именно три и даже четыре. И приносит наше такое взаимное действие огромные плоды, хорошие результаты нашей совместной деятельности, работы. Уверен, что такое сотрудничество будет способствовать его развитию не только в области космических исследований, но еще и в области науки и технологий, промышленности и в других областях, которые принесли бы большие плоды и еще инновации, к которым стремятся наши страны.

Этот год является прекрасным перекрестным годом – годом России в Японии и годом Японии в России. И в такой прекрасный год хочу пожелать всем вам из космоса будущего развития дружеских отношений между нашими странами. И так как мы приобрели очень хороших, близких друзей именно в космосе, поэтому на Земле, уверен, вы тоже приобретете хороших друзей.



**Шкаплеров:** 2018 год – это год России в Японии и год Японии в России. Культурный обмен серьезно способствует взаимопониманию между нашими народами. Для меня большая честь обратиться к вам с борта МКС, где мы живем и работаем вместе, в частности с нашими японскими коллегами.

МКС – это космическая международная платформа, где вместе работают представители многих стран. Наша общая экспериментальная исследовательская база расположена на расстоянии 400 км над поверхностью Земли, существует благодаря скоординированному сотрудничеству России, Японии, США, Канады и европейских стран. В этом году у МКС юбилей – станция отмечает свое 20-летие. И мне, и Канаи, уверен, особенно приятно, что 20-летие МКС пришлось на перекрестный год наших стран.

**Путин:** Дорогие друзья! Мы знаем, что вы провели уже более 50 различных экспериментов, исследований. И вы абсолютно правы: решая задачи в космосе, вы создаете замечательную, необходимую атмосферу для решения задач, которые мы должны решать здесь, на Земле. Всего вам доброго! Удачи!

**Абэ:** Действительно, этот год является перекрестным годом, и мы с президентом господином Путиным будем участвовать в открытии перекрестного года между Японией и Россией. Не только на Земле, но и в космосе проводятся разные мероприятия, которые как раз подходят к нашему перекрестному году.

Позвольте мне в заключение, пользуясь случаем, пожелать вам, космонавтам, удачи в вашей дальнейшей работе. – А.К.





ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

▲ Антон Шкаплеров с помощью костюма «Чибис» готовится к возвращению на Землю

### Плаваем, как рыбы, летаем, как птицы

1 мая Фэйстел по видеосвязи пообщался со школьниками из Лорела (штат Монтана) – участниками программы NASA HUNCH, которая позволяет ребятам узнать обо всех возможностях трудоустройства в агентство и получить практический опыт работы с космической аппаратурой.

На следующий день Эндрю и Скотт ответили на вопросы школьников из Хайнесбурга (штат Вермонт), а Канаи – учащихся из города Макухари (префектура Тиба, Япония).

10 мая Фэйстел снял на видео работу системы генерации воды WRS для последующего создания образовательных роликов. 11 мая он в прямом эфире получил степень почетного доктора в Университете Пёрдью.

14 мая астронавты пообщались со школьниками, выдвинувшими свои эссе о космонавтике на конкурс, в Музее авиации и космонавтики в Тулсе (штат Оклахома). 22 мая Арнольд и Тингл ответили на вопросы участников технической образовательной программы в Сан-Фернандо (штат Калифорния).

18 мая Антон и Норсигэ поговорили с российскими и японскими школьниками в Токио.

«Ощущение невесомости очень интересное: мы здесь не ходим – мы скорее плаваем, как рыбы, и летаем, как птицы, – рассказал им Шкаплеров. – Сейчас экспедиции длятся в среднем около полугода. Однако у нас есть рекордсмены – Валерий Поляков, который провел в космосе полтора года (14,5 месяцев за один полет на станции «Мир» в 1994–1995 гг. – А.К.). Мы проводим эксперименты, направленные на то, чтобы человек мог находиться в космосе более длительный срок и по возвращении на Землю не испытывать проблем с гравитацией».

Канаи отметил, что в космосе физические нагрузки ощущаются гораздо меньше, чем на Земле. По его словам, одним из наиболее положительных моментов пребывания на МКС стало знакомство со Шкаплеровым. «Каждый день в космосе я нахожу что-то новое. Помимо экспериментов, у меня есть потрясающая возможность общаться с российскими коллегами», – подчеркнул он.

Школьники поинтересовались: попались ли космонавтам на орбите НЛО или иные необъяснимые явления?

«Нас часто спрашивают, видели ли мы какие-нибудь летающие тарелки или инопланетян. Я уже третий раз в космосе, но ничего такого, что нельзя было бы объяс-

нить законами физики или астрономии, не видел», – ответил Антон.

Перед учащимися также выступил астронавт Такуя Ониси, летавший на МКС в 2016 г. Он припомнил, что больше всего любил есть в космосе рис с японской подливкой карри, а иногда выменивал рис у российских космонавтов на борщ и рыбные консервы.

### Потеря связи с американским газоанализатором

1 мая Эндрю выполнил ежеквартальное обслуживание силового нагружателя aRED в Узловом модуле Tranquility: смазал направляющие и ролики и проинспектировал узлы вращения по оси X.

В тот же день Олег подключил дополнительные вентиляторы для улучшения температурного режима аккумуляторных батарей системы электропитания модуля «Звезда». 2 мая он наклеил липучую ленту велкро на батареи и раму.

1 мая Антон попросил ЦУП-М каждый день присылать на борт радиограмму по чистке для освобождения места на бортовом запоминающем устройстве высокочастотной радиотехнической системы X-диапазона, с помощью которой с российского сегмента МКС на приемный пункт в Москве передаются большие объемы целевой информации. Он объяснил свою просьбу тем, что в очереди на сброс скапливается очень много результатов работ.

2 мая Шкаплеров доложил, что при выполнении заправки и сепарации воды с помощью устройства сепарации в стационарной емкости ЕДВ для системы получения кислоты «Электрон-ВМ» образовался водяной пузырь на корпусе гидроавтомата и на штуцере шланга, соединяющего гидроавтомат и тройник. Для определения места утечки он пошевелил шланг, который легко вышел из штуцера гидроавтомата, а потом из штуцера тройника. Антон открутил гайки со штуцеров и определил, что зажимные конусные кольца, фиксирующие шланг в штуцерах, не выполняют свою функцию и не обеспечивают герметичность и фиксацию соединений.

3 мая космонавты исправили надпись на лакокрасочном покрытии быстростъемного винтового зажима № 3 на стыке между модулем «Звезда» и кораблем «Прогресс МС-08».

В тот же день Шкаплеров попросил «Землю» дать рекомендации по регулировке положения притяга на бегущей дорожке БД-2 в модуле «Звезда», так как не удается установить нагрузку меньше 60. Немного

### Космонавты сыграли в футбол

В мае Антон Шкаплеров и Олег Артемьев в преддверии Чемпионата мира по футболу, который пройдет в России с 14 июня по 15 июля 2018 г., поиграли в футбол в японском модуле Kibo с использованием официального мяча Telstar 18, доставленного на МКС кораблем «Союз МС-08» в конце марта (НК № 5, 2018, с. 12).

«Мы с Олегом решили разнообразить наши тренировки и поиграть в футбол!

Кстати, это официальный мяч Чемпионата мира по футболу–2018. И уже в это воскресенье (3 июня. – А.К.) мы доставим его на Землю», – написал Антон 31 мая в «ВКонтакте».

С видеозаписью игры космонавтов в футбол можно ознакомиться на <https://www.youtube.com/watch?v=ulo4U4fYMXg>. – А.К.



позднее, 4 мая, было отрегулировано положение каретки притяга, а 17 мая – натяжение полотна.

6 мая в 15:40 UTC по телеметрии было зафиксировано самопроизвольное отключение многофункционального пульта индикации в модуле «Поиск». Экипаж включил пульт, следуя бортовой инструкции.

В тот же день газоанализатор MCA в модуле Destiny потерял связь с внутренним мультиплексором/демультиплексором INT MDM. Газоанализатор перезапустили. 10 мая связь снова была потеряна. 14 мая экипаж подключил вакуумную магистраль к MCA для удаления воздуха из масс-спектрометра. После этого газоанализатор заработал.

Начиная с 7 мая по телеметрии стали поступать недостоверные показания температурного датчика T46 на баке азота BA5 во второй секции окислителя объединенной двигательной установки модуля «Звезда», связанные, по мнению специалистов, с отказом датчика.

8 мая астронавты осмотрели конденсационный насос, используемый для перекачки грязной воды в системе переработки воды WRS в модуле Tranquility. Дело в том, что 30 апреля насос стал издавать визжащий звук. По результатам инспекции ЦУП-Х запланировал замену роликов и шланга, что было проделано экипажем 31 мая.

8 мая Антон с помощью компрессора перекачал питьевую воду из бака BV1 системы «Родник» корабля «Прогресс МС-08» в четыре емкости ЕДВ и обжал оболочку бака. Он проинформировал ЦУП-М о том, что при заполнении водой раздулась ЕДВ № 1282, в результате чего с ее корпуса невозможно снять крышку.

10 мая по итогам обжата оболочки бака BV1 была выявлена ее негерметичность. Это означало, что в данный бак нельзя отправить ни урину, ни солевой раствор, удаляемые со станции.

22 мая в четыре емкости ЕДВ была перекачана питьевая вода из бака BV2 корабля «Прогресс МС-08», а 23–24 мая в обратном направлении – урина с российского сегмента и солевой раствор с американского.

10 мая россияне сменили блок фильтров углекислого газа в газоанализаторе ИК0501 в модуле «Звезда» по окончании ресурса. 10–11 мая ЦУП-Х обновил программное обеспечение (ПО) интегрированного блока связи ICU-1 до версии R4 после проблем, возникших в прошлом месяце (НК № 6, 2018, с.12).

11 мая астронавты сообщили, что тканевое покрытие вакуумной магистрали иллюминатора № 7 модуля Cupola распадается на кусочки.

14 мая в ассенизационно-санитарном устройстве (АСУ, или туалет) в отсеке WNC в модуле Tranquility были заменены приемник урины и фильтр-вставка. 25 мая по окончании ресурса было сменено аналогичное оборудование в туалете модуля «Звезда».

14 мая Шкаплеров проинформировал «Землю» о незагружающемся ноутбуке RSK-2. Причина – неисправен жесткий диск. 22 мая диск был заменен с установкой на него ПО версии 5.0. А 25 мая на ноутбуке активировали операционную систему Windows 7.

16 мая сработала защита в блоке дистанционного управления электропитанием

RPCM N21A4A-D в модуле Harmony, который обеспечивает подачу электропитания на нагреватель корпуса модуля около левого механизма пристыковки CBM.

21 мая экипаж подтянул быстросъемные винтовые зажимы на стыке между модулями «Заря» и «Рассвет».

22 мая в рамках подготовки к июньскому прилету на станцию корабля «Союз МС-09» «Земля» провела межбортовой тест аппаратуры радиотехнической системы сближения «Курс-П» модуля «Заря» со стороны модуля «Рассвет» совместно с аппаратурой «Курс-НА» корабля «Союз МС-07».

29 мая космонавты попытались проверить канал передачи телевизионного сигнала через американские средства связи в стандарте MPEG-2, однако столкнулись с отсутствием изображения на дисплеях видеоконтрольного устройства МАК-001, «Символа-Ц» и ноутбука SSC-2. ЦУП-М также не получал картинки. Оказалось, что отстыковался командный разъем камеры КЛ-160М телевизионной системы модуля «Звезда»...

25 мая «Земля» выдавала команды на включение системы кондиционирования воздуха СКВ-2 в модуле «Звезда», однако та не запустилась: напряжение на блок питания компрессорной установки подавалось, а ток отсутствовал. 28 мая экипаж настроил положение регулирующего клапана и вентиля подогрева ВН1 в аналогичной системе СКВ-1, но это не привело к восстановлению ее работоспособности вследствие того, что давление хладона на входе компрессорной установки было ниже рабочих значений. ЦУП-М продолжил выдавать команды на включение СКВ-2, но система так и не запустилась – по той же самой причине, что и тремя сутками ранее.

26 мая многократно срабатывал электроиндукционный извещатель дыма ИДЭ-3 № 6 в системе пожаробнаружения и пожаротушения модуля «Заря» с формированием предупредительного сигнала «Дым в ФГБ» на пульте сигнализации систем в модуле «Звезда». Экипаж доложил, что запаха гари и дыма не обнаружено, а показания газоанализатора CSA-CP в норме. Тем не менее

### «Науку» ждут в конце 2019 года

По информации журналиста Анатолия Зака, в мае было принято решение назначить запуск Многоцелевого лабораторного модуля «Наука» к МКС на ноябрь 2019 г.

Соответственно привязанное к «Науке» увеличение численности российского экипажа на станции с двух до трех человек планируется с октября 2019 г. – А.К.

космонавты отработали по пункту 2.1 красной книги EMER-1a аварийную процедуру «Первоначальные действия в случае пожара, дыма, запаха гари на МКС (срабатывание сигнализации или визуальное наблюдение)». Для снятия назойливого сигнала на пульте было обнулено аварийное сообщение «Дым в ФГБ».

25 мая система удаления углекислого газа CDRA в модуле Destiny отказала из-за того, что перекидной воздушный клапан ASV 104 оказался в недопустимом положении. 27 мая она вырубилась вследствие недоведения до нужного положения перекидного клапана углекислого газа CSV. А 31 мая CDRA снова отключилась из-за клапана ASV 104.

28 мая потерялась связь с блоком управления логики CLU на бегущей дорожке Colbert в модуле Tranquility. Его привели в чувство на следующий день путем перезагрузки карты памяти.

30 мая россияне по истечении срока службы заменили блок колонок очистки в системе регенерации воды из конденсата атмосферной влаги CPB-K2M в модуле «Звезда». В тот же день был сменен светильник в модуле Kibo.

31 мая в стойке Express-3 в модуле Columbus Фейстел заменил Ethernet-хаб PENV на усовершенствованный iPENG, который снимет сетевые ограничения, свойственные старому хабу. А в модуле Tranquility вследствие скачка тока в блоке перекачки жидкости FCPA вырубилась система переработки урины UPA. Запустить систему не удалось. Это первый отказ FCPA, имеющего планетарную зубчатую передачу вместо волновой. ■



# EVA-50: замена Frosty на Leaky, или Забытая карта памяти для видеокамеры

**А. Красильников.**  
«Новости космонавтики»

16 мая американские астронавты Эндрю Фэйстел и Ричард Арнольд осуществили выход в открытый космос с борта МКС.

Внекорабельная деятельность (ВКД) получила индекс EVA-50, что означало: 50-й выход из американского сегмента МКС, выполненный экипажем станции при отсутствии пристыкованных шаттлов. Фэйстел и Арнольд использовали скафандры EMU № 3006 и № 3003.

ВКД была рассчитана на 6,5 часов и включала следующие задачи:

- ◆ замена блока управления насосами PFCS на платформе ESP-1, расположенной на внешней поверхности Лабораторного модуля Destiny;
- ◆ замена стойки ETVCG с неисправным блоком поворотной камеры/светильника CLPA на модуле Destiny;
- ◆ замена отказавшего приемопередатчика/контроллера SGTRC-2 антенны Ku-диапазона SGANT-2 на секции Z1.

При открытии выходного люка Шлюзового отсека Quest хьюстонский ЦУП обратил внимание на вылетающие белые частички льда и счел нужным убедиться, что их источ-

ником не являются скафандры. Выход официально начался в 11:39 UTC с переключения скафандров на автономное питание.

Захватив сумки с инструментами, Эндрю и Ричард отправились на модуль Destiny к платформе ESP-1: первый – понизу станции через Узловой модуль Unity, второй – поверху через секцию S0 американской поперечной фермы. На платформе находился запасной блок PFCS, доставленный на станцию 17 лет назад – в марте 2001 г.

PFCS предназначен для прокачки и регулирования расхода аммиака с целью охлаждения аккумуляторных батарей, которые хранят электроэнергию, производимую восемью американскими солнечными батареями. В каждом из восьми каналов электропитания американского сегмента работает по одному такому блоку.

Как сообщил один из сменных руководителей полета МКС в NASA Энтони Бареха (Anthony Vareha), еще в 2003 г. на нагреватель блока PFCS на платформе ESP-1 перестало поступать электропитание. «Поэтому мы беспокоимся, что насосам стало немного холодно, вследствие чего прозвали блок Frosty («Замороженный»). – А.К., – пояснил он. – Мы собираемся переместить Frosty на секцию P6, чтобы включить его и получить данные,

позволяющие удостовериться в том, что его насосы действительно здоровы. Это скажет нам – хорошая запчасть или нет».

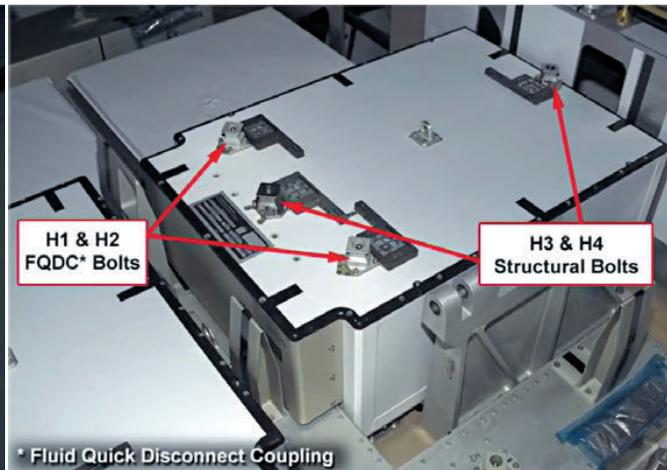
Место для Frosty на секции P6 было освобождено перед выходом. Наземные специалисты с помощью канадского дистанционного манипулятора SSRMS с ловкой насадкой Dextre сняли неисправный блок PFCS с секции P6 и временно установили его на платформе EOTR, расположенной на Dextre. После этого насадку пересадили на модуль Destiny.

Кстати, этот неисправный PFCS был заменен во время выхода в мае 2013 г. по причине утечки из него аммиака, в результате которой его стали именовать Leaky («Протекший»).

Так вот задачей Фэйстела и Арнольда было перемещение Frosty с платформы ESP-1 на платформу EOTR насадки Dextre, а Leaky – в обратном направлении. После выхода по командам с Земли манипулятор SSRMS перенесет Frosty на секцию P6.

Пока мы рассказывали о блоках PFCS, астронавты добрались до платформы ESP-1. Эндрю сконфигурировал якорь (фиксатор для ног) APFR, оставленный здесь в мартовском выходе (HK № 5, 2018, с.22-23), и забрался в него. Ричард установил стойку для вре-

▼ Замена блока управления насосами PFCS – главная задача выхода EVA-50



менного держания оборудования и мягкий поручень для удобства перемещения.

После этого Фэйстел снял экранно-вакуумную теплоизоляцию (ЭВТИ) с Frosty и с использованием шунтирующей перемычки, также подготовленной в предыдущем выходе, присоединил его к адаптеру FSE с целью сохранения аммиака из блока. Затем Арнольд закрыл клапаны в быстроразъемных соединениях аммиачных магистралей перемычки и вместе с напарником смонтировал на Frosty две ручки для его переноса.

Между тем выяснилось, что не снимает одна из взятых с собой видеокамер GoPro, так как астронавты перед выходом забыли вставить в нее SD-карту памяти... «Не работает, – донеслось с орбиты. – Показывает "Нет SD"». История умалчивает, кто оказался этим «неудачником».

Эндрю и Ричард переместились к Leaky, находившемуся на платформе EOTP, установили на нем ручки и открутили с помощью инструмента PGT болт, которым удерживался блок. Они сняли Leaky, перенесли и поставили его на стойку.

Потом Фэйстел снова зафиксировался в якоре APFR, отвернул болты, крепящие Frosty к платформе ESP-1, и приподнял блок, предоставив Арнольду возможность осмотреть и сфотографировать его нижнюю часть с электро- и гидроразъемами. После этого астронавты перенесли Frosty, «присобачили» его к платформе EOTP и сняли с блока ручки. Наконец, они установили Leaky на платформу ESP-1, закрутили болты, демонтировали ручки и укрыли блок ЭВТИ.

Пока Эндрю собирал инструменты и оборудование в сумки для их возвращения в модуль Quest, Ричард захватил якорь APFR и поспешил на секцию S0. Там он установил якорь на конце манипулятора SSRMS, которым Скотт Тингл управлял из Обзорного модуля Cupola, и «оседлал» его.

На манипуляторе Арнольда поднесли к порту CP13 на модуле Destiny, где располагалась стойка ETVCG с отказавшим блоком CLPA, который состоит из поворотного механизма, телекамеры стандартного разрешения CTVC и светильника. Ричарду предстояло демонтировать стойку и установить такую же с исправным блоком CLPA.

Стоит отметить, что изначально NASA намеревалось дооснастить стойку телекамерой высокого разрешения EHDC, однако при подготовке к EVA-50 экипаж не смог

▼ Ричард Арнольд



▲ Эндрю Фэйстел

надёжно присоединить EHDC к стандартной телекамере CTVC из-за проблем с взведением механизма держателя на последней. Во избежание возможной отстыковки EHDC в процессе ее эксплуатации наземные специалисты решили оставить телекамеру внутри станции до окончания разбирательства.

Тем временем Фэйстел уже принес напарнику сумку с новой стойкой. Трудностей у Ричарда при смене стоек не возникло. После этого Тингл переместил Арнольда на манипуляторе с сумкой со старой стойкой обратно на секцию S0. Ричард снял якорь с манипулятора и закрепил его на одной из тележек CETA, передвигающейся по американской поперечной ферме.

Эндрю отнес сумку со старой стойкой в модуль Quest, взял другую с новым приемопередатчиком/контроллером SGTRC и «вскарбалкался» на секцию Z1.

Проблемы с электропитанием SGTRC-2 антенны Ku-диапазона SGANT-2 в январе привели к потере на несколько часов связи с американским сегментом в Ku-диапазоне (HK №3, 2018, с.11), после чего «Земля» была вынуждена переключиться на аналогичный SGTRC-1 антенны SGANT-1. В феврале экипаж помогал ЦУП-Х выяснить причину. По-видимому, после этого для восстановления резервирования решили менять SGTRC-2, расположенный на секции Z1. Интересный момент: неисправный SGTRC-2 был установлен во время выхода в

июле 2013 г. и сменил приемопередатчик/контроллер, вышедший из строя в декабре 2012 г. (HK №9, 2013, с.10).

Фэйстел смонтировал стойку на секции Z1 для облегчения замены SGTRC и без трудностей заменил приемопередатчик/контроллер. Отказавший SGTRC вместе со стойкой был возвращен в модуль Quest.

На этом выполнение основных задач EVA-50 завершилось. А поскольку оставалось еще достаточно времени, то специалисты дали астронавтам «добро» на дополнительные задачи.

Эндрю сходил на секцию S1, где установил один (по другим данным, два) T-образный держатель на захвате RGB, который пригодится в будущем при замене радиатора. Там же он демонтировал подкос на поворотной муфте с гибкими аммиачными магистралями FHRC.

Ричард снял ЭВТИ с запасного блока коммутации постоянного тока DCSU, находящегося на платформе ELC-2 на секции S3. Кроме того, он зафиксировал юбку ЭВТИ.

Выход завершился в 18:10, продлившись 6 час 31 мин. Это была 399-я ВКД в мире, 251-я – в американских скафандрах и 210-я – в рамках программы МКС (суммарная длительность – 1312 час 41 мин). Фэйстел за восемь выходов набрал в сумме 54 час 59 мин (седьмое место в мире), Арнольд за четыре – 25 час 15 мин.

Юбилейная, 400-я ВКД первоначально планировалась на 30 мая с теми же самыми участниками. Однако, по словам руководителя интеграционных операций на МКС в NASA Кеннета Тодда (Kenneth Todd), впоследствии было принято решение не перегружать экипаж в период между прилетом и грузом корабля Cygnus (OA-9) 24 мая и приземлением пилотируемого корабля «Союз МС-07» 3 июня. Поэтому выход отложили на 14 июня.

Во время EVA-51 предполагается выполнить следующие задачи: установка двух телекамер EHDC на Узловом модуле Harmony для наблюдения стыковок американских пилотируемых кораблей к гермоадаптеру PMA-2; замена телекамеры EHDC и светильника в точке CP3 на секции S1; закрытие крышки на телескопе лазерной системы CATS на платформе JEF японского Экспериментального модуля Kibo. ■



# Троица ушла в свободный полет

11 мая астронавт JAXA Норисиге Канаи запустил с помощью манипулятора японского модуля «Кибо» три наноспутника – турецкий UBAKUSAT, кенийский 1KUNS-PF и костариканский Irazu – доставленные на МКС в апреле.

Трехблочный (3U) кубсат UBAKUSAT (или UBAK-3U-SAT) массой 4 кг разработан студентами Лаборатории проектирования и испытаний космических систем SSDTL\* (Space Systems Design and Test Lab) факультета аэронавтики и астронавтики Стамбульского технического университета ITU (Istanbul Technical University) в кооперации с Японским космическим форумом JPF (Japan Space Forum) и Технологическим институтом Кюсю KIT (Kyushu Institute of Technology). Он является упрощенным вариантом спутника TurkSat-3U-Sat, запущенного 26 апреля 2013 г. китайским носителем CZ-2D в качестве попутного груза (НК № 6, 2013, с.46-49).

Договор по разработке и запуску UBAKUSAT между Стамбульским техническим университетом и представителями японских правительственных организаций был подписан 8 сентября 2016 г. в Анкаре. Техническую поддержку оказывали Министерство транспорта, мореходства и связи Турции, Японское агентство аэрокосмических исследований JAXA и Технологический институт Кюсю.

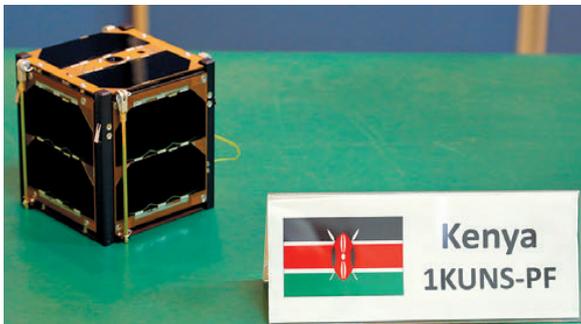
UBAKUSAT – технологический демонстратор с функцией обеспечения голосовой связи для любительских радиостанций по всему миру. На спутнике имеется линейный транспондер, похожий на подобное устройство кубсата TURKSAT-3U-SAT, а также экспериментальная плата расширения разработки Турецкой организации любительской спутниковой связи TAMSAT (Turkish Amateur Satellite Technologies



Organisation), обеспечивающая передачу телеметрической информации и сбор данных об окружающей радиационной обстановке.

В зависимости заряда батареи КА будет пребывать в нормальном либо защищенном режиме. При высоком уровне заряда транспондер передает радиосигналы на протяжении 10 мин, а затем в течение 10 мин молчит; при низком сигнал передается в течение 5 мин с паузами в 20 мин. Ожидается, что в свободном полете до схода с орбиты он проработает от 6 до 12 месяцев.

Первый кенийский университетский наноспутник 1KUNS-PF\*\* – одинарный (1U) кубсат, разработанный Университетом Найроби в сотрудничестве с Римским университетом La Sapienza и Итальянским космическим агентством в качестве прототипа кенийско-итальянского микроспутника дистанционно зондирования.



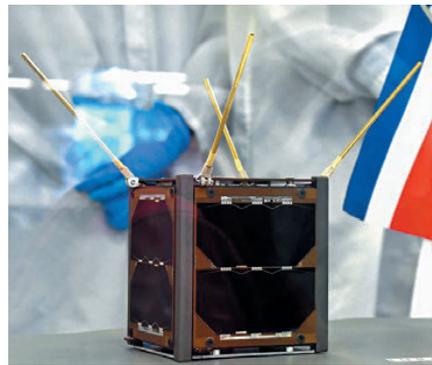
Идея запуска спутника возникла в сентябре 2015 г. и началась с проектирования КА. Проект получил финансовую поддержку, когда в 2016 г. Университет Найроби выиграл по конкурсу грант от Управления ООН по вопросам космического пространства (UN OOSA). На этом этапе к проекту подключилось JAXA. Стоимость программы составила около 1 млн \$.

Цель проекта 1KUNS-PF – тестирование на орбите следующих систем:

- ◆ панели кремниевых солнечных элементов;
- ◆ платы телеметрии;
- ◆ системы трехосной ориентации, использующей импульсные силовые маховики.

Целевой полезной нагрузкой является камера для картографирования сухопутной части Кении, мониторинга береговой линии и выявления незаконных вырубок леса.

Миссия складывается из двух фаз. На первой кубсат передает сигнал маяка, содержащий данные телеметрии о работе бортовых систем. Когда надежная связь с Землей установлена, кубсат начинает функционировать в номинальном режиме, выстраивая пассивную магнитную стабилизацию; маяк на время выключается – и КА переходит в



режим ожидания команд с Земли. Телеметрия хранится на борту и при пролете над наземной станцией сбрасывается. В случае успешного выполнения данных операций минимальные цели миссии считаются выполненными.

Второй номинальный режим работы, активируемый специальной командой с Земли, предназначен для получения изображений и для испытаний импульсных маховиков. Если эти два действия выполнены правильно, миссия считается полностью успешной.

После начала автономного полета сигнал от 1KUNS-PF был успешно получен с наземной станции Университета La Sapienza. Предполагается, что до входа в атмосферу спутник пробудет на орбите 12–18 месяцев.

Irazu (он же Batsu-CS 1) – одинарный (1U) кубсат массой 1 кг, построенный Центральноамериканской ассоциацией аэронавтики и космоса CAAE (Central American Association of Aeronautics and Space) в кооперации с Технологическим институтом Коста-Рики ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica) на основе платформы датской компании GOMSpace.

Аппарат имеет шесть подсистем; первые пять (конструкция, системы терморегулирования, электропитания, связи и бортовой компьютер) наличествуют практически у любого современного кубсата, а полезная нагрузка обычно зарезервирована для научного компонента. В данном случае полезной нагрузкой является дополнительный бортовой компьютер, работающий в качестве блока инерциальных измерений (угловая скорость и линейное ускорение спутника), а также для фиксации магнитного поля, окружающего спутник, путем использования массива датчиков, включая гироскопы, акселерометры и магнитометры.

Поскольку проект Irazu имеет научную составляющую, полезная нагрузка использовалась в образовательных целях. Дополнительный бортовой компьютер разрабатывается инженерами Коста-Рики для работы в качестве блока инерциальных измерений, но главным образом для обеспечения этих специалистов опытом проектирования, изготовления, тестирования и эксплуатации компонента КА.

Irazu не имеет подсистемы управления ориентацией. При наличии всенаправленной антенны и отсутствии целевой полезной нагрузки, работающей в определенном режиме ориентации и стабилизации, потребности в такой системе нет. ■

\* Это уже второй наноспутник, построенный студентами SSDTL; первым был ITUpSAT1, запущенный 23 сентября 2009 г. в качестве вторичного полезного груза на индийской ракете-носителе PSLV (НК № 11, 2009, с.43-46).

\*\* Это третий кубсат африканских стран после GhanaSat-1 и Nigeria EduSat-1, выведенных 3 июня 2017 г. ракетой Falcon 9 с грузовым кораблем Dragon (миссия CRS-11).

А. Красильников.  
«Новости космонавтики»

21 мая в 04:44:10 EDT (08:44:10 UTC) со стартового комплекса 0A Среднеатлантического регионального космопорта MARS, находящегося на территории принадлежащего NASA Центра полетов Уоллопс, специалисты компании Orbital ATK осуществили пуск ракеты-носителя Antares 230 с транспортным грузовым кораблем Cygnus («Лебедь», полет OA-9).

Грузовик получил собственное имя «Джеймс Роберт Томпсон» в честь президента и главного управляющего компании Orbital Sciences Corporation до ее слияния с фирмой Alliant Techsystems и образования Orbital ATK.

На 540-й секунде полета «Лебедь» отделился от второй ступени носителя. Orbital ATK сообщила об установлении надежной связи с кораблем и раскрытию его панелей солнечных батарей. Кораблю присвоили номер 43474 и международное обозначение 2018-046A в американском каталоге.

Согласно пресс-киту Orbital ATK, расчетные параметры орбиты выведения составляли: наклонение – 51.63°; высота – 189×296 км. В ходе трансляции запуска были приведены фактические параметры орбиты: 51.63°; 198×319 км – снова дала о себе знать повышенная энергетика «Антареса» (НК № 1, 2018, с.13).

Наконец, по орбитальным элементам Стратегического командования США была определена следующая орбита после первой коррекции:

- наклонение – 51.60°;
- минимальная высота – 220.8 км;
- максимальная высота – 314.2 км;
- период обращения – 89.80 мин.

Масса «Лебеда» при старте составляла 6173 кг, в том числе 3350 кг грузов и 800 кг топлива.

### **И срок выдержали, и погода не помешала**

Удивительно, но заявленный в ноябре 2017 г. план запуска OA-9 в мае 2018 г. удалось выполнить. Правда, первоначальная дата – 1 мая – сдвинулась на 9-е, а потом на 20 мая. Причинами явились постоянные уточнения графика полетов к МКС.

17 мая в дождливую погоду ракету-носитель «Антарес» вывезли на стартовый комплекс. А на следующий день компания Orbital ATK объявила о переносе пуска на 21 мая для обеспечения дальнейших предстартовых проверок. Да и погодные условия на эту дату прогнозировались более благоприятными:

### **Юбилейный космический запуск**

Состоявшийся старт стал 200-м по программе МКС.

За 20 лет в рамках проекта были запущены:

- ◆ 91 пилотируемый корабль – 54 российских «Союзов» и 37 американских шаттлов (в том числе с модулями и конструкциями МКС);
- ◆ 107 грузовых кораблей – 71 российский «Прогресс» (из них два с модулями станции), 25 американских «Драконов» и «Лебедей», пять европейских ATV и шесть японских HTV;
- ◆ два модуля МКС – «Заря» и «Звезда».

Из этого числа пять грузовиков – три «Прогресса» и по одному «Дракону» и «Лебедю» – не добрались до станции по вине средства выведения.



## **«Джеймс Томпсон» на «Антаресе» с подержанной ступенью**

метеорологи ожидали, что прохождение над островом Уоллопс холодного фронта с дождями завершится к моменту старта.

Запуск намечался в 04:39:11 EDT – на начало стартового окна длительностью пять минут. За три часа до пуска специалисты так называемой «красной команды» были срочно отправлены на стартовый комплекс, чтобы разобраться с возникшей проблемой с клапанами, регулирующими подачу азота. Параллельно шло восстановление работоспособности двух радиолокационных станций С-диапазона, задача которых была отслеживать полет «Антареса». У первой вышел из строя кодер, у второй – привод вращения антенны по азимуту.

За полтора часа до запуска погода выставляла «красный флаг» – над Атлантическим океаном вблизи космодрома сформировался грозовой ливень. Метеорологи предсказали, что он уйдет из зоны безопасности, и в связи с этим время пуска было сдвинуто на конец стартового окна.

В результате погода смиловилась – и руководитель пуска в Orbital ATK Адам Льюис (Adam Lewis) дал добро на старт.

### **Многоразовое использование российских двигателей**

Полет OA-9 стал девятым из 11 планирующихся для «Лебедей» по программе первого этапа коммерческого снабжения станции CRS 1, в рамках которой компания Orbital ATK предстоит доставить на МКС около 30 т грузов.

В составе улетевшей ракеты-носителя «Антарес» применялась первая ступень (изделие 2TRS2S1.6 с заводским № 70104303), изготовленная украинским ПО «Южный машиностроительный завод» имени А. М. Макарова. На ступени стояли двигатели РД-181 № 2А и № 3А, произведенные химкинским НПО Энергомаш имени академика В. П. Глушко.

Изначально данная ступень была оборудована двигателями AJ26-62 (модернизированные советские НК-33). Однако в октябре 2014 г. случилась авария «Антареса» (НК № 12, 2014, с.1-7), после которой приняли решение о замене AJ26-62 на РД-181.

С целью интеграции новых двигателей ступень, которая на момент аварии хранилась в США, модернизировали без возврата на Украину. Были доработаны ее топливные баки, созданы новые переходная рама и магистрали подачи топлива из баков к двигателям, модернизировано программное обеспечение и бортовое радиоэлектронное оборудование для управления вектором тяги двигателей.

В мае 2016 г. ступень применялась при тестовом прожиге двигателей РД-181 № 2А и № 3А на стартовом комплексе (НК № 7, 2016, с.26-27). Как отмечается в пресс-релизе НПО Энергомаш, прожиг, при котором проверялась совместная работа всех систем и двигателей, продолжался 30 секунд. После этого были проведены анализ параметров работы всех систем «Антареса», в том числе двигателей, и диагностика состояния материальной части, которые показали, что ступень может быть использована для полета OA-9.

«Мы провели эти работы в рамках наших контрактных обязательств с Orbital ATK, – отметил главный конструктор НПО Энергомаш Пётр Лёвочкин. – Так что благодаря нашим зарубежным партнерам и РН «Антарес», весь мир смог наглядно убедиться в возможности многоразового использования наших двигателей. И хотя опыт создания многоразовых двигателей у нас есть (РД-170 был сертифицирован на 10-кратное использование), сегодня это впервые было продемонстрировано в составе ракеты-носителя».

Модернизация ступени привела к тому, что она пропустила вперед изделие 2TRS2S1.7 № 70105301 с двигателями РД-181 № 4А и № 5А, стартовавшее в миссии OA-5 в октябре 2016 г. (НК № 12, 2016, с.26-32), и изделие 2TRS2S1.8 № 70105401 с двигателями РД-181 № 8А и № 9А, запущенное в полете OA-8 в ноябре 2017 г. (НК № 1, 2018, с.13-19).

Стоит отметить, что в миссии OA-9 был испытан модернизированный головной обтекатель «Антареса», а в «Лебеде» установили новый вентилятор.

Кстати, руководитель программы «Антарес» в Orbital ATK Курт Эберли (Kurt Eberly) рассказал, что в полете OA-8 специалисты зафиксировали под обтекателем влажность,

которая была вызвана попаданием воды при вывозе РН на стартовый комплекс в дождь. «Поэтому мы сделали некоторые усовершенствования с точки зрения противодействия погоде, и, кроме того, у нас есть новый непромокаемый брезент, закрывающий обтекатель во время вывоза на стартовый комплекс», – пояснил он.

### «Антарес» модернизируют для CRS 2

Два оставшихся запуска «Лебедей» по программе CRS 1 планируется осуществить в ноябре 2018 г. (полет OA-10) и апреле 2019 г. (OA-11). В этих полетах будут использоваться первые ступени 2TRS2S1.9 №70107301 и 2TRS2S1.10 №70107302, отправленные в США в декабре 2016 г. Двигатели РД-181 для данных ступеней также уже находятся в США.

По словам директора подразделения перспективных программ в компании Orbital ATK Франка ДеМауро (Frank DeMauro), в ходе миссии OA-10 «Лебедь» после отстыковки от МКС будет совершать длительный тестовый автономный полет.

Кроме того, он сообщил, что начиная с полета OA-11 появится возможность доукомплектовывать грузы в «Лебедь» за сутки до запуска. В настоящее время данная операция производится за четыре дня до пуска перед накаткой головного обтекателя в монтажно-испытательном корпусе HIF.

«Команда «Антареса» делает доработку, благодаря которой верхняя часть обтекателя сможет сниматься, что даст команде доступ к грузовику, – пояснил Ф. ДеМауро. – Мы сможем открыть люк через снятую верхушку, положить последние грузы, закрыть люк и переустановить верхний конус обтекателя. И мы сделаем это вне стартового комплекса».

По программе CRS 2 на МКС предполагается отправить как минимум шесть «Лебедей». Первый пуск (миссия OA-12) намечается в октябре 2019 г.

В январе 2018 г. первый заместитель генерального директора по экономике и

финансам ПО «Южмаш» Константин Завгородний сообщил, что в настоящее время предприятие продолжает выполнять работы по соглашению с Orbital ATK, подписанному в 2008 г.: «В рамках контракта предусмотрено изготовление 14 основных блоков первой ступени с комплектом ЗИП, из которых десять комплектов (с 2TRS2S1.1 по 2TRS2S1.10. – А.К.) уже отгружены заказчику. Сейчас одно изделие (2TRS2S1.11. – А.К.) готово к отгрузке. В производстве находятся оставшиеся три изделия, работы по которым продолжатся в 2018 г.».

По словам Константина Васильевича, годовая потребность в «Антаресах» составляет два пуска в год до 2025 г. «Южмаш» рассчитывает на дополнительный заказ восьми новых изделий сверх действующего контракта, – сказал он.

К. Эберли отметил, что при пусках «Антаресов» по программе CRS 2 планируется доставлять больше грузов, чем в рамках программы CRS 1. При этом будет использоваться модернизированная версия носителя, получившая название Antares 230+.

«Наиболее значительная вещь на первой ступени – это то, что мы собираемся добавить немного прочности конструкции межбакового отсека и переднего отсека перед баком окислителя, – пояснил он. – И мы сможем использовать двигатели (РД-181. – А.К.) на максимальной тяге, 100% в течение всего времени работы первой ступени. Сейчас на версии Antares 230 мы снижаем тягу при прохождении участка максимального скоростного напора, потому что не хотим перегружать корпус ступени».

Изменения также коснутся второй ступени Castor-30XL с оптимизированным выживанием заряда твердого топлива.

Ф. ДеМауро поведал, что в полетах OA-12, -13 и -14 намечается использовать «Антаресы», а для следующих трех миссий носитель пока не выбран, так как заказчик еще не определился с тем, какую массу грузов и в какие сроки необходимо доставить.

«Ориентир таков, что все эти полеты будут на «Антаресах», однако NASA может прийти к нам и сказать, что хотело бы более грузоподъемную миссию, и тогда это будет Atlas V. Или сообщит, что требуется доставка негерметичных грузов», – объяснил он.

### Первое сближение под дирижерством C2V2

«Джеймс Томпсон» стал первым кораблем, который на заключительном этапе приближался к МКС с использованием единой американской системы связи и навигации C2V2 (Common Communications for Visiting Vehicles). В будущем данная система будет применяться при сближении всех грузовых и пилотируемых кораблей, стыкующихся к американскому сегменту станции.

В настоящее время с целью обеспечения причаливания у наших соседей по МКС используются две системы связи УКВ-диапазона: японская PROX для кораблей HTV и Cygnus и американская CUCU – для Dragon. Поскольку данные системы имеют различные возможности и ограничения, то NASA решило стандартизировать требования и создать систему C2V2, функционирующую в S-диапазоне. Она имеет более высокую

Расчетная циклограмма автономного полета «Лебедя»	
Дата и время, UTC	Событие
21.05.2018, 09:32:50	Маневр TAB1 (длительность – 102 сек, величина – 6.41 м/с)
21.05.2018, 14:01:51	Маневр DV1 (486 сек, 30.62 м/с)
22.05.2018, 01:30:58	Маневр DV3 (393 сек, 24.95 м/с)
22.05.2018, 09:59:27	Маневр DV4 (310 сек, 19.81 м/с)
22.05.2018, 21:22:26	Маневр DV5 (12 сек, 0.79 м/с)
23.05.2018, 04:12:02	Маневр DV5 (12 сек, 0.79 м/с)
23.05.2018, 09:31:53	Маневр DV6 (12 сек, 0.79 м/с)
23.05.2018, 19:35:00	Маневр DV7 (3 сек, 0.2 м/с)
24.05.2018, 00:57:12	Маневр DV8 (3 сек, 0.2 м/с)
24.05.2018, 06:23:30	Маневр ADV1
24.05.2018, 06:57:30	Маневр ADV2
24.05.2018, 07:41:30	Маневр ADV3
24.05.2018, 07:55:30	Маневр ADV4
24.05.2018, 08:09:30	Прибытие в точку в 250 м под МКС
24.05.2018, 08:53:30	Прибытие в точку 30 м
24.05.2018, 09:12:32	Прибытие в точку захвата
24.05.2018, 09:20:00	Захват корабля манипулятором SSRMS

скорость и обеспечивает разнородную двустороннюю связь с МКС: голосовую, телеметрическую, навигационную и передающую видеoinформацию.

Напомним, что во время выхода в открытый космос в марте 2015 г. на секциях S3 и P3 американской поперечной фермы станции были смонтированы и подключены антенны и лазерные световозвращатели системы C2V2 (HK №4, 2015, с.11-12). В марте-апреле 2016 г. внутри Лабораторного модуля Destiny были установлены и протестированы два связанных блока новой системы.

«До этого мы летали с японской системой PROX, но NASA для программы CRS 2 потребовало перейти на систему C2V2, поэтому мы решили сделать это раньше, чем CRS 2, и это первый полет, в который мы полетели с данным средством, – пояснил Ф. ДеМауро. – Это очень важная система не только на аппаратном уровне, но и на уровне корабля. И она прошла огромный объем тестирования. Мы выполнили интеграционные испытания с NASA и спутниковой системой слежения и ретрансляции TDRSS. NASA, осуществив собственное тестирование, удостоверилось, что вся система работоспособна».

24 мая в 09:26 UTC американец Скотт Тингл с помощью канадского дистанционного манипулятора SSRMS поймал «Лебедя». После этого по командам наземных специалистов грузовик был перемещен и в 12:13 присоединен к нижнему порту Узлового модуля Unity.

«Лебедь» пробудет на станции до 15 июля. С его помощью предусмотрен тестовый подъем орбиты МКС примерно на 100 м с выдачей импульса 0.06 м/с (HK №5, 2018, с.18). Он запланирован между прибытием грузового корабля «Прогресс МС-09» 10 июля и уходом «Лебедей». При этом для выполнения маневра станция после прибытия «Прогресса» оставят в ориентации, построенной для стыковки российского грузовика.

«Мы протестируем его и посмотрим, работает ли это. Маневр определенно открывает нам ряд возможностей в будущем, – полагает руководитель программы МКС в NASA Кирк Ширман (Kirk Shireman). – Орбита повышается несколько раз в год, а в конце жизни станции нам предстоит свести ее с орбиты, и, конечно, нужно сделать это очень аккуратно. Это очень большая станция, и мы хотим свалить ее в определенном месте планеты. Нам требуется больше способов для осуществления этого». ■





В полете корабля Cygnus OA-9 21 мая большая часть доставленных на МКС грузов пришлось на оборудование для служебных систем и агрегатов станции, чуть меньше – на аппаратуру и расходные материалы для исследований и экспериментов (табл. 1).

Суммарная масса грузов, привезенных «Лебедем», была почти такой же, как и в последних миссиях 2016–2017 гг., – примерно 3350 кг (табл. 2).

Грузы для экипажа (продукты питания, одежда, предметы личной гигиены исылки) составили меньшую долю, чем обычно. Очевидно, их достаточно прибыло на предыдущем грузовике – Dragon (миссия SpX-14), только за две недели до этого ушедшего от причала МКС.

На внешней поверхности Cygnus OA-9, как и в нескольких предыдущих миссиях, присутствовали «негерметичные полезные нагрузки» – очередная партия наноспутников в пусковых контейнерах общей массой 82 кг, которыми планируется «выстрелить» во время автономного полета корабля.

**Табл. 1. Номенклатура грузов миссий кораблей Cygnus (включая массу упаковки)**

Тип грузов	Масса, кг
<b>Грузы в герметичном грузовом отсеке РСМ-Е</b>	
Оборудование и материалы для научных исследований	1021
Грузы для экипажа	811
Оборудование для служебных систем американского сегмента МКС	1191
Оборудование для работ в открытом космосе	132
Электронное и компьютерное оборудование	100
Грузы для российского сегмента	13
<b>Итого герметичные грузы</b>	<b>3268</b>
<b>Грузы, размещенные снаружи корабля</b>	
Грузы для научных исследований (малые КА)	82
<b>Всего масса полезной нагрузки в миссии OA-9</b>	<b>3350</b>

### Наука «Лебедя»

В герметичном грузовом отсеке РСМ-Е корабля на МКС было доставлено более тонны оборудования и материалов для продолжения нескольких десятков научных исследований и экспериментов, запланированных на 55-ю и 56-ю экспедиции.

Пожалуй, наиболее интересная среди них – установка Cold Atom Laboratory (CAL, Лаборатория холодных атомов), созданная в Лаборатории реактивного движения NASA. Она предназначена для исследования свойств атомов в конденсате Бозе–Эйнштейна при сверхнизких температурах. Сверхнизкие – это, например, 100 пикокельвинов, иными словами  $10^{-10}$  К. При таких низких температурах обычные понятия твердого, жидкого и газообразного состояний перестают существовать. Атомы, находящиеся в состоянии, близком к нулевой энергии, формируют новые формы материи, которые, по сути, являются квантовыми. Для сравнения: средняя температура реликтового излучения, то есть температура нынешней Вселенной, составляет 2.75 К.

Немного физики для понимания всей революционности отправки на МКС установки CAL. Конденсат Бозе–Эйнштейна (КБЭ) является состоянием вещества, основу которого составляют бозоны, охлажденные до температур меньше миллионной доли кельвина, то есть близких к абсолютному нулю. В таком сильно охлажденном состоянии достаточно большое число атомов оказывается в своих минимально возможных квантовых состояниях, и квантовые эффекты начинают

## На уровне пикокельвинов Грузы Cygnus OA-9

В. Мохов.  
«Новости космонавтики»

проявляться на макроскопическом уровне – поддаются измерениям и даже наблюдению невооруженным глазом.

Теоретически существование КБЭ было предсказано еще в 1925 г. Альбертом Эйнштейном (Albert Einstein) на основе работ индийского физика Шатьендраната Бозе (Satyendra Nath Bose) как следствие из законов квантовой механики, но лишь 5 июня 1995 г. первый КБЭ был получен экспериментально. Это произошло в Объединенном институте лабораторной астрофизики (JILA), совместно финансируемом Университетом Колорадо в Боудере и Национальным институтом стандартов и технологии США. Эрик Корнелл (Eric Cornell) и Карл Виман (Carl Wieman) получили КБЭ из атомов бета-радиоактивного изотопа рубидия-87 ( $^{87}\text{Rb}$ ) при чрезвычайно низкой плотности (около  $10^{-5}$  от плотности обычного воздуха), доведенного до 170 нанокельвинов путем лазерного охлаждения. Этот процесс основан на поглощении атомами фотона с последующим спонтанным переизлучением фотона с большей частотой, чем у поглощенного фотона. Разность энергий этих фотонов «заимствуется» из энергии теплового движения атома.

В результате Корнеллу и Виману удалось экспериментально подтвердить существование КБЭ. За эту работу им – совместно с Вольфгангом Кеттерле (Wolfgang Ketterle) из Массачусеттского технологического института, который четырьмя месяцами позднее получил КБЭ из атомов натрия  $^{23}\text{Na}$  с использованием принципа удержания атомов в магнитной ловушке, – была присуждена Нобелевская премия по физике в 2001 г.

КБЭ позволяет получить феноменальные результаты в различных областях физики. Так, сверхпроводимость и сверхтекучесть можно рассматривать как следствие эффекта конденсации Бозе–Эйнштейна. Свет в КБЭ замедляется до невиданных значений: в 2000 г. группа ученых из Гарвардского университета зафиксировала скорость пучка света 0.2 мм/с при прохождении его через КБЭ из атомов рубидия. До этого «антире-

корд» составлял 16.7 м/с при прохождении света сквозь пары натрия при температуре 1.15 К.

Поведение КБЭ порой совершенно парадоксально. Например, два КБЭ при соединении не смешиваются, как газы, а интерферируют, проявляя волновые свойства, то есть формируют тонкие параллельные слои вещества, разделенные прослойками пустого пространства. Атом одного КБЭ может «сложиться» с атомом другого – а в результате не останется ни одного атома.

Теоретически было понятно, что на околоземной орбите КБЭ можно сохранять и наблюдать значительно дольше, чем на Земле: до 10 сек и более против долей секунды при земной гравитации. Это, помимо прочего, дает исследователям уникальную возможность наблюдать взаимодействие атомов КБЭ между собой. Поэтому когда в 2011 г. Национальный исследовательский совет США (NRC) сформулировал для NASA предложения по десятилетней программе приоритетных направлений космических исследований, в раздел фундаментальной физики попали квантовые газы (это как раз КБЭ). В NASA эти работы были поручены Лаборатории реактивного движения, результатом которых и стала «Лаборатория холодных атомов», и уже в 2014 г. прошли испытания наземного прототипа установки CAL, рассчитанной на последующую отправку на МКС.

**Табл. 2. Миссии кораблей Cygnus и массы доставленных ими грузов (по данным NASA)**

Миссия	Старт	Стыковка	Расстыковка	Сход с орбиты	Масса доставл. грузов, кг (включая упаковку)
OA-D1	18.09.2013	29.09.2013	22.10.2013	23.10.2013	590
OA-1	09.01.2014	12.01.2014	18.02.2014	19.02.2014	1261
OA-2	13.07.2014	16.07.2014	15.08.2014	17.08.2014	1494
OA-3	28.10.2014	02.11.2014	03.12.2014	04.12.2014	2294
	авария PH	(план)	(план)	(план)	
OA-4	06.12.2015	09.12.2015	19.02.2016	20.02.2016	3513
OA-6	23.03.2016	26.03.2016	14.06.2016	22.06.2016	3395
OA-5	17.10.2016	23.10.2016	21.11.2016	27.11.2016	2342
OA-7	18.04.2017	22.04.2017	04.06.2017	11.06.2017	3459
OA-8	12.11.2017	14.11.2017	05.12.2017	18.12.2017	3338
OA-9	21.05.2018	24.05.2018	18.07.2018	После	3350



Установка CAL состоит из двух модулей. Основной имеет габариты 881×516×506 мм (это размер четырех стандартных ячеек в стойке американского сегмента МКС) и массу 205 кг. В нем расположены научный блок, где собственно и образуется конденсат, блок с шестью лазерами, обеспечивающими охлаждение, а также блок с электронным оборудованием и системами наблюдения за ходом эксперимента. Второй модуль имеет габариты 440×516×253 мм (размер одной стандартной ячейки) и массу 62 кг. В нем находятся вспомогательные электронные системы установки для сбора и передачи данных, управления и пр. Оба модуля установят в научной стойке EXPRESS в Лабораторном модуле Destiny.

На орбите предполагается исследовать КБЭ, состоящие из атомов изотопа рубидия <sup>87</sup>Rb и изотопов калия <sup>39</sup>K и <sup>41</sup>K с остаточной кинетической энергией ниже 100 пК, а также смесей этих БЭК с временем наблюдения более 5 сек. Планируется также изучать два вида вырожденных газов (на свойства которых существенно влияют квантовомеханические эффекты) – типов Бозе–Бозе и Бозе–Ферми. Кроме того, CAL позволит исследовать свойства квантовых газов при наличии внешних магнитных полей, наблюдать их атомную интерферометрию, исследовать методы экстремального охлаждения.

Установка, рассчитанная на работу в течение 6,5 часов в сутки, управляется по командам с Земли. Участие экипажа потребуются только на этапах ее установки в стойку и обслуживания.

Результаты исследований с помощью CAL не только будут использоваться фундаментальной наукой, но и получат прикладное применение: например, при разработке сверхпроводящих квантовых интерференционных установок, лазерных атомных часов и датчиков на основе атомной интерферометрии, таких как гравитационный градиометр для глобального картографирования гравитационного поля Земли.

Прибывший «Лебедь» доставил на МКС аппаратуру *Biomolecule Extraction and Sequencing Technology (BEST)* для идентификации неизвестных микробов, находящихся на МКС, методом секвенирования, то есть определения их аминокислотной или нуклеотидной последовательности. Это продолжение исследований, начатых в эксперименте Genes in Space 3, во время которого

с сентября 2016 г. по февраль 2018 г. проводилась идентификация бактерий на МКС. Тогда для определения типа бактерий требовалась их культивация из образца, который затем приходилось возвращать на Землю, чтобы выявить мутации. Аппаратура BEST позволяет отказаться от культивации, чтобы не увеличивать количество потенциальных патогенов на станции, а также проводить анализ сразу на борту.

Европейская модульная стойка *Ice Cubes* предназначена для размещения в ней небольших коммерческих экспериментальных установок. Она будет смонтирована в модуле Columbus. *Ice Cubes* разработана по заказу EKA бельгийской компанией Space Applications Services.

Технологическая установка *Zaiput Flow Technologies* послужит для отработки инновационной технологии сепарирования смесей типа «жидкость–жидкость». Результаты исследований позволят улучшить производство химических и медицинских препаратов в космосе. Установка разделяет смеси жидкостей на компоненты за счет сил поверхностного натяжения.



Для эксперимента *Sextant Navigation* «Лебедь» доставил новый ручной секстант: предполагается отработать его использование в качестве резервной навигационной системы. Подобные исследования уже проводились в ходе полетов кораблей «Джемини», а затем на «Аполлоне-8» во время его полета к Луне: результаты подтвердили возможность использования этого прибора для космической навигации в случае отказа основной навигационной системы корабля.

### «Ненаучные» грузы

В перечне доставленного оборудования для служебных систем ряд пунктов легко можно отнести и к научной аппаратуре. В частности, два электронных модуля для оптического когерентного томографа ОСТ (Optical Coherence Tomography). Сам томограф используется в медицинских исследованиях для обследования органов зрения членов экипажа, в частности для регистрации последствий космического нейро-окулярного синдрома SANS (Spaceflight Associated Neuro-Ocular Syndrome), недавно выявленного как один из основных медицинских

рисков во время полетов человека в космос. Тем не менее блоки «железа» для ОСТ на «Лебедь» отнесены к служебным, а не к научным грузам.

На станцию среди прочего доставлен воздушный насос ASP (Air Save Pump) для сохранения запасов воздуха на станции. Подобные насосы уже давно используются на МКС, чтобы не сбрасывать в открытый космос большие объемы воздуха, например при выходе экипажа в открытый космос (из шлюзовой камеры Quest) или выносе наружу научного оборудования (через шлюз японского модуля Kibo). Теперь еще один подобный насос будет обеспечивать откачку воздуха из полостей стыка между люками МКС и люками причаливающих к станции грузовых и пилотируемых кораблей.

«Лебедь» привез и очередные сборки светодиодных светильников SSLA (Solid-State Lighting Assemblies). В августе 2016 г. на МКС началась замена старых сборок флуоресцентных светильников GLA (General Luminaire Assemblies) на SSLA. Эта модернизация дала целый ряд «плюсов»: с МКС убрали лампы, содержащие ртуть, у системы освещения повысились энергоэффективность (светодиоды потребляют примерно на 90% меньше энергии, чем GLA) и ресурс (расчетный срок работы светодиодных светильников 50 000 часов – по сравнению с 1000 у флуоресцентных). Кроме того, светильники SSLA позволяют изменять параметры освещения – интенсивность и спектр.

В составе оборудования для жизнеобеспечения экипажа прибыла сборка баков TA (Tank Assembly), которая войдет в состав новой системы хранения воды WSS (Water Storage System). Баки, как и всю подсистему WSS, смонтируют в складской стойке ZSR в модуле Destiny. Для системы дозаправки внутренней атмосферы станции азотом и кислородом NORS (Nitrogen/Oxygen Recharge System) корабль привез две сборки баллонов с кислородом RTA (Recharge Tank Assembly). Система NORS на американском сегменте МКС пришла на замену старой системе доставки сжатых газов европейскими грузовыми кораблями ATV. В сборках RTA используются баллоны диаметром 530 мм, в которых перевозится азот или кислород под давлением 400 атм. Сборка RTA имеет форму куба с ребром 0,9 м, массу – 109 кг.

Среди оборудования для работ в открытом космосе «Лебедем» доставлен блок внешних телекамер высокой четкости EHDC (External High Definition Camera). Его планируется установить на модуле Harmony во время выхода Фейстела и Арнольда в открытый космос по американской программе (EVA-51), намеченного пока на 14 июня. Подобные модули уже стоят на секциях P1 (доставлена в сентябре 2016 г.), S3 (в мае 2017 г.) и S1 (в октябре 2017 г.). Основной фермы МКС. Телекамеры EHDC дополняют камеры ETVCG, снимающие видео стандартной четкости. В состав блока EHDC входит камера Nikon D4 с объективом с фокусным расстоянием 28–300 мм и преобразователь телевизионного сигнала. Камера может снимать видео высокой четкости в формате 720p (1280×720 пикселей) и делать фото с разрешением 16,2 мегапикселей. Блок EHDC разработан таким образом, чтобы он

подходил под старые интерфейсы питания и использовал беспроводной канал передачи данных внутрь станции. EHDC позволяют снимать в высоком разрешении пилотируемые и грузовые корабли, подходящие к МКС, внешние элементы станции, а также земную поверхность.

Кроме того, для обеспечения работ в открытом космосе доставлено такелажно-транспортное оборудование V-Guide Bag Assembly. Его разработали недавно специально в целях облегчения работы астронавтов при замене радиаторов системы терморегулирования снаружи МКС.

На месте извлеченного из отсека РСМ-Е груза планируется разместить около 3000 кг использованного и неисправного оборудования, пустой тары, ненужных вещей и прочих отходов. Вместе с кораблем они сгорят в атмосфере Земли в июле этого года.

## Кубсаты россыпью

**И. Афанасьев.**

«Новости космонавтики»

В последнее время NASA расширяет использование кубсатов – небольших спутников класса «нано», созданных на основе ряда стандартных конфигураций, – для испытаний и внедрения новых технологий, которые можно сравнительно недорого протестировать в суровых условиях космического пространства, прежде чем применять в более крупных аппаратах или в целых созвездиях микроспутников.

На борту грузового корабля Cygnus в этот раз были размещены 15 кубсатов: девять в герметичном отсеке и шесть во внешнем механизме развертывания\*. Из первой девятки семь спутников стартуют с борта МКС в рамках 23-го этапа проекта NASA «Программа запуска образовательных наноспутников ELaNan (Educational Launch of Nanosatellites)». В данном случае она реализуется как часть соглашения между агентством и фирмой NanoRacks, предоставляющей заказчикам коммерческий доступ к космической станции.

Перед отстыковкой корабля Cygnus OA-9 в июле состоится короткое включение его двигателей, и это будет первая попытка поднять орбиту МКС американским грузовым кораблем. Сейчас такая возможность есть только у российских «Прогрессов» и «Союзов»; ранее это могли делать американские шаттлы и европейский грузовик ATV. Покинув станцию, Cygnus поднимется на орбиту повыше, где запустит шесть кубсатов, а затем завершит свою миссию, войдя в атмосферу, и сгорит над Тихим океаном.

Одним из самых интересных аппаратов, размещенных в герметичном отсеке корабля, был шестиблочный (6U) кубсат Университета штата Огайо (г. Колумбус, штат Огайо) *CubeRTT* (CubeSat Radiometer Radio Frequency Interface Technology), предназначенный для изучения технологии радиометра с радиочастотным интерфейсом. Это один из четырех проектов, отобранных для Программы проверки в космосе технологий исследования Земли InVEST (In-Space Validation of Earth



▲ CubeRTT

Science Technologies) Отделения наук о Земле NASA.

CubeRRT будет демонстрировать технологии для измерения радиоволн, позволяющие ученым дистанционно определять такие свойства, как влажность почвы, температура морской поверхности, содержание водяного пара в атмосфере, параметры ветра у морской поверхности.

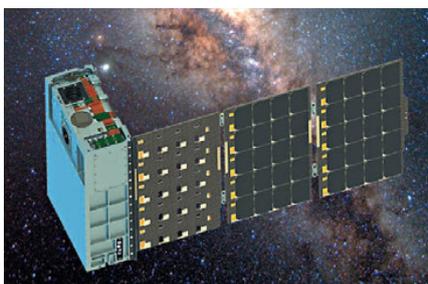
Основная задача КА – выявлять радиопомехи, влияющие на работу микроволнового радиометра, используемого для зондирования атмосферы и измерения влажности почвы. Интерференция в радиодиапазоне RFI (Radio Frequency Interference) – растущая проблема для данных приборов. По мере увеличения количества устройств, вызывающих радиопомехи (в том числе сотовых телефонов, радиостанций и телевизоров), спутниковым микроволновым радиометрам будет все сложнее собирать высококачественные данные. В будущем КА столкнутся со все большим количеством RFI, все больше данных может быть повреждено, и в ряде случаев миссии не смогут достичь поставленных перед ними научных целей.

Для смягчения проблемы измерения со спутника передаются на Землю, где при обработке поврежденные данные удаляются. Это сложный процесс, требующий передачи большого массива информации.

Чтобы решить данную задачу, программа InVEST профинансировала работу группы под руководством Джоэла Джонсона (Joel Johnson) из Университета штата Огайо для разработки миссии CubeRRT по проверке технологии противодействия радиочастотным помехам. «Наши технологии, – говорит Джонсон, – сделают так, чтобы радиометрические наблюдения Земли могли успешно выполняться в присутствии помех».

Проект был отобран NASA в 2015 г. для запуска в рамках программы ELaNan. Специалисты Джоэла Джонсона работали с Лабораторией реактивного движения JPL и Центром космических полетов имени Годдарда над созданием алгоритма, способного на

▼ HaloSat



борту КА обнаруживать радиопомехи и отфильтровывать поврежденные ими данные в реальном времени. Аппарат изготовила фирма Blue Canyon Technologies (г. Боулдер, шт. Колорадо). Партнером по «железу» выступила компания NanoRacks.

Шестиблочный (6U) астрофизический кубсат *HaloSat* разработан в Университете штата Айова (г. Айова-Сити, штат Айова) в сотрудничестве с NASA для изучения галактического гало. Цель миссии – исследовать распределение горячего барийонного газа вокруг Млечного Пути и определить, заполняет ли он расширенный ореол или расположен компактно. На основе полученной информации можно будет составить карту горячего газа, окружающего нашу галактику.

Кубсат несет рентгеновскую астрономическую полезную нагрузку, состоящую из трех кремниевых дрейфовых детекторов XR-100SDD, каждый из которых монтируется в сборе с рентгеновским коллиматором, защитным экраном и вспомогательной электроникой. В целом данная сборка является избыточной: по заявлению разработчиков, для нормальной работы аппарата необходимы только два детектора.

Спутник массой 6 кг, выбранный в 2015 г. NASA для запуска в рамках программы ELaNan, также построен компанией Blue Canyon Technologies на основе платформы XB1 и радиосистемы L3 Cadet. Партнер по оборудованию – компания NanoRacks.

Шестиблочный (6U) кубсат *Radix* – экспериментальный спутник связи, построенный американской фирмой Analytical Space (г. Кембридж, Массачусеттс) для демонстрации программно-ориентированных радио- и оптических коммуникаций будущих созвездий КА на основе коммерчески доступных компонентов. Он несет радиоприемники S-диапазона для сбора сообщений с Земли или сигналов с других спутников, операторы которых согласились протестировать систему, транслирующую их данные на наземные станции с помощью лазерного канала связи.

Получив сообщение с Земли и/или от тестируемого клиентского КА, уже находящегося на орбите, *Radix* сохранит данные на борту и сбросит с помощью лазерной линии, чтобы доказать полезность данного метода для современных спутниковых операторов. Рост пропускной способности нынешних и будущих пользователей спутников позволит значительно увеличить эффективность наблюдений Земли и выполнения работ в интересах научных и коммерческих заказчиков.

Начало работы системы планируется через 45 мин после запуска кубсата с борта МКС. К особенностям своей бизнес-модели в компании отнесли то, что решение не предусматривает использование жестко заданного диапазона радиоспектра, а следовательно, отпадает необходимость в его лицензировании (задача перекладывается на плечи потребителей технологии). Масса аппарата – 10 кг, расчетный срок службы – 6 месяцев.

Шестиблочный (6U) кубсат *RainCube* (Radar In a CubeSat), созданный в Лаборатории реактивного движения JPL, предназначен для демонстрации новых технологий в области радиоантенн Ka-диапазона и радарных измерений параметров дождей и снего-

\* Масса вместе с кубсатами – 82 кг.



▲ RainCube

падов. Это второй проект, отобранный в рамках программы InVEST. Он должен доказать, что аналогичные задачи могут решаться при гораздо меньших габаритах, чем у традиционных КА, оснащенных радиолокаторами.

Эта первый случай запуска активного радиолокационного прибора на кубсате. Для RainCube был разработан радар, работающий на частоте 35.75 ГГц, а также ультракомпактная (длина в развернутом виде около метра) и легко разворачиваемая антенна Ка-диапазона. Остронаправленная антенна спутника напоминает зонтик, упрятанный в коробку с клоуном-попрыгунчиком на пружине: когда коробка открывается, «зонтик» выдвигается из нее и раскрывается. Миниатюрный радиолокатор, изучающий осадки, имеет массу около 12 кг.

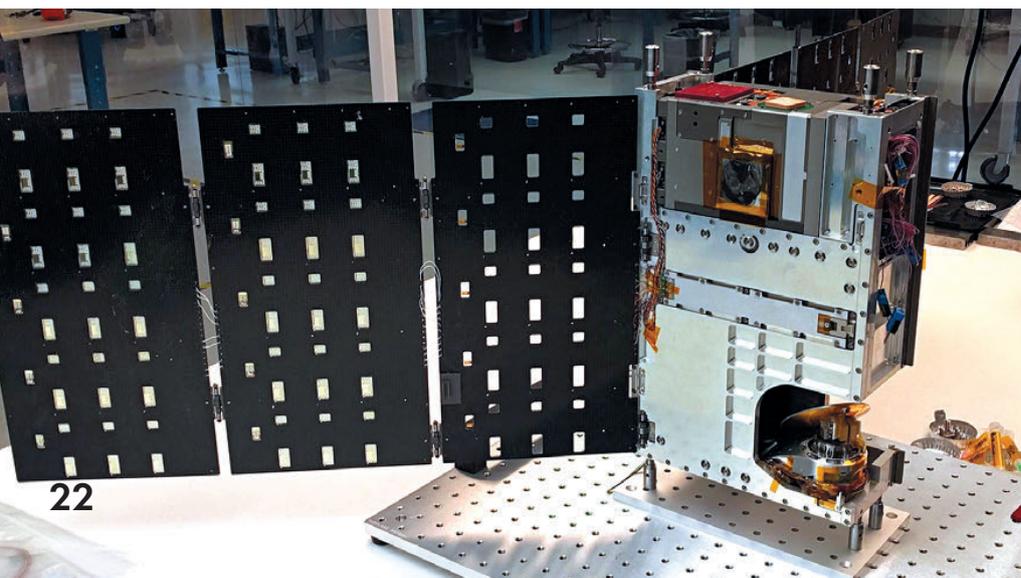
Глобально миссия служит для повышения уровня готовности технологии TRL (Technology Readiness Level) радиолокатора и антенны с четвертого до седьмого. В случае успеха RainCube проложит путь для недорогих и быстро развертываемых орбитальных группировок, в которых несколько кубсатов работают вместе, обеспечивая более частые наблюдения наземных целей, чем один спутник.

«Созвездие радаров RainCube сможет наблюдать внутреннюю структуру метеорологических систем: как они развиваются в соответствии с процессами, которые позволяют лучше охарактеризовать модели прогнозирования погоды и климата», – объясняет главный исследователь RainCube Ева Перал (Eva Peral) из JPL.

Спутник с расчетным сроком службы в 3 года был изготовлен на платформе компании Тувак Inc. и отобран NASA в рамках ELaNа в 2015 г.

Демонстратор для временного эксперимента в области штормовых и тропических

▼ Демонстрационный кубсат TEMPEST-D



систем TEMPEST-D (Temporal Experiment for Storms and Tropical Systems – Demonstrator) – шестиблочный (6U) кубсат, разработанный группой из Университета штата Колорадо (г. Форт-Коллинс) под руководством Стивена Рейзинга (Steven Reising) при участии лаборатории JPL – как миссия по снижению риска перед запланированным запуском группы из шести спутников TEMPEST\*, которые будут предоставлять данные в реальном времени об облачном покрове и осадках по всему миру.

Спутник продемонстрирует возможность создания и испытаний миниатюрного пятичастотного радиометра на основе малошумящих усилительных технологий, разработанных при поддержке ESTO. Миссия TEMPEST-D также должна показать способность кубсата выполнять маневры торможения для управления высотой и положением на низкой околоземной орбите.

Полезная нагрузка аппарата состоит из радиометра, разработанного JPL для кубсата RACE, который был потерян при запуске корабля Cygnus в 2014 г. (НК № 12, 2014, с.1-7), а также прибора IIP-10 на базе авиационного микроволнового и миллиметрового радиометра HAMMR (High-frequency Airborne Microwave and Millimeter-wave Radiometer). Задача миссии – повысить уровень готовности данной технологии до TLR-9.

В случае развертывания штатная группировка кубсатов TEMPEST позволит понять связь между водным и энергетическим балансом Земли и помочь улучшить понимание того, как микрофизические процессы облачной модели влияют на точность прогнозирования изменения климата, что особенно важно при сборе данных и подготовке информации о тропических штормах и ураганах, быстро прогрессирующих по времени. «Благодаря созвездию TEMPEST, в котором спутники напоминают вагоны одного поезда, мы сможем проводить измерения развития бури каждые пять-шесть минут», – полагает Рейзинг.

NASA отобрало проект в 2015 г. для запуска в рамках программы ELaNа. Платформу предоставила фирма Blue Canyon Technologies, полезную нагрузку – JPL. Партнером по аппаратуре стала компания NanoRacks.

RadSat-g (Radiation Satellite g) массой 4 кг разработан Университетом штата Монтана (г. Боузмэн) в форм-факторе 3U и предназначен для демонстрации готовности к установке на кубсатах радиационно-стойкой

компьютерной системы, основанной на коммерческих готовых компонентах.

Демонстрация состоит из проверки нового компьютера, уровень радиационной устойчивости которого повышен благодаря применению программируемых логических матриц FPGA, менее чувствительных к однократным сбоям, вызванным ионизирующим излучением высокой энергии. К проверяемым решениям разработчик также отнес новый алгоритм восстановления работы компьютера после сбоев, вызванных агрессивной космической средой. Спутник также имеет детекторы для регистрации уровня излучения.

Проект проходит в рамках программы ELaNа-23. Ожидается, что в ходе отработки RadSat-g достигнет уровня TRL, равного девяти.



«Спутник на мемристорах»\*\* MemSat (Memristor Satellite), созданный в Университете Роуэна (г. Глассборо, Нью-Джерси), – одноблочный (1U) кубсат, который будет сравнивать производительность устройств хранения информации на основе мемристора, с более традиционными кремниевыми микросхемами в условиях космического полета. Это необходимо для определения возможных преимуществ или недостатков мемристоров для применения на КА. Поскольку мемристор – энергонезависимое устройство, на его основе можно создать более энергоэффективные с точки зрения энергопотребления и автономности блоки КА, способные хранить данные в случае сбоя электропитания.

NASA выбрало этот проект в 2015 г. для запуска в рамках программы ELaNа, благодаря которой проект и финансировался. Кубсат изначально планировалось запустить при помощи PH Firefly-a, но за отсутствием таковой он был перенаправлен на МКС.

Одноблочный (1U) кубсат EQUISat собран группой студентов Университета Брауна (г. Провиденс, Род-Айленд) для образовательной и публичной информационно-пропагандистской миссии и демонстрации технологий и обошелся примерно в 5000 долларов. Аппарат оснащен массивом мощных светодиодов из нескольких LED-па-

\* Название дано в честь драмы У.Шекспира «Буря» (Tempest).

\*\* Memristor (om memory – память и resistor – электрическое сопротивление) – пассивный элемент в микроэлектронике, способный изменять свое сопротивление в зависимости от протекавшего через него заряда (интеграла тока за время работы). Обычно описывается как двухполюсник с нелинейной вольт-амперной характеристикой, обладающий гистерезисом.



▲ Кубсат EQUiSat

нелей, которые должны излучать свет, видимый невооруженным глазом с Земли. Как обещает сайт проекта, яркость вспышек будет иметь третью звездную величину – почти как у Полярной звезды.

На борту аппарата установлена также радиолюбительская полезная нагрузка, передающая информацию о состоянии систем аппарата, его ориентации и т. д.

Кроме того, спутник впервые проверит в космосе работу литий-железо-фосфатных (LiFePO<sub>4</sub>) аккумуляторных батарей, от которых будут запитаны радиостанция и блок светодиодов. Они имеют значительные преимущества перед обычными литий-ионными, отличаясь высокой стабильностью напряжения разряда, термической и химической стабильностью и морозостойкостью.

NASA отобрало проект в рамках программы ELaN-23 в 2015 г. Все материалы, необходимые при разработке кубсата, выложены в общий доступ на сайте университета. Хорошо документированный проект с «открытым исходным кодом» позволит другим студентам использовать подсистемы EQUiSat без больших расходов или обширного опыта.

Одноблочный (1U) кубсат *EnduroSat One* разработан Болгарской федерацией радиолюбителей в партнерстве с международной программой «космических испытаний» (Space Challenges Program; направлена на поощрение и помощь образовательным организациям, работающим с наноспутниками), и запущен по коммерческому соглашению с фирмой NanoRacks. Болгарские университеты будут использовать спутник для обучения студентов принципам спутниковой связи.

*EnduroSat* – это многоцелевая платформа форм-фактора «кубсат», разработанная для космических приложений и исследований. Электроснабжение – от автономной системы на солнечных батареях. Радиосистема УКВ-диапазона и раздвигаемые антенны будут обеспечивать надежную связь для передачи телеметрии, сопровождения КА и получения телекоманд, а также передачу научных данных. Исполнительные механизмы и датчики позволят управлять аппаратом путем отправки заданий на энергоэффективный и высокопроизводительный бортовой компьютер. Радиомаяк, передающий позывной и основные данные КА с использованием азбуки Морзе, и телеметрический маяк на частоте 437.05 МГц формата AX.25 позволит радиолюбителям по всему миру осуществлять прием и декодирование сигналов с аппарата.

В негерметичном отсеке грузового корабля размещены очередные четыре аппарата *Lemur-2*, принадлежащие Spire Global Inc. и относящиеся к низкоорбитальной группировке коммерческих спутников второго поколения для мониторинга морских судов и измерения параметров атмосферы. Аппараты разработаны и созданы компанией Spire Global на базе стандартной модульной платформы форм-фактора трехблочный (3U) кубсат. Для снижения стоимости аппарата использована минимально адаптированная бытовая электроника.

Каждый КА несет две полезные нагрузки:

- ◆ SENSE собирает сигналы системы автоматической идентификации AIS (Automatic Identification System) с морских судов и ADS-B (Automatic Dependent Surveillance Broadcast) с воздушных судов, передавая их на наземные станции, чтобы помочь улучшить безопасность в районах, которые обычно не контролируются. Сейчас информация от AIS нечасто достается тем, кто в ней нуждается: она доступна исключительно для анализа истории происшествий и теряет свою ценность для реальных приложений «в данный момент». Это проблема, учитывая, что 90% мировой торговли проходит через океан. Спутники компании Spire предоставляют информацию в реальном времени. В морском секторе это повышает безопасность (например, при поиске и спасении, для предотвращения пиратства и т.д.).

- ◆ STRATOS измеряет, как затухают сигналы от спутников GPS, проходящие через атмосферу Земли. Отслеживая эти данные, можно получить (путем преобразования угла изгиба) высокоточные профили глобальной температуры, давления, количества паров и воды в атмосфере и плотности электронов в ионосфере. Поскольку компания Spire планирует обеспечить глобальное покрытие КА на околоземной орбите, это поможет создать точную и постоянно обновляемую модель атмосферы. Например, производительность группировки из восьми аппаратов составляет минимум 1000 профилей в день, а с учетом дальнейшего наращивания числа КА этот показатель дойдет до 100 тысяч.

В январе 2018 г. Spire Global обнародовала планы по возможному развитию группировки: в случае расширения последней до 150 аппаратов будет обеспечено наблюдение 97% территории Земли. По мнению не-

которых экспертов, это сделает группировку сопоставимой по своим возможностям с геостационарными спутниками связи.

Два трехблочных (3U) кубсата *AeroCube 12A* и *AeroCube 12B* массой по 4 кг также будут развернуты из негерметичного отсека корабля *Cygnus*. Заказчиком их запуска является компания *Aerospace Corporation* (г. Эль-Сегундо, Калифорния), партнером по оборудованию – *NanoRacks*.

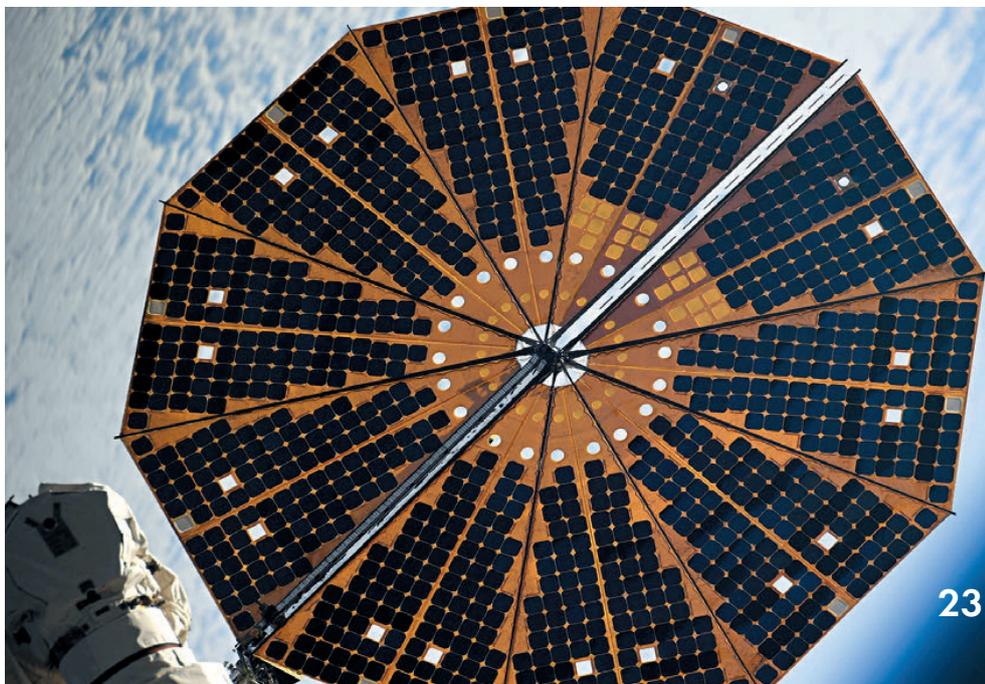
Проект *AeroCube 12 (AC12)* подразумевал создание двух почти одинаковых КА для демонстрации новых звездных датчиков, множества полезных нагрузок из области нанотехнологий, передовых солнечных элементов и электроракетной двигательной установки на одном из двух спутников. Эксперименты, выполненные в рамках программы AC12, будут основываться на технологиях, протестированных на кубсатах AC8, стартовавших в 2015 г. и 2016 г.

Орбита высотой более 500 км обеспечит им более длительный срок службы относительно того, который дает выведение с борта МКС, а это имеет большое значение для определения работоспособности полезных нагрузок в космической среде.

Спутники *AeroCube 12 A & B* демонстрируют масштабируемую ионную двигательную систему *SiEPro* (Scalable ion-Electrospray Propulsion System), основанную на экстракции и ускорении тяжелых ионов с использованием сильных электрических полей. В системе применено полевое испарение рабочего тела для генерирования заряженных частиц, благодаря чему не требуется никаких дополнительных объемов для производства ионов.

Обычно ионные электроракетные двигатели имеют камеру реакции, в которую вводится молекулярное газообразное вещество. В системе *SiEPro* рабочее тело твердое, оно удерживается пористой подложкой и направляется через плоские излучатели. Двигательная установка не нуждается в системе подачи – рабочее тело течет исключительно благодаря капиллярным силам. Устранение трубопроводов подачи топлива, клапанов, резервуаров, систем надува и герметизации соответствует требованиям ограничения размера и веса спутников форм-фактора «кубсат». ■

По данным NASA, JPL, Orbital ATK, EKA





Е. Рыжков.  
«Новости космонавтики»

# Экипажи МКС-56/57 завершили подготовку в ЦПК

10–11 мая в Центре подготовки космонавтов (ЦПК) имени Ю.А.Гагарина прошли комплексные экзаменационные тренировки (КЭТ) экипажей ТК «Союз МС-09» по программе МКС-56/57. Тренировки завершают цикл подготовки экипажей в ЦПК.

## Экзаменационная сессия

Экзаменационная сессия, предвещающая КЭТ, стартовала месяцем ранее.

17 апреля командиры основного и дублирующего экипажей МКС-56/57 Сергей Прокопьев и Олег Кононенко после успешной сдачи теории приступили к практическому тестированию. Первым экзаменатором стал «Телеоператор» – специализированный тренажер телеоператорного управления ТКГ «Прогресс МС», который используется для подготовки космонавтов к управлению с борта МКС сближением и стыковкой «Прогресса МС».

Как правило, стыковка грузовика с МКС происходит в автоматическом режиме. Тем не менее экипаж должен быть всегда готов произвести ее вручную. Стоит вспомнить, как в мае 2010 г. и в ноябре 2013 г. экипаж Героя Российской Федерации, летчика-космонавта РФ Олега Котова задействовал ТОРУ – дистанционную ручную систему сближения и стыковки – и успешно «подвел» два «Прогресса» к станции.

Трижды летавший в космос Олег Кононенко признался, что сдавать экзамен авторитетной и большой комиссии в составе специалистов ЦПК и РКК «Энергия» всегда волнительно. Ведь если возникнет необходимость применения режима ТОРУ, неосторожность со стороны оператора может привести не только к потере ценного груза, но и к повреждению станции. Навыки стыковки должны быть тщательно отработаны.

▲ Фото в заголовке: основной и дублирующий экипажи «Союза МС-09», Серена Ауньон-Чэнселлор, Александр Герст, Сергей Прокопьев, Олег Кононенко, Давид Сен-Жак и Энн МакКлейн

## Основной экипаж

(позывной «Алтай»):

Сергей Прокопьев – командир ТК, бортинженер МКС-56/57, космонавт Роскосмоса  
Александр Герст – бортинженер-1 ТК, бортинженер МКС-56, командир МКС-57, астронавт ЕКА (Германия)  
Серена Ауньон-Чэнселлор – бортинженер-2 ТК, бортинженер МКС-56/57, астронавт NASA

В ходе экзамена космонавты справились со всеми нештатными ситуациями, введенными инструкторами, и получили итоговую оценку «отлично». Экзаменационная комиссия высоко оценила работу связки «инструктор–оператор», отметив эффективное взаимодействие между экипажем и теми, кто его готовит.

23 апреля состоялось заседание Главной медицинской комиссии, в которую вошли представители ЦПК, Роскосмоса, Федерального медико-биологического агентства, ИМБП РАН, Министерства здравоохранения РФ и Министерства обороны РФ. По результатам заседания российские члены экипажей МКС-56/57 – Сергей Прокопьев и Олег Кононенко – признаны годными к космическому полету по состоянию здоровья.

27–28 апреля экипажи отработали программу «Типовые полетные сутки» на российском сегменте (РС) МКС, в которой моделируется типичный день на орбите.

«Типовые полетные сутки» – это репетиция КЭТ на тренажере РС МКС и проводится в аналогичном формате. Единственное отличие состоит в том, что в «типовых полетных сутках» нештатные ситуации выбирает инструкторская бригада, а на экзамене экипаж получает «нештатки» согласно вытянутому билету.

В «типовых полетных сутках», как и на орбите, задействуются все модули РС, что способствует привыканию экипажа к рабочему режиму на борту МКС. Российский космонавт начинает тренировку в одиночку, а после обеда к нему присоединяются иностранные товарищи. Рабочий день начинается с осмо-

## Дублирующий экипаж

(позывной пока не принят)\*

Олег Кононенко – командир ТК, бортинженер МКС-56/57, космонавт Роскосмоса  
Давид Сен-Жак – бортинженер-1 ТК, бортинженер МКС-56/57, астронавт CSA  
Энн МакКлейн – бортинженер-2 ТК, бортинженер МКС-56/57, астронавт NASA

тра станции и сеанса связи с ЦУП-М: космонавт докладывает о состоянии российского сегмента и о своем самочувствии. Далее он приступает к обслуживанию систем станции, ремонтно-восстановительным работам, проводит инвентаризацию, эксперименты и так далее по рабочему плану. Экипажу в рамках программы предстоит справиться с рядом нештатных ситуаций и одной аварийной.

Среди «нештаток», с которыми могут столкнуться экзаменуемые, могут быть: отказ связи, сбой в работе системы жизнеобеспечения, ассенизационно-санитарного устройства, бортовой вычислительной системы. Бывает, что инструкторы имитируют опасность столкновения с космическим мусором. «Аварийка» в виде разгерметизации, пожара или утечки аммиака обычно вводится в конце тренировки.

Экзаменационная комиссия постановила: оба экипажа справились с заданиями и прошли данную тренировку.

4 мая командиры и бортинженеры-1 обоих экипажей (Сергей Прокопьев, Александр Герст, Олег Кононенко и Давид Сен-Жак) завершили экзаменационные тренировки по ручному управляемому спуску (РУС) на тренажере ТС-7 на базе центрифуги ЦФ-7. Данный тренажер служит для отработки навыков ручного управления спускаемым аппаратом (СА) на атмосферном участке

\* У Олега Кононенко в его втором и третьем полетах на «Союзе ТМА-03М» и «Союзе ТМА-17М» был позывной «Антарес». Олег Дмитриевич имеет право сохранить его для полета в качестве командира ТК «Союз МС-11» или поменять на другой. Ориентировочно старт корабля состоится в конце года.

спуска. С его помощью имитируются перегрузки, которые экипаж испытывает при возвращении на Землю в СА. До сих пор никому в реальности не доводилось использовать РУС, однако к этому следует быть готовым.

«В случае отказа автоматики во время спуска перед командиром корабля ставится задача посадить СА максимально близко к расчетной точке посадки и испытать при этом минимальные перегрузки», – обосновал важность экзамена Олег Кононенко.

Билет для каждого члена экипажа включает четыре режима с различными начальными условиями, о которых экзаменуемый узнает на тренировке. В процессе экзамена оператор с помощью ручки управления спуском выдает управляющие воздействия на СА, тем самым регулируя перегрузку и дальность точки посадки – критерии, в связи с которыми оцениваются действия космонавта во время тестирования.

За этот экзамен все участники получили отличные оценки.

7 мая командиры и бортинженеры-1 основного (Сергей Прокопьев и Александр Герст) и дублирующего (Олег Кононенко и Давид Сен-Жак) экипажей ТК «Союз МС-09» сдавали экзамен на тренажере «Дон-Союз» по ручному сближению.

«Дон-Союз» предназначен для формирования и поддержания навыков ручного управления грузовым кораблем и его системами при выполнении сближения, облета, причаливания, стыковки и расстыковки с МКС. Моделирование процесса – как в настоящем полете – по реальным векторам сближения. Во время тренировки командиры работают в СА, бортинженеры – в бытовом отсеке.

В ходе экзамена каждый экипаж выполнил по четыре режима, полностью отработав определенные задания. Были найдены выходы из четырех нештатных ситуаций, две из которых оказались связаны с отказом

бортовой вычислительной системы, а еще две – с отказом обоих комплектов системы «Курс-НА». Экипажи справились с поставленными задачами на «отлично».

После этого космонавтам предстоял еще один экзамен на старом добром «Дон-Союзе», только теперь по ручному причаливанию и перестыковке. Выполняя данные режимы, оба члена экипажа (командир и бортинженер) находятся в СА.

В каждом билете по четыре режима. Только в режиме перестыковки «нештаток» нет, поскольку это единственный штатный ручной режим. В других режимах – зависимости напротив стыковочного узла и стыковке в тени; автоматическом облете на дальности менее 400 м, переходе на ручное управление, сближении с МКС, облете вокруг станции и стыковке; обеспечении безопасности при повышенной радиальной скорости корабля – космонавты встретились с нештатными ситуациями и вышли из них победителями.

Инструктор «Дон-Союза» Игорь Карюкин поясняет: «В тени выполнять касание труднее, поскольку с дальности более 80 метров экипажу сложно ориентироваться по элементам конструкции МКС, необходимым для определения параметров движения и удержания корабля на оси стыковочного узла. Чтобы видеть стыковочный узел, необходимо подойти к станции на дальность менее 80 метров. Экипаж обязан знать, в какой момент времени корабль войдет в тень, а значит вычислить и выдержать определенную скорость. Например: на малом расстоянии – порядка 20–30 метров – освещенность мишени и стыковочного узла будет очень хорошей, как днем, но при такой дальности надо четко управлять кораблем, оперативно реагировать на любые отклонения».

С испытаниями во время ручного причаливания и перестыковки экипажи также справились «на ура».

### Комплексные тренировки

10 мая в ЦПК у основного и дублирующего экипажей 56/57-й длительной экспедиции на МКС начались архиважные комплексные экзаменационные тренировки (КЭТ). При условии их успешной сдачи экипажи отправляются на Байконур для завершения предстартовой подготовки непосредственно на космодроме.

Первым в зале тренажеров транспортного корабля к КЭТ приступил дублирующий экипаж МКС-56/57 (Олег Кононенко, Давид Сен-Жак и Энн МакКлейн). Экзамен принимали: начальник ЦПК Павел Власов, первый заместитель начальника ЦПК по подготовке

космонавтов Юрий Маленченко, руководитель Летно-космического центра РКК «Энергия» Александр Калери, начальник управления ЦПК Юрий Гидзенко и глава офиса NASA при ЦПК Джон МакБрайн. Олег Дмитриевич доложил членам экзаменационной комиссии о готовности начать тренировки.

После того, как билет с нештатными ситуациями был вытянут, и до погружения в СА «Союза» экипаж пообщался со СМИ. Олег Кононенко дал свой комментарий: «Я себя чувствую спокойно, уверенно. И Давид, и Энн очень грамотные, образованные, все знают и умеют. Думаю, сейчас они проявят эти качества самым наилучшим образом».

Через некоторое время в зале тренажеров МКС началась КЭТ у основного экипажа МКС-56/57 (Сергей Прокопьев, Александр Герст и Серена Ауньон-Чэнселлор). Перед началом тренировки журналисты смогли побеседовать с членами экипажа.

«В первую очередь, всех космонавтов и астронавтов объединяет авиация, – сказал Сергей Прокопьев. – Все проходят летную подготовку. Поэтому каждый из нас в той или иной степени летчик. К тому же нас объединяет дружба. И все очень ждем нашего старта. Мы максимально собраны – настрой у нас перед экзаменами боевой».

Когда основной экипаж приступил к КЭТ, первый заместитель начальника ЦПК по подготовке космонавтов Юрий Маленченко ответил на вопросы российских и иностранных журналистов.

«Основной экипаж МКС-56/57 подошел к заключительному этапу подготовки с хорошими результатами, – отметил он. – Они уже сдали серию экзаменов, в том числе такие сложные, как по ручным режимам. Видно, что умеют работать и выполняют все стабильно, надежно. Мы довольны подготовкой этого экипажа. Надеюсь, заключительные экзамены в ЦПК пройдут так же гладко, и затем мы сможем приступить к предстартовой подготовке».

По завершении первого тренировочного дня стало известно, что у экипажа Олега Кононенко было шесть нештатных ситуаций, а у экипажа Сергея Прокопьева – пять. У дублеров «грузовик» при выведении автоматически не отделился от ракеты-носителя, в результате чего пришлось проводить отделение вручную. Был также ложный отказ датчика-сигнализатора в камере сгорания двигателя на причаливании и отказ датчика захвата на стыковке. При расстыковке экипаж парировал разгерметизацию пневмосистемы комбинированной двигательной установки по высокому давлению. В конце КЭТ

▼ Комплексные экзаменационные тренировки на макете российского сегмента МКС



Фото NASA



Фото Е. Рыжкова

выяснилось, что не запустилась программа срочного спуска, и, кроме того, тяга сближающе-корректирующего двигателя оказалась на 50% ниже расчетной.

Основной экипаж столкнулся с отсутствием связи между российским и американским сегментами, отказом электромагнитного клапана на открытие (система «Электрон»), отключением питания системы пожаробнаружения и срабатыванием сигнализатора проскока жидкости в системе ассенизационно-санитарного устройства. Ну и напоследок была введена аварийная ситуация – неликвидируемый пожар на РС МКС.

Экзаменационная комиссия высоко оценила действия обоих экипажей МКС-56/57.

11 мая экипажи, по устоявшимся правилам, поменялись залами: экипаж Сергея Прокопьева пошел сдавать КЭТ на тренажере корабля «Союз» (ГДК-7СТ4), а команда Олега Кононенко отправилась на экзамен в зал тренажеров МКС.

Как и в предыдущий день, экипаж Сергея Валерьевича, вытянув билет, нашел время ответить на вопросы журналистов. Командир основного экипажа поделился ощущением командного духа, настроен на продуктивную работу: «Быть командиром космического корабля – очень почетная и ответственная миссия. Но среди нас есть опытный член экипажа – Александер Герст, который в любую минуту [нам] поможет. Чувство локтя всегда присутствует. Экипаж готов, собран, взаимодействие отличное».

Экипаж Олега Дмитриевича, проделав схожие действия – вытягивание билета и общение с журналистами, тоже отбыл сдавать экзамен.

На вопросы представителей прессы приготовился отвечать начальник ЦПК, Герой Российской Федерации, заслуженный летчик-испытатель РФ Павел Власов. Он прокомментировал ход тренировок: «Видно, что экипажи очень ответственно отнеслись к подготовке – к изучению как теоретических основ полета, так и практических. И это в явном виде сказалось на результатах: отклонения от циклограммы были минимальные, все очень четко, уверенно, спокойно, с исчерпывающими докладами. Проведенные экзамены не случайность, а результат кропотливой подготовки и совместного труда инструкторского состава и экипажей».

▼ Основной экипаж перед экзаменами на тренажере корабля «Союз»

В ходе тренировки инструкторы озадачили основной экипаж рядом «нештаток»: отказ автоматики регулятора расхода жидкости в системе обеспечения теплового режима и основного вентилятора блока очистки атмосферы в бытовом отсеке; авария радиотехнических систем «Курс-1» и «Курс-2» на дальности 7 км, из-за которой было задействовано ручное сближение, и пр. Экипаж С.В.Прокопьева встретился и с разгерметизацией СА при фактической расстыковке, аварией инфракрасного построителя вертикали, а также тем обстоятельством, что не вскрылся блок автоматического регулирования давления.

В это время на тренажерах РС МКС дублирующий экипаж лицом к лицу столкнулся с неполадками в бортовой компьютерной сети, отказом приемника канала УКВ1, нарушением работы системы «Электрон» и ассенизационно-санитарного устройства. Кроме того, дублерам пришлось отрабатывать свои действия при выбросе аммиака на американском сегменте.

Экзаменационная комиссия во второй день КЭТ оценила на «отлично» действия обоих экипажей МКС-56/57, своевременно обнаруживших все нештатные ситуации и оперативно их парировавших. Был отмечен профессионализм, прочные теоретические знания и практические навыки, слаженность и правильность работы экзаменуемых.

14 мая в 9 часов утра состоялась заседание Межведомственной комиссии (МВК), в состав которой вошли представители Роскосмоса, ЦПК, РКК «Энергия», Федерального медико-биологического агентства, NASA и ЕКА. Комиссия признала экипажи МКС-56/57 готовыми к выполнению космического полета на ТК «Союз МС-09» и РС МКС и рекомендовала их к началу предстартовой подготовки на космодроме Байконур.

Напомним, что Сергей Прокопьев входил в дублирующие экипажи «Союза ТМА-18М» и «Союза МС-07», поэтому сдавал сей час КЭТ в третий раз.

### Пресс-конференция экипажей

После МВК в белом зале ЦПК состоялась предполетная пресс-конференция, в которой участвовали члены основного и дублирующего экипажей ТК «Союз МС-09». Это было поистине интернациональное

мероприятие: в зале присутствовали космонавты и астронавты четырех космических агентств – Роскосмоса, NASA, ЕКА и CSA.

Журналисты (российские, американские и немецкие), к их чести, не обошли вниманием ни одного участника конференции – каждому досталось как минимум по одному вопросу.

Первый вопрос, по традиции, касался индикатора невесомости. Сергей Прокопьев взял микрофон и объяснил, что накануне Чемпионата мира по футболу 2018 г. (ЧМ-2018), впервые проходящего в России, ответ очевиден: космонавт возьмет маленького сувенирного волка Забиваку\*, которого ему подарил сын Тимофей.

Ирина Рогова, заместитель руководителя пресс-службы ЦПК – пресс-секретарь, рассказала, что в Центр приходит много писем от молодежи, и транслировала один из наиболее распространенных вопросов: «Насколько реально попасть в отряд космонавтов?»

Сергей ответил, что это была его мечта с детства. Ведь о полете в космос мечтает, наверное, почти каждый молодой человек, просто не все уделяют достаточно времени своему стремлению, и оно постепенно угасает. «Но во мне мечта жила всегда, – продолжил космонавт, – я и в летчики пошел с расчетом потом попасть в отряд. Мне выпала возможность, и я реализовал свой шанс. Несмотря на то, что моя карьера как военного пилота немножко пострадала, я выбрал космос, так как в те времена высшим благом, которого я мог удостоиться в жизни, было стать космонавтом!»

Он напутствовал думающих о космосе мальчишек и девчонок: «Главное – мечтать и хотя бы что-то постоянно делать для реализации своей мечты».

Спортивный комиссар Федерации космонавтики России (ФКР) Николай Борисович Бодин передал поздравления основному и дублирующему экипажам от президента ФКР, дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР Владимира Васильевича Коваленка в связи с успешным завершением подготовки к предстоящему полету.

Н.Б.Бодин объяснил, что в соответствии с действующим порядком Международной авиационной федерации (FAI) лицам, готовящимся к первому полету в космос, выдается удостоверение космонавта международного образца. Международный характер документа обусловлен тем, что на последнем листе на пяти языках излагается просьба оказывать содействие космонавту в случае необходимости (в этом месте речи комиссара все дружно засмеялись).

Удостоверение космонавта от ФКР за номером 146 было вручено Сергею Прокопьеву, который возьмет его в свой первый и последующие космические рейсы. На борту МКС в документе будут проставлены соответствующие памятные штампы.

«Надеюсь, это придаст определенный статус вашему космическому полету, – обратился Николай Борисович к командире «Со-

\* На аналогичной пресс-конференции экипажей «Союза МС-08» Олег Артемьев тоже «грозились» привезти на МКС официальный талисман чемпионата. Поэтому к матчу открытия (14 июня, Россия – Саудовская Аравия) на орбите будет находиться как минимум два «завибных волка».



Фото NASA

юза» и пожелал успеха: – 450 км под бортом вашего корабля!»

С.В. Прокопьеву задали вопрос, связанный с его авиационным прошлым: «Вы летчик-испытатель... В полете больше будете испытывать себя или технику?»

Сергей ответил: «Это испытание для меня. Кроме того, в программное обеспечение автоматической системы управления введены некоторые изменения. И запланирована, например, отработка отслеживания спутников-ретрансляторов во время полета корабля по орбите. Наш полет поможет испытать систему, и после этого она начнет работать штатно».

До сих пор никто из российских космонавтов не использовал позывной «Алтай», символизирующий участников сегодняшней встречи. На эмблеме экипажа, в соответствии с позывным, изображен горный рельеф Алтая, гора Белуха, а три белых лебедя олицетворяют членов экспедиции на МКС.

Впрочем, журналистскую компанию интересовали и сугубо бытовые вопросы. Один из них коснулся свободного времени на станции. С.В. Прокопьев объяснил, что как такового свободного времени практически нет: в основном оно занято либо общением с журналистами, либо видеорепортажами, записями всевозможных передач, поздравлений, либо проведением телешоу и т.д. Во вторую очередь свободные часы тратятся на наблюдение земных и космических объектов. Иногда на орбите приходится просыпаться ночью, чтобы заснять извержение вулкана или другое эпохальное событие. По мнению Сергея, это хотя и довольно напряженная, но очень интересная деятельность.

Что касается долгожданного события – ЧМ-2018, на пресс-конференции выяснилось, что на борту есть техническая возможность посмотреть футбол даже в прямом эфире, тогда как раньше все матчи экипаж просматривал в записи. Единственным препятствием может оказаться ситуация, когда матч придется на рабочее время экипажа. Тогда без записи не обойтись...

По поводу перспектив российской сборной на домашнем мундиале Сергей ответственно заявил, что очень верит в выход из группы и продолжение борьбы в 1/8 финала. Чтобы не выступать в роли предсказателя, он предложил: «Давайте пожелаем нашей сборной выступить как можно лучше».

Сергей Прокопьев добавил, что Олег Артемьев на «Союзе МС-08» специально доставил на борт станции лицензированный футбольный мяч. Экипаж его накачает и, не забывая о сохранности станционного оборудования, как-нибудь все же сыграет в футбол в условиях невесомости.

Олег Кононенко «вклинился» в футбольный разговор и сообщил, что является послом ЧМ-2018 от России и 13 мая (за день до пресс-конференции в ЦПК) присутствовал на церемонии прибытия официального Кубка мира FIFA в Самару. В Поволжье Олегу Дмитриевичу задали вопрос: «Что ожидаете от сборной?» На что он ответил: «Я очень хочу увидеть надпись на русском языке на подставке Кубка при своей жизни». По залу прокатилась волна оживления.

Схожая реакция последовала и на нашей пресс-конференции. Представляется, что

футбол в нашей стране любят и уважают равносильно космонавтике.

Александр Герст не остался в стороне и добавил, что на ЧМ-2018 российская и немецкая команды могут встретиться только в финале. Он предложил Прокопьеву заключить пари: «Если выиграет российская команда, я у себя на лбу нарисую российский флаг, а если проиграл, у Сергея будет стрижка – такая, как у меня».

Много вопросов было адресовано астронавту ЕКА, причем на его родном, немецком языке. Из его ответов мы узнали, что Александр будет помогать изнутри станции Олегу Артемьеву и Сергею Прокопьеву во время российской ВКД.

Еще Александр развернуто рассказал про названия космических полетов. Первый его полет был назван Blue Dot (если смотреть на Землю из космоса, она выглядит как маленькая синяя точка). В ЕКА решили развить тему и посмотреть с Земли в космос. Человек по своей природе любознателен, особенно это характерно для детей: они хотят знать, что там, за «горизонтом». Поэтому второй полет немецкого астронавта назвали Horizons («Горизонты»): дальше определенной точки ничего не видно – лишь крошечная космическая тьма, однако за «горизонтом событий» множество интересных вещей – Луна, Марс, другие планеты...

Командир дублирующего экипажа О.Д. Кононенко произнес добрые слова о российском средстве доставки людей на околоземную орбиту: «Наш корабль «Союз» очень живуч и адаптивен. Его постоянно модернизируют и приспособляют под веяния времени. И ни разу на одном и том же корабле не летал». Олег добавил, что в соответствии с правилами и положением о подготовке каждый раз космонавты изучают «Союз» заново и сдают по нему отдельный экзамен.

Серена Ауньон-Чэнселлор поделилась воспоминаниями: первый раз она попала в Звездный городок целых 12 лет назад в качестве врача экипажа (Серена – медик по первому образованию). В тот год она была представлена инструкторам и преподавателям ЦПК. Когда Серена во второй раз приехала в Центр, ее уже приняли как свою и встретили с распростертыми объятиями.

Астронавт высказала интересную мысль: «На борту МКС мы все являемся своего рода пациентами». «Подопытные» на орбитальной станции призваны выполнять большое число экспериментов над самими собой. И Серене как врачу будет любопытно узнать, как эти опыты отразятся на ней как на пациентке.

В свою очередь, бортинженер дублирующего экипажа Энн МакКлейн подметила интересный факт: на пресс-конференции присутствуют шесть человек, говорящих на четырех языках и представляющих разные профессии – инженера, медика, летчика-испытателя, ученого. Естественно, они будут по-разному реагировать на из ряда вон выходящие ситуации, поэтому в ЦПК экипажи учат действовать как единая команда.

Давид Сен-Жак – инженер, врач, астрофизик, около 9 лет назад попавший в отряд астронавтов Канады, – гордится совместным орбитальным домом, международной станцией – это один из мостиков, объединяющих разные нации. Работая вместе, человече-



▲ Экипаж прилетел на Байконур 19 мая

ство, по его мнению, может достичь потрясающих результатов.

После конференции экипажи МКС-56/57 посетили памятные места – кабинет Ю.А. Гарина в ЦПК и Красную площадь.

«Я считаю, мы должны поддерживать добрые традиции, которым уже без малого полвека, – отметил командир ТК Сергей Прокопьев, пришедший в музей со своим сыном Тимофеем. – В книге я написал от лица экипажа самые наилучшие пожелания успехов в дальнейшем воспитании нового поколения космонавтов. Ведь этот музей посещает очень много людей, в том числе школьники и студенты, которые впитывают дух истории отечественной космонавтики. И, быть может, кто-то пришедший сегодня сюда и вдохновившийся подвигами первопроходцев космоса в дальнейшем свяжет свою жизнь с этой сферой».

«Я очень серьезно отношусь к подобным вещам, – заметил Олег Кононенко. – Всегда готовлюсь, много размышляю, что написать, поскольку такие книги любят цитировать журналисты, читают школьники. Стараюсь, чтобы запись была достаточно емкой и символической. Например, накануне третьего полета мы посетили музей между двумя самыми любимыми народными праздниками – Днем космонавтики и Днем Победы, и, конечно, я отразил это в своей записи».

19 мая экипажи МКС-56/57 улетели на Байконур для продолжения предполетной подготовки. Космонавты и астронавты, а также сотрудники ЦПК, обеспечивающие предстартовую подготовку, разместились в Учебно-тренировочном центре ЦПК, где на протяжении двух с лишним недель выполняли насыщенную программу тренировок.

20 мая в монтажно-испытательном корпусе 254-й площадки космодрома экипажи «примерили» ТК «Союз МС-09».

Старт ТК «Союз МС-09» запланирован на 6 июня. Планируемая продолжительность полета – 187 суток. ■



◀ Ван Япин перед началом тренировок на выживание

скафандрах должны были самостоятельно поочередно выбраться из лежащего на боку макетного спускаемого аппарата, доложить о своем местонахождении, используя средства связи, переодеться в защитные костюмы оранжевого цвета и далее «выживать» в течение 48 часов – до прибытия спасательной группы. Говоря более формальным языком, после условного «приземления» требовалось выполнить ряд задач и практических испытаний:

- ◆ взаимодействие во время спасательных операций на коротких и длинных дистанциях;
- ◆ строительство полевого аварийного укрытия;
- ◆ перемещение в условиях пустыни.

▼ Эпизоды тренировок в пустыне. На верхнем снимке справа – Лю Ян



## О космонавтах и астронавтах

Е. Рыжков.  
«Новости космонавтики»

### Пустынные выживания хантяньюаней

26 мая группа из 15 космонавтов КНР вернулась в Пекин, завершив 19-дневную программу полевых тренировок, включавшую отработку спасательных операций на стартовом комплексе космодрома Цзюцюань и тренировки по выживанию в близлежащей пустыне Бадын-Джаран.

Эти тренировки, организованные Центром космонавтов Китая, стали следующим шагом в цикле подготовки китайских хантяньюаней к пилотируемым полетам на национальную космическую станцию. Они также явились логическим продолжением девятидневных «морских сборов», проведенных в августе 2017 г. совместно с астронавтами ЕКА (Саманта Кристофоретти и Маттиас Маурер; *НК* № 10, 2017, с.72).

Вообще для полетов на будущей модульной космической станции кандидаты

должны пройти огонь, воду и медные трубы. Поэтому космонавтов забрасывают в дикую местность разных категорий – на море, в пустыню, джунгли и, возможно, даже на ледники. Однако тренировки в пустыне не проводились уже много лет.

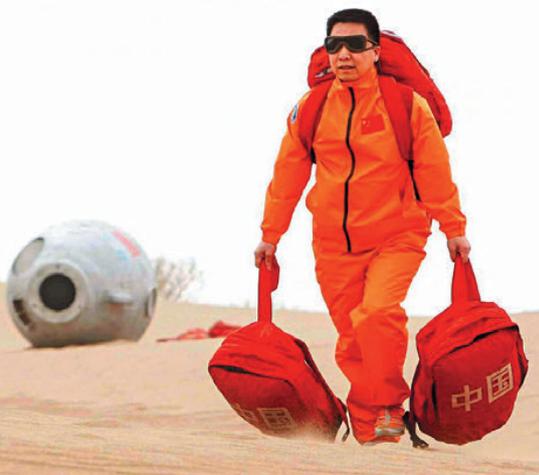
Пустыня Бадын-Джаран, составная часть пустыни Алашань, расположена на северо-западе Китая, в Автономном районе Внутренняя Монголия. Ее уникальной особенностью являются крупнейшие на Земле неподвижные дюны высотой до 500 метров, «сидящие» на источниках грунтовых вод.

Сценарий выживания в пустыне имитировал аварийное возвращение космического корабля «Шэньчжоу» на Землю и последующие действия экипажа. На самом деле он весьма близок к жизни, потому что запасная посадочная площадка «Шэньчжоу» на случай спуска по баллистической траектории располагается как раз в пустыне юго-восточнее стартового комплекса на Цзюцюане.

Участники были поделены на группы – по три человека в каждой. Космонавты в

▼ Слева: Лю Ван отрабатывает покидание спускаемого аппарата. Справа: Чжан Сяогуан, Не Хайшэн и Лю Ван устанавливают связь со спасателями





◀ Директор Канцелярии пилотируемых полетов Китая Ян Ливэй показывает пример подчиненным

Безжалостно палящие лучи солнца, высокие и низкие температуры, песчаные бури и прочие суровые условия выбранной местности – вот короткий перечень факторов, сопровождавших «выживающих» во время испытаний в самом сердце пустыни.

Китайские космонавты проверили свои теоретические знания по действиям в аварийных ситуациях на практике. Как явствует из опубликованных снимков и нескольких коротких видеозаписей, испытатели, используя подручные средства, выкладывали на песке сигнал SOS, зажигали сигнальный огонь, подавали фонариком мерцающие сигналы, выстреливали сигнальными ракетами, с помощью скудной растительности разводили костры после захода небесного светила за горизонт.

Во время передвижения по пустыне экипаж использовал самодельные головные уборы для защиты от зноя и обычные деревянные палки для облегчения процесса ходьбы – ведь там, в пустыне, необходимо тщательным образом экономить свои силы.

Как сказала заместитель главного конструктора Центра космонавтов Хуан Вэйфэн, в ходе тренировок была проверена на пригодность компоновка и износостойкость аварийно-спасательных упаковок и получены ценные рекомендации для их улучшения. Участники получили ценные навыки слаженной работы в команде.

Ван Япин, вторая женщина – космонавт КНР, прокомментировала: «Тренировки были напряженными и весьма изнурительными, особенно когда нам приходилось терпеть ветер, высокие температуры и нехватку воды».

На фотоснимках удалось опознать следующих участников выживания в пустыне: условный экипаж Не Хайшэн, Чжан Сяогуан и Лю Ван; Чэнь Дун и Ван Япин; Лю Ян.

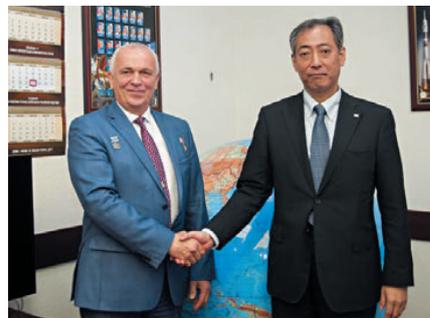
Кроме того, космонавты провели тренировки по аварийной эвакуации на стартовом комплексе космодрома Цзюцюань, используя для этого систему скоростного спуска в виде пожарного «рукава» от площадки посадки в корабль до нулевой отметки. На снимки опять же попала группа Не Хайшэна, а также Дэн Цинмин – единственный оставшийся в отряде нелетавший космонавт первого набора.

### JAХА на связи

26 мая делегация JAХА во главе с Хироси Ямакава (山川 宏), новым главой Японского аэрокосмического агентства (НК №5, 2018, с.65), посетила ЦПК имени Ю.А.Гагарина, ЦУП, ФГУП ЦНИИмаш, ИМПБ РАН и ИКИ РАН.

Хироси Ямакава встретился с новым руководителем Госкорпорации «Роскосмос» Д.О.Рогозиным в Государственном Кремлевском дворце во время сеанса связи с экипажем МКС. Глава JAХА поздравил Дмитрия Олеговича с назначением. Помимо этого, стороны подтвердили обоюдную заинтересованность в сохранении плодотворного сотрудничества в космической сфере и в его развитии.

Встречи носили ознакомительный характер, поскольку Хироси Ямакава впервые после назначения прилетел в Россию и имел целью познакомиться как можно с большим числом специалистов ракетно-космической



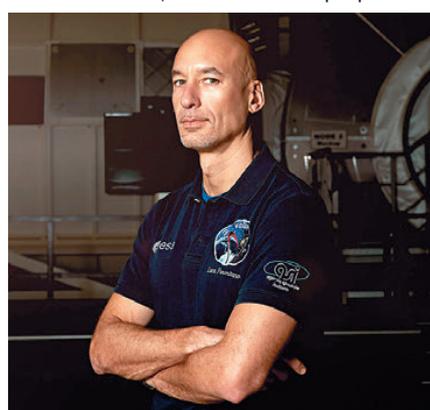
▲ Начальник ЦПК имени Ю.А.Гагарина Павел Николаевич Власов и глава Японского аэрокосмического агентства Хироси Ямакава

отрасли России. Ямакава проявляет неподдельный интерес к российскому космосу и стремится поддерживать хорошие отношения с нашей страной. Он приехал в ЦУП в далеком 2001 г., чтобы воочию наблюдать затопление станции «Мир», а в настоящее время мечтает побывать на одном из пусков с космодрома Восточный.

### Итальянец – будущий командир МКС

31 мая на сайте ЕКА появилась информация, что Лука Пармитано, в 2019 г. отправляющийся в космос во второй раз, утвержден командиром 61-й экспедиции на МКС.

Лука Пармитано с живостью прокомментировал новость: «Я очень рад, что меня отобрали на эту позицию в рамках программы международной станции. При этом я смирен перед поставленными задачами, – и продолжил мысль: – Бытность командиром самых подготовленных и умелых людей на и вне Земли ошеломляет... Я вижу себя как координатора. Моей целью будет поддерживать всех в надлежащем рабочем состоянии, чтобы выложиться по максимуму. В то же время я буду ответственен за безопасность станции и экипажа и общее выполнение программы».



▲ Лука Пармитано – командир МКС-61

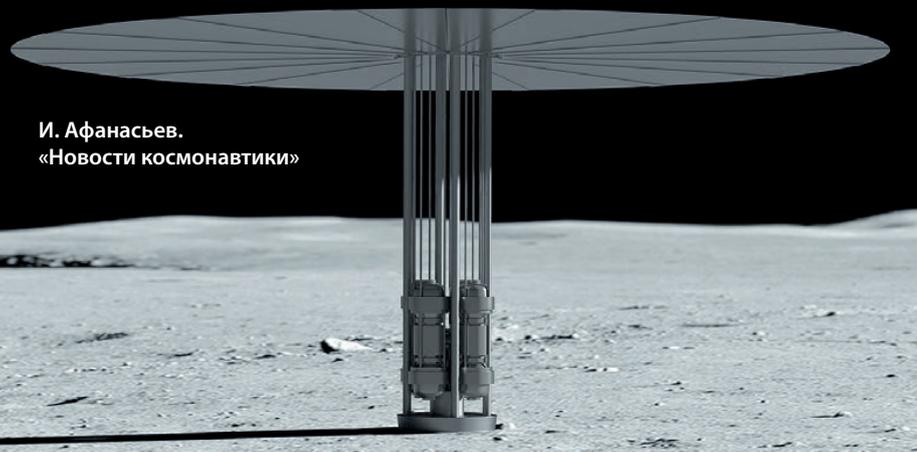
В 2013 г. Пармитано отработал на орбитальной лаборатории около 166 суток, совершив два выхода и выполнив научную программу Volare (итал. «летать»). Он также стал первым итальянским космонавтом, вышедшим в открытый космос.

24 мая NASA сообщило о новых назначениях членов экипажей в будущие экспедиции МКС. Астронавты NASA набора 2013 года – Кристина Кук и Эндрю Морган – назначены в основные экипажи «Союз МС-12» (МКС-59/60) и «Союз МС-13» (МКС-60/61) с плановыми стартами в апреле и июле 2019 г. соответственно. ■

**И** Базовый модуль для своей национальной станции Китай планирует вывести в космос в 2020 г. Для полного развертывания к 2022 г. трехмодульной станции потребуются выполнить свыше 10 пусков, включая запуски с космодрома Вэньчан двух новых 20-тонных экспериментальных модулей и грузового беспилотного корабля «Тяньчжоу», а также пилотируемые пуски кораблей «Шэньчжоу» с космодрома Цзюцюань.

28 мая постоянный представитель КНР при отделении ООН в Вене Ши Чжунцзюнь объявил, что все страны – члены ООН приглашаются к сотрудничеству по совместному использованию будущей станции. «Китайская космическая станция принадлежит не только Китаю, но также и миру, – сказал он. – Все страны, независимо от их размера и уровня развития, могут участвовать в сотрудничестве на равных основаниях».

И. Афанасьев.  
«Новости космонавтики»



## Американский киловатт для напланетных исследований

2 мая в ходе пресс-конференции в Исследовательском центре имени Гленна (г. Кливленд, штат Огайо) представители NASA и Национальной администрации по ядерной безопасности NNSA (National Nuclear Security Administration) Министерства энергетики США сообщили, что состоявшаяся серия полигонных испытаний продемонстрировала способность ядерной энергоустановки Kilowatt безопасно генерировать электроэнергию мощностью 1 кВт, а в перспективе – до 10 кВт и даже до 1 МВт. После успешной наземной тестовой кампании NASA рассматривает возможность летного испытания установки, вероятно, в рамках миссии автоматического лунного посадочного аппарата в середине 2020-х годов.

В настоящее время космические аппараты обычно полагаются на солнечную энергию и в редких случаях – на топливные элементы и на радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ). Все эти способы имеют ограничения при выполнении сложных (в том числе пилотируемых) экспедиций в дальний космос, чем занимается NASA в ближайшие десятилетия.

**И** РИТЭГ преобразует тепловую энергию от пассивного радиоактивного распада изотопов непосредственно в электричество, как правило, с помощью термопар. Хотя такие генераторы и не особо эффективны, зато просты и не имеют движущихся частей, что делает их идеальными для приложений, где ремонт невозможен в принципе.

На протяжении многих десятилетий изотопные генераторы применяются в качестве компактного надежного источника электроэнергии на аппаратах, для которых использование солнечной энергии не было возможным. Зонды Voyager 1 и 2, один из которых уже вышел в межзвездную среду, а другой находится на грани этого события, по-прежнему получают электричество от РИТЭГов через 40 лет после старта. На них полагается и ровер Curiosity, который перемещается по поверхности Красной планеты уже почти шесть лет.

Между тем многие будущие миссии, особенно связанные с пилотируемыми полетами, потребуют гораздо большей мощности, чем могут произвести РИТЭГи. Вот почему NASA и Министерство энергетики США кооперируются в создании космического ядерного реактора, вырабатывающего энергию за счет управляемой реакции деления.

Так, ночь на Луне длится примерно две земные недели, а поток солнечного излучения на поверхности Марса составляет лишь 40% земного; кроме того, марсианские пылевые бури могут покрывать панели плотным слоем пыли. Топливные элементы компактны и дают высокую мощность, но имеют малый ресурс и небезопасны в использовании.

РИТЭГи позволяют реализовывать довольно амбициозные и продолжительные автоматические миссии, но они работают на естественном распаде изотопа плутоний-238, который сложен в получении и чрезвычайно дорог (НК №7, 2013, с.68-72). Оба ограничения приводят к тому, что установка на КА РИТЭГов мощностью более нескольких сотен ватт не является практичной.

Важным преимуществом реактора относительно РИТЭГа является возможность изменения мощности в зависимости от текущих требований. Это означает, что он может бездействовать во время запуска и полета, чтобы включиться, как только КА достигнет цели. Такая способность в сочетании с большей эффективностью цепной ядерной реакции по сравнению с делением изотопов означает, что генератор на основе ядерного реактора может не только генерировать электрическую мощность свыше 1 кВт, но и регулировать ее по командам, хотя и с определенными ограничениями.

Именно эти проблемы получения электроэнергии привели к необходимости разработки устройства Kilowatt с безопасным, долговечным, надежным, масштабируемым и энергоемким реактором. По словам Джеймса Рейтера (James Reuter), исполняющего обязанности заместителя администратора NASA по Директорату космических технологий, реактор «будет, скорее всего, самым эффективным средством для пилотируемых миссий на поверхности планет».

Проект киловаттного реактора с применением технологии двигателя Стирлинга KRUSTY (Kilowatt Reactor Using Stirling Technology) был начат в октябре 2015 г. и подразумевал разработку прототипа космической ядерной энергоустановки, способной в течение десяти и более лет производить электроэнергию с регулированием выходной мощности в диапазоне от 1 до 10 кВт. Специалисты предполагали создать первый рабочий вариант установок к 2020 г.

В сентябре 2017 г. был создан стендовый образец мощностью 1 кВт и высотой 1.9 м с машинным циклом преобразования тепла в электроэнергию. Источником тепла служил небольшой ядерный реактор с твердой активной зоной из сплава урана-235 с молибденом диаметром около 15 см, окруженный оболочкой из оксида бериллия. Для включения и выключения реактора используется стержень из карбида бора, поглощающий нейтроны. Когда он вытягивается из активной зоны, реактор запускается: нейтроны, образующиеся при самопроизвольной реакции деления урана-235, могут свободно перемещаться, отражаясь от внешней оболочки внутрь делящегося вещества и вызывать цепную реакцию. Сдвиг стержня обратно в активную зону прекращает процесс, переводя реактор в подкритическое состояние: поглощаются нейтронов больше, чем рождается.

Тепло от радиоактивного распада урана переносится из активной зоны посредством тепловых трубок, заполненных металлическим натрием, и попадает на преобразователи Стирлинга – поршневые машины, генерирующие электричество. Остаточное тепло сбрасывается в окружающее пространство через титановый радиатор зонтичного типа.

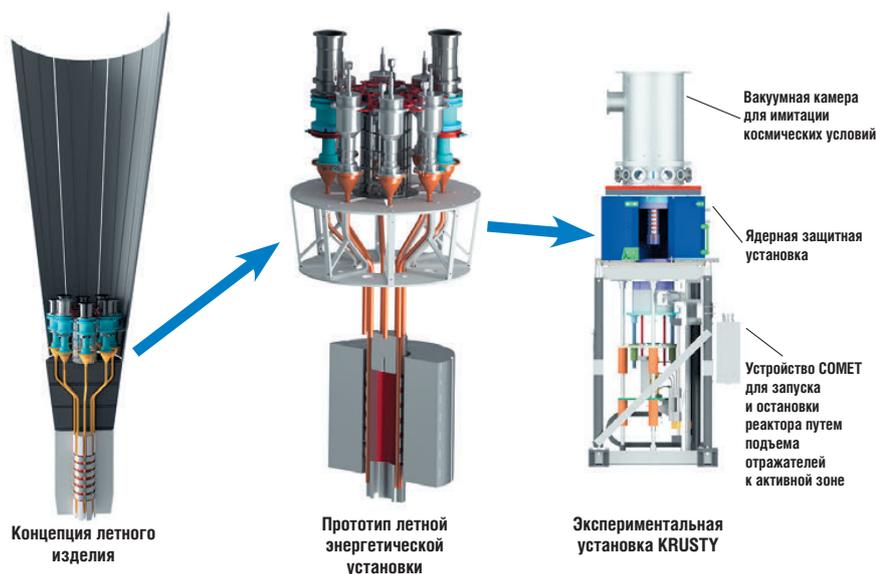
Испытания прототипа энергоустановки с проверкой устойчивости в штатных и нештатных ситуациях проводились с ноября 2017 г. по март 2018 г. на полигоне NNSA в штате Невада в вакуумной камере в четыре этапа.

Первые два этапа выполнялись без выработки мощности, лишь для проверки работоспособности элементов. На третьем этапе тепловую мощность постепенно поднимали, разогревая активную зону. Четвертый этап представлял собой работу реактора в течение 28 часов на мощности с последующим выключением по команде. Уровень мощности составлял всего 100 Вт, но специалисты убеждены, что установка легко масштабируется до 10 кВт.

По результатам испытаний специалисты NASA и NNSA заявили, что проверили процедуру запуска и работу на мощности, продемонстрировав ее устойчивость, необходимую эффективность и стойкость к преднамеренно внесенным повреждениям в системе охлаждения и отвода тепла из активной зоны. По данным разработчиков, тесты на полной мощности в Неваде «превзошли все ожидания».

«Мы прогнали систему по шагам, – сообщил ведущий инженер проекта в Центре Гленна Марк Гибсон (Marc Gibson). – Тест доказал, что она работает так, как мы и предполагали при разработке. Независимо от того, какие условия мы задавали, реактор работал очень хорошо». По словам ведущего инженера, в каждой категории испытаний параметры установки соответствовали контрольным показателям либо превысили их.

Следующим шагом по отработке энергоустановки разработчики видят испытание в космосе. «Такова наша цель – взять то, что мы узнали из этого эксперимента, а затем перейти к полетной демонстрации, – подтвердил Гибсон. – Мы не видим необходимости продолжать наземные демонстрации этой конкретной системы». Хотя тестировался всего лишь прототип реактора, тем не менее он был разработан с учетом полетных требований.



Пока подобная миссия официально не одобрена NASA, и детали еще предстоит определить. Джеймс Рейтер сказал, что следующие 18 месяцев будут посвящены предпроектной работе, включая изучение облика миссии и работы по снижению риска. Одна из возможностей, по его мнению, заключается в запуске реактора в середине 2020-х годов в составе лунного посадочного модуля среднего размера, который NASA видит частью процесса создания более крупного лэндера в рамках кампании по освоению Луны. Демонстрация напланетного реактора ляжет затем в основу многих операций на поверхности, которые NASA хотело бы сделать. Возможная стоимость летной демонстрации установки не раскрывается.

По словам Рейтера, на разработку установки Kilopower и ее испытание NASA потратило лишь около 20 млн \$ в течение нескольких лет. «Люди привыкли думать, что реакторы требуют миллиардов долларов. Мы показали, что можно спроектировать, построить и испытать реактор за сумму менее 20 млн \$, – констатировал Дэвид Постон (David Poston), главный конструктор реактора в Лос-Аламосской национальной лаборатории NNSA. – Теперь NASA знает, что мы можем разработать тему по доступной цене и готовы взяться за нее... Это первый новый реактор не только для космоса или NASA – это первый новый ядерный реактор в США за последние 40 лет вообще. Мы продемонстрировали концепцию, которую NASA может использовать прямо сейчас, – она готова к полетам».

Как известно, NASA планирует создать пилотируемую космическую станцию вблизи Луны (НК № 12, 2017, с.20-23) и предпринять миссии на лунную поверхность, а позднее – в 2030-е годы – и на Марс. Для столь длительных автономных экспедиций требуются адекватные источники энергии. Ядерная энергоустановка киловаттного класса вполне подходит: на Луне она может обеспечить мощность и тепло в течение двухнедельной лунной ночи и, кроме того, функционировать в постоянно затененных областях кратеров на полюсах, где нет солнечного света, а на Марсе работать и днем, и ночью, а также во время пылевых бурь, когда эффективность солнечных батарей снижается.

«Когда мы придем на Луну и в конечном итоге на Марс, нам, вероятно, понадобятся

более мощные источники энергии, не зависящие от солнечного света, особенно если мы хотим жить за пределами Земли, – видит перспективу Джеймс Рейтер. – Например, водяной лед является критическим ресурсом, присутствующим в лунной почве, и его можно добывать, [перерабатывать] и использовать, но для этого требуется много энергии... Ученые говорят, что нам, вероятно, понадобится до 40 кВт энергии на Луне, а затем на поверхности Марса».

Ученые NASA надеются, что, как только мощность энергоустановки будет увеличена и устройство поступит в эксплуатацию, астронавты смогут установить в лунной или марсианской почве несколько таких блоков, позволяющих обеспечить электроэнергией постоянную лунную или марсианскую базу на протяжении десяти лет и более.

По словам Дэвида Постона, саморегулирование является ключевым требованием при проектировании реактора KRUSTY. Эта особенность не только повышает безопасность установки, но и освобождает астронавтов от необходимости постоянно следить за ней: «Там, [на Луне или Марсе], у нас не будет операторов. И даже если вокруг [установки] будут астронавты, они не смогут все время сидеть за пультом управления реактором».

Инженеры проекта говорят, что реактор «крайне безопасен» даже в случае взрыва ракеты-носителя или другой аварии, поскольку в этот момент он еще не включен. В отличие от большинства ядерных энергоустановок на Земле, в KRUSTY нет охлаждающих жидкостей, например воды, которая может стать проблемой, поскольку в случае перегрева взрывным образом превращается в пар, а также легче переносит вещества, загрязненные продуктами радиоактивного распада. Со своей стороны, натрий в тепловых трубках разрабатываемой установки остается твердым до момента расплавления реакторным теплом.

Кроме того, вопреки распространенному мнению, уран-235 не слишком радиоактивен. «Если у нас случится авария на старте – взрыв или пожар... то фактическая доза на расстоянии в один километр от стартовой площадки

\* Один миллибэр (он же миллирем) примерно эквивалентен дозе, полученной во время рентгеновского снимка полости рта и значительно ниже дозы, приобретаемой при однократном полете на пассажирском самолете.

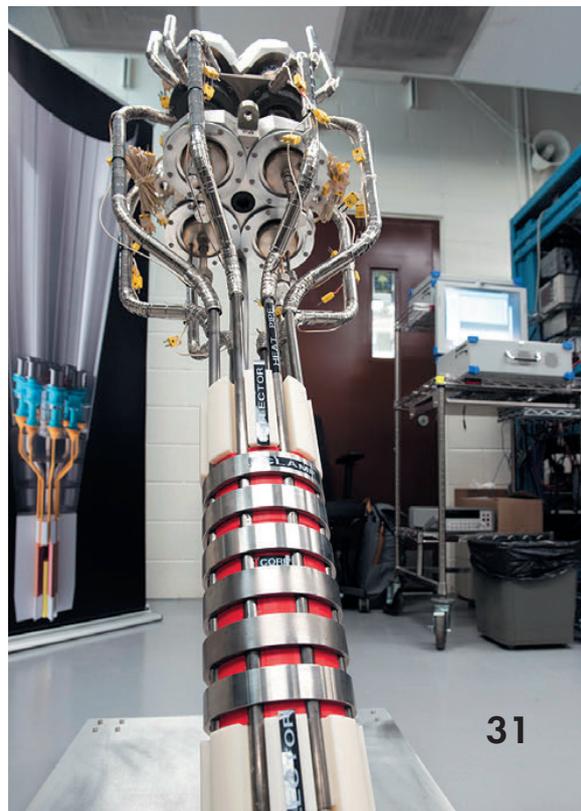
будет намного меньше, чем фоновое излучение, – около 1 миллибэра\*, – полагает руководитель проекта Kilopower в Лос-Аламосской Национальной лаборатории Патрик МакКлюр (Patrick McClure). Наибольший риск несет случайное включение установки, хотя МакКлюр намекает, что это практически невозможно из-за принципов, заложенных в проект. «Даже в самых худших условиях мы не опасаемся, что что-либо когда-нибудь случится с реактором», – заверяет о н.

Д.Постон поясняет, что реактор практически не будет представлять опасности для общечеловечности. По его словам, NASA следует всем соответствующим протоколам, в том числе изложенным ООН. Кроме того, реактор не будут включать, пока аппарат не уйдет далеко от Земли. Система работает как термостат, где отрицательная обратная связь удерживает устройство в заданном диапазоне температур: если температура реактора превысит определенную величину, двигатели Стирлинга, производящие электричество, будут отнимать больше тепла от активной зоны. В случае же остывания ниже нормы атомы урана-235 будут захватывать больше нейтронов – и скорость деления увеличится.

Специалисты рассмотрели и вопросы безопасности на площадке, где будет установлен реактор. Установка не имеет радиоактивного хладагента, который представляет опасность загрязнения. Вместе с тем специалисты разрабатывают механизмы для защиты астронавтов от излучения реактора, а также меры по защите и захоронению части установки под поверхностью планеты.

Инженеры Космического центра имени Джонсона разрабатывают контейнеры для безопасного хранения отработанного топлива на месте, так как его возвращение на Землю непрактично. Об этом сообщил главный заместитель помощника администратора по безопасности, инфраструктуре и операциям в Национальной администрации по ядерной безопасности Патрик Кахалэй (Patrick Cahalane). ■

▼ Установка Kilopower. Внизу – реактор, сверху – блок преобразователей Стирлинга



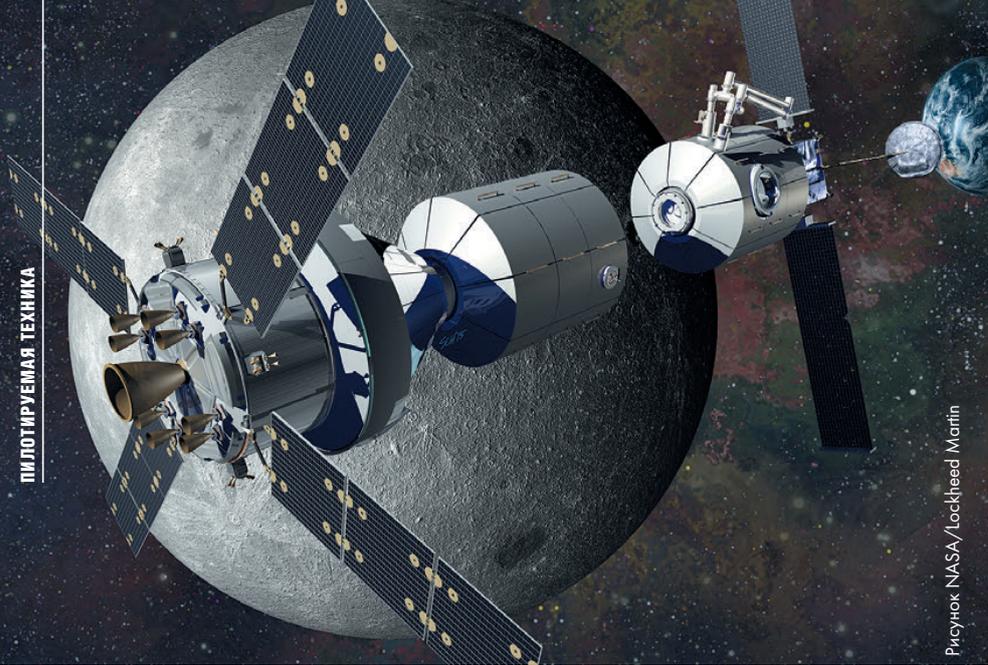


Рисунок NASA/Lockheed Martin

## Портал на окололунной орбите: не все одобряют

И. Афанасьев.

«Новости космонавтики»

2 мая NASA опубликовало меморандум: оно рассматривает «Лунную орбитальную платформу – портал» LOP-G (Lunar Orbital Platform-Gateway)\*, а также поддерживаемые правительством США коммерческие проекты создания небольших лунных посадочных аппаратов как подготовку запуска крупных автоматических миссий и основу для реализации высадки людей на поверхность естественного спутника Земли.

Между тем в среде профессионалов и общественности США по данному вопросу есть разногласия. Так, инженер и публицист Роберт Зубрин (Robert Zubrin), основатель «Марсианского общества» и автор ряда работ по марсианским экспедициям, оставаясь верным своему кредо («Собираясь на Марс, надо лететь именно на Марс, а не на Луну»), подверг проект NASA резкой критике, назвав его «худшим из имеющихся».

Аналогичной точки зрения придерживается и Джеральд Блэк (Gerald Black), бывший аэрокосмический инженер, более 40 лет проработавший в компаниях Bell Aerosystems и GE Aviation. 14 мая на сетевом ресурсе thespacereview.com он опубликовал статью под заголовком «Лунная орбитальная платформа – портал: ненужное и дорогостоящее отвлечение средств».

«В планах NASA по возвращению на Луну оформились два компонента – орбитальная станция LOP-G и обитаемая лунная база. До сих пор нет подробной информации, как будет устроен последний компонент, – пишет Блэк в начале статьи. – Но можем ли мы позволить себе оба компонента? Ответ: громкое «нет!» Возвращение людей на лунную поверхность – основная цель администрации Трампа, согласованная с другими участниками проекта. Это цель должна вдохновить обще-

ственность и следующее поколение ученых и инженеров. Вместе с тем окололунная платформа – ненужное и дорогостоящее отвлечение ресурсов, которое следует немедленно выбросить в мусорную корзину истории».

Приводя доводы в обоснование своей позиции, автор отмечает, что большинство схем пилотируемых марсианских экспедиций, в том числе Mars Direct Роберта Зубрина и BFR Илона Маска (Elon Musk), предусматривают старт с околоземной, а не с окололунной орбиты. Чем будет заниматься экипаж LOP-G вблизи Луны? Эксперименты с микрогравитацией проще выполнять на низкой околоземной орбите, а изучать Луну ученые смогут с помощью гораздо менее дорогостоящих посадочных и орбитальных автоматов.

«На окололунной орбите астронавты будут подвергаться пагубным последствиям космической радиации (вдвое более мощной, чем на низкой околоземной орбите) и микрогравитации. В этих условиях потребуются частая смена экипажа. В то время как астронавты, отправленные прямо на лунную поверхность, смогут находиться там в течение длительных периодов времени... в защищенных от радиации жилых модулях, засыпанных реголитом, а лунная гравитация (16% земной силы тяжести), как предполагается, менее опасна для костей и мышц, чем невесомость», – продолжает Блэк.

Эксперт критикует и такой довод сторонников проекта, как использование LOP-G для продолжения международного сотрудничества после завершения программы МКС: «Другие страны хотят, чтобы их астронавты ходили по Луне, а не просто болтались на орбите над ней. Лучше бы NASA предложило международным партнерам разработать лунные жилища, напланетные энергетические системы, герметичные роверы и другую инфраструктуру, необходимую для освоения Луны».

В будущем может иметь смысл создать запасы ракетного топлива – жидкого кислорода и жидкого водорода, полученных из лунной воды, – на окололунной орбите или в точке Лагранжа L1 системы Земля–Луна. Но в планах по LOP-G таких хранилищ нет.

«Платформа не годится для обеспечения возвращения человека на Луну, поскольку остановка на LOP-G на пути туда или при возвращении обратно не принесет никакой пользы, – уверен эксперт. – Вместо пользы будет только вред, так как прибывающий корабль бесполезно растратит топливо на маневрирование вблизи платформы и стыковку с ней... LOP-G похожа на портал\*\* без дверей, ведущий в неизвестность... Пора прикрыть этот проект, прежде чем он укоренится и получит сильную поддержку в отрасли. Нам не нужна эта новая программа, вытягивающая по 3 млрд \$ в год из бюджета NASA. Намного лучше потратить деньги на одобренное всем сообществом намерение вернуть человека на поверхность Луны и создать там базу. Именно такая программа отчаянно нуждается в деньгах, чтобы стать успешной».

В целом читатели интернет-издания согласились с мнением автора об отсутствии необходимости в окололунной платформе. «Независимо от того, что скажут сторонники DSG / LOP-G, последняя не сделает ничего, кроме как остановить человечество на пути к Луне. Это совершенно неверный путь для возобновления пилотируемых лунных полетов! Я решительно согласен с автором статьи... Ради бога, давайте просто продолжим концепцию Constellation, которая эффективно вернет наших астронавтов на Селену!» – написал один из них.

Правда, не все комментарии столь категоричны. «Концепция лунной орбитальной станции как компонента более крупной транспортной системы/сети... поддерживается действующими техническими обоснованиями, направленными на создание устойчивой инфраструктуры космических операций, которая могла бы дать дополнительные возможности как для полетов к Луне, так и для разведки и эксплуатации дальнего космоса. Возможно, имеет смысл сосредоточиться на том, чтобы перехватить вожжи этой лошади, которая уже бежит по дорожке, и следить за тем, чтобы она играла изначально заготовленную для нее роль транспортного портала вблизи Луны», – написал один из «умеренных» пользователей. Эта точка зрения находит поддержку и среди специалистов.

25 мая в том же интернет-издании появилась статья Эрика Хедмана (Eric R. Hedman), главного технического директора компании Logic Design Corporation, озаглавленная «Имеют ли ворота смысл?». Публикация интересна взвешенным подходом к LOP-G. В самом начале автор отмечает, что сторонники описывают проект как «следующий разумный шаг в исследовании человеком Луны и Марса». Однако, напоминает Хедман, человечество уже побывало на Луне и при этом обошлось без всякой окололунной инфраструктуры. «Для возвращения на Луну такая станция не является абсолютно необходимой», – пишет он, отмечая, что в последние годы «предложено несколько практических архитектур марсианских миссий, стартующих с низкой околоземной орбиты».

\* Ранее была известна под названием «Портал в дальний космос» DSG (Deep Space Gateway; НК № 12, 2017, с.20–23; № 5, 2018, с.60–65).

\*\* Портал (нем. Portal, от лат. porta – вход, ворота) – архитектурно оформленный вход в здание.

Далее автор анализирует плюсы и минусы проекта, а также условия, при которых его реализация видится целесообразной: «Техническое – не политическое! – обоснование для LOP-G сводится к выбору того, что имеет большее значение, – наличие околулунного портала или простое возвращение на поверхность Луны, как предлагалось в проекте Constellation. Ответ на вопрос непрост».

Проект LOP-G имеет политическую поддержку американского истеблишмента, поскольку, равно как и SLS, Orion и МКС, обеспечивает множество высокооплачиваемых рабочих мест во многих штатах.

«Для представителей этих штатов будет политическим самоубийством прекращение подобных программ. Однако существование последних накладывает ограничения на финансирование разработки новых систем», – пишет Хедман.

Эксперт замечает, что многие сомневаются в необходимости проектов Orion и SLS (НК №5, 2018, с.28-31), указывая на наличие более привлекательных альтернатив от SpaceX и Blue Origin. «Однако пока эти альтернативы не работают. Безусловно, Orion и SLS продолжают двигаться вперед... Они имеют сильную политическую поддержку... Есть даже и те, кто не считает, что SpaceX и Blue Origin смогут выполнить то, что обещают...»

Между тем ко времени начала пусков SLS Block 1B с более мощной верхней ступенью EUS (Exploration Upper Stage) и перспективными ускорителями должны полететь суперносители BFR от SpaceX и New Glenn от Blue Origin. Компания ULA (United Launch Alliance) также будет обладать ракетой Vulcan, возможно, даже с верхней ступенью ACES, заправляемой на орбите.

По мнению эксперта, наличие этих средств выведения может привести «к интересному сценарию, в котором равная или большая грузоподъемность будет доступна при гораздо более низких затратах, чем у SLS... И это может привести к отмене SLS...» «Тем не менее я не считаю, что любая из этих альтернатив будет рассмотрена из-за поддержки SLS в Конгрессе. NASA также не будет кусать кормящую его руку», – отмечает он.

Пока же проект LOP-G стартует в «унаследованной среде, которая создает почти идеальные условия для его реализации». В частности, командный и служебный модули корабля Orion изначально были рассчитаны на миссии отмененной программы Constellation. В силу принятой архитектуры (использование «пилотируемого» носителя Ares I и «грузового» Ares V) на корабль и его энергетику накладывались ограничения, в результате которых некоторые околулунные орбиты для «Ориона» недоступны, особенно если он будет нести еще и модули для LOP-G.

«Пока Конгресс требует использования SLS и «Ориона», эти ограничения существуют и должны учитываться», – отмечает Хедман, рассматривая в дальнейшем целый ряд компромиссов.

В частности, эксперт отмечает, что с точки зрения энергетики промежуточную платформу для посадочных экспедиций выгоднее располагать на низкой полярной околулунной орбите. Однако, как мы знаем, NASA выбрало орбиту с высоким апогеем. И этот выбор обусловлен отмечавшимися

выше ограничениями на запасы топлива «Ориона» и возможностями SLS. В то же время, если в ходе проектирования увеличить энергетику корабля (в том числе за счет дозаправки в космосе), то орбиту околулунной платформы можно изменить на более оптимальную. При этом энергодвигательный элемент PPE (Power and Propulsion Element) обеспечит возможность перемещения платформы на любую орбиту.

Существование околулунной платформы может значительно изменить облик и характеристики лунных посадочных модулей, которые потребуются вне зависимости от того, будет реализован проект LOP-G или нет. Если платформы не будет, то в силу ограничений на массово-энергетические характеристики лэндеры будут одноразовыми. При наличии платформы в перспективе возможно создание многократных посадочных модулей, которые перед прилунием будут дозаправляться, а перед возвращением с Луны – получать топливо от заранее созданной инфраструктуры на лунной поверхности. В данном случае потребуется танкер для регулярной дозаправки портала. Им может служить верхняя ступень ACES, планируемую ULA, либо «танкер» на основе BFR. Впрочем, хранилище топлива можно создать и не на платформе, а где-то неподалеку от нее, что безопаснее. При этом оно может поддерживать и архитектуры, не включающие LOP-G.

Хедман отмечает, что безусловным плюсом является повышение безопасности лунных миссий: «Допустим, возвращающийся с Луны экипаж обнаружил проблемы на корабле Orion и не может вернуться на Землю. В такой ситуации астронавты окажутся в серьезной опасности... Между тем при наличии LOP-G у них будет безопасная гавань на околулунной орбите, где они смогут переждать до прибытия спасательной миссии».

По мнению эксперта, LOP-G и база на поверхности Луны будут включать в себя компоненты, которые пригодятся марсианской экспедиции: модуль PPE можно использовать для отправки корабля на орбиту Марса и обратно; лунные роверы и жилища с некоторыми изменениями должны работать и на Красной планете. Источники энергии, такие как реактор Kilopower (см. статью на с.30-31), можно адаптировать и к Луне, и к Марсу. LOP-G будет иметь новый шлюзовой и жи-

лой модули, возможно, с лучшей защитой от радиации, чем на МКС. «Все эти разработки облегчат путешествие на Марс», – уверен Хедман.

Разумеется, создание платформы потребует огромных затрат, доступных лишь в международной кооперации. Партнеры проявили значительный интерес к участию в возвращении на Луну. В частности, ЕКА в лице генерального директора Йоханна-Дитриха Вёрнера (Johann-Dietrich Wörner) пропагандирует идею «лунного поселка» (Moon Village). Но для инвестиций в проект его участники потребуют твердых гарантий США.

«Понадобится несколько лет, чтобы убедить Европу, что мы будем последовательны. [Пока] ни ЕКА, ни другие партнеры по МКС не взяли на себя больших обязательств по возвращению на Луну».

В этой связи придется решать вопрос о будущем МКС, которая сейчас поглощает львиную долю ресурсов, выделяемых на пилотируемую программу. В частности, станция требует свыше 3 млрд \$ в год из бюджета NASA, а также значительных средств Роскосмоса и ЕКА.

«Необходимо принять решение о будущем МКС, чтобы партнеры знали, сколько они смогут высвободить средств для новых работ», – убеждает Хедман. Однако проблема в том, что у партнеров по проекту нет единого мнения о будущем международной станции.

Хедман отмечает: «...в альтернативной реальности, начиная с чистого листа, при постоянном потоке денег и без всякого политического давления» NASA могло бы придумать совершенно иной подход к возвращению на Луну. Но в существующей реальности проект LOP-G может быть лучшим из того, что можно сделать...»

«Из-за всех ограничений, накладываемых на NASA различными факторами, я верю, что предпринимаемые действия – правильный путь... План «Путешествие на Марс» (Journey to Mars; НК №12, 2015, с.46-51) был фантазмом – он рекламировался, но не был доступен для реализации. Это была лишь концепция. Нынешний план может сделать полет к Марсу более вероятным. Если продолжать искать, всегда можно найти лучшее. Но в какой-то момент необходимо принять решение. Лучшее – враг хорошего, если не позволяет двигаться дальше, пока вы его ищете. Поэтому я поддерживаю то, что делает NASA». ■

▼ Рисунок иллюстрирует стыковку корабля Orion с лунной орбитальной станцией



Рисунок Boeing



4 мая в 00:06:05.726 пекинского времени (3 мая в 16:06:06 UTC) с пусковой установкой №2 Центра космических запусков Сичан был произведен пуск РН «Чанчжэн-3В/Е» (CZ-3В/Е №Y55) с телекоммуникационным спутником «Ятай-6С» (он же APStar-6C). Аппарат, принадлежащий гонконгской компании Asia Pacific Telecommunications Satellite Co. Ltd., успешно доставлен на заданную геопереходную орбиту суперсинхронного типа с параметрами:

- наклонение – 27.25°;
- минимальная высота – 205 км;
- максимальная высота – 41 772 км;
- период обращения – 748.4 мин.

Внутреннее обозначение пуска было «операция 867-33». В каталоге Стратегического командования (СК) США аппарат получил номер 43450 и международное обозначение 2018-041A.

Спутник APStar-6C (в китайском варианте названия «Ятай-6С», 亞太6С) предназначен главным образом для регионального телевидения, оказания телекоммуникационных и мультимедийных услуг. Сферы его применения – обеспечение работы через станции VSAT, видеоконференц-связь, непосредственное телевизионное вещание и распределение видеоконтента, широкополосное обслуживание авиарейсов и морских судов, передача трафика базовых станций сотовой связи. После ввода в строй аппарат

*\* В силу исторических причин поставка КА гонконгскому оператору считается экспортной операцией, хотя Гонконг был возвращен в состав Китая еще в 1997 г.*

И. Лисов.  
«Новости космонавтики»

# APStar-6C

## для гонконгского оператора

будет работать в области «Пояса и пути» – в регионе, где его оператор обслуживает 19 стран и получает 85 % дохода.

Компания Asia Pacific Telecommunications Satellite Co. Ltd. (APT; в китайском варианте наименования – 亞太通信衛星有限公司 или 亞太通信衛星有限公司, Ятай тунсинь вэйсин юсянь гунсы) заказала спутник гонконгскому филиалу Китайской промышленной компании «Великая стена» на условиях поставки на орбите «под ключ». APStar-6C стал десятым телекоммуникационным спутником, поставленным Китаем на экспорт\*, в том числе вторым после APStar-9 для крупного оператора мирового уровня.

Контракт на сумму 180 млн \$ был подписан 17 октября 2015 г. на космодроме Сичан сразу после успешного запуска спутника APStar-9. По условиям контракта, спутник с 26 транспондерами диапазона С и 19 транспондерами диапазонов Ku/Ка должен был



стартовать не позднее 15 марта 2018 г. с вводом в строй в орбитальной позиции 134° в.д. к 1 мая того же года.

«Великая стена» принадлежит Китайской корпорации космической науки и техники CASC, которая, в свою очередь, является крупнейшим акционером APT. Субподрядчиками по контракту выступили другие подразделения CASC: по спутнику – Китайская исследовательская академия космической техники CAST, по ракете – Китайская исследовательская академия ракет-носителей CALT. Государственное управление запусков, контроля и управления спутниками обеспечило старт и поставило необходимое наземное оборудование.

14 июня 2016 г. состоялась критическая защита по проекту полезной нагрузки APStar-6C, а в октябре – по системе в целом. 7 августа 2017 г. произвели стыковку трех основных модулей КА – служебного, двигательного и модуля полезной нагрузки, что позволило начать испытания на системном

уровне. К январю прошли функциональные испытания КА, динамические и климатические испытания, а в феврале 2018 г. завершилось тестирование антенной подсистемы на специализированном полигоне. 6 марта аппарат прошел выходной контроль на предприятии-изготовителе.

Утром 9 марта 2018 г. спутник был доставлен из Пекина в аэропорт Циншань космодрома Сичан самолетом Ан-124 российской компании «Волга-Днепр». Ракету привезли туда еще раньше вместе с носителем для мартовского запуска спутников «Бэйдоу». Старт был назначен на 21 апреля, однако в середине месяца стало известно о его переносе по неназванным причинам. Известно, что специалистам пришлось работать на подготовке носителя и в праздничный день 1 Мая. Пуск состоялся 4-го; уже 11 мая в 09:00 аппарат был стабилизирован во временной точке стояния 136.5° в.д., а 29 мая после испытаний перешел в штатную позицию 134° в.д. Как видим, сдвигка сроков оказалась минимальной.

За разработку КА на базе платформы DFH-4 высокой мощности с расчетным сроком активного существования 15 лет отвечал командующий и главный конструктор Вэй Цян (魏强), имеющий 30-летний опыт проектирования телекоммуникационных спутников. Среди всех коммерческих аппаратов китайского производства APStar-6C характеризуется наибольшим количеством транспондеров, наиболее гибкой схемой их коммутации, максимальной мощностью, выделенной для полезной нагрузки, и наибольшей стартовой массой. Предполагается, что она близка к 5400 кг, но официально известно лишь то, что спутник удалось сделать на 14 кг легче согласованной с разработчиками РН расчетной величины.

▼ Фрагменты ракеты CZ-3В в районе падения



Полезная нагрузка КА разработана Сианьским отделением CAST. Модуль полезной нагрузки имеет массу 610 кг и включает 680 основных компонентов. Заказчик и головной подрядчик утверждают, что в составе ПН имеется 45 транспондеров, однако, по словам Вэй Цяня и ответственного представителя по ПН Ли Шэнсяня (李胜先), всего их 53: 32 – в С-диапазоне, 20 – в Ku и один – в Ka. Семь бортовых антенн формируют в общей сложности восемь лучей для покрытия зоны обслуживания, причем 85% транспондеров могут переключаться между разными лучами. В С-диапазоне зона охвата включает территории Китая, Монголии и Индокитая, Юго-Восточную Азию, а также Австралию и Гавайские острова. В Ku-диапазоне имеются китайский луч (плотно заселенная часть территории КНР), индокитайский (Бирма, Таиланд, Лаос, Камбоджа) и монгольский (Монголия и прилегающие районы Российской Федерации и Казахстана).

Аппарат изготовлен для замены работающего уже 13 лет спутника APStar-6, который был изготовлен для гонконгского оператора европейской компании Thales Alenia Space. Неудивительно, что китайские разработчики постоянно сравнивают свой КА с зарубежным и отмечают его преимущества в части мощности, используемой полезной нагрузкой (на 20% выше), и числа рабочих каналов (с учетом возможности комбинирования частотных диапазонов оно увеличилось с 62 до 292, то есть в 4.71 раза).

### Штрихи к истории системы, или Лебединая песня Tongsat

Компания APT была образована в 1992 г. и приступила к оказанию телекоммуникационных услуг в Азиатско-Тихоокеанском регионе с 1994 г. Информация о КА фирмы приведена в таблице, а состав орбитальной группировки наглядно отображен на графике, построенном по орбитальным данным СК США.

Спутник APStar-1 был заказан в мае 1992 г. у тогдашнего лидера в области коммерческих телекоммуникационных спутников – компании Hughes Space and Communications International Inc. Он был успешно запущен 21 июля 1994 г. китайским носителем CZ-3 и к 15 августа занял орбитальную позицию 131° в.д., заявленную для него Британией, –



Модернизированная ракета CZ-3B/E № Y55 относится к поколению носителей, изготавливаемых по стандартному проекту без привязки к конкретному полезному грузу. Изначально она, кстати, была распределена под другой КА.

Особенностью носителя является экспериментальная беспроводная система измерений; соответствующие датчики сосредоточены в четырех зонах в хвостовом отсеке третьей ступени с целью проверки реальных условий работы в полете и надежности передачи данных.

Как заявил командующий РН CZ-3В Цзинь Чжицян (金志强), такая технология позволит оперативно изменять перечень контролируемых параметров без необходимости переделки бортовой кабельной сети.

Космические аппараты компании Asia Pacific Telecommunications						
Наименование	Дата запуска	Носитель	Производитель	Платформа	Полезная нагрузка	Точка стояния
APStar-1	21.07.1994	CZ-3	Hughes	HS-376	24 C	138° в.д., с сентября 2004 г. – 142° в.д. С октября 2012 г. – Chinasat-5E, в январе 2014 г. уведен
APStar-2	25.01.1995	CZ-2E/Star 63F	Hughes	HS-601	26 C, 8 Ku	Аварийный пуск. 77° в.д. (план)
APStar-1A	03.07.1996	CZ-3	Hughes	HS-376	24 C	134° в.д.; с ноября 2005 г. – 125°, 115° и 130° в.д. С сентября 2010 г. – Chinasat-5D, в августе 2014 г. уведен
APStar-2R/Telstar-10	16.10.1997	CZ-3B	Loral	FS-1300	28 C, 16 Ku	76.5° в.д. Часть ресурса в аренде под именем Telstar 10. Уведен в октябре 2012 г.
APStar-9A (Chinastar-1) APStar-5/	30.05.1998	CZ-3B	Lockheed Martin	A2100A	24 C, 24 Ku	Запущен как Chinastar-1, с 2010 г. – Chinasat-5A, с октября 2013 г. по март 2016 г. в аренде у APT в позиции 142° в.д. Аварийный орбитальный пуск. 138° в.д.
Telstar-18	29.06.2004	Зенит-3SL	SS/Loral	SSL-1300	38 C, 16 Ku	Запущен как Telstar 18, часть ресурса в аренде у APT
APStar-6	12.04.2005	CZ-3B	Alcatel	SB-4000C1	38 C, 12 Ku	134° в.д.
APStar-7	31.03.2012	CZ-3B/E	TAS	SB-4000C2	28 C, 28 Ku	76.5° в.д.
APStar-7B/Chinasat-12	27.11.2012	CZ-3B/E	TAS	SB-4000C2	24 C, 23 Ku	87.5° в.д. Запущен как Chinasat-12. Часть ресурса принадлежит APT
APStar-9	16.10.2015	CZ-3B/E	CAST	DFH-4	32 C, 14 Ku	142° в.д.
APStar-6C	05.04.2018	CZ-3B/E	CAST	DFH-4	32 C, 20 Ku, 1 Ka	134° в.д.

фирма была зарегистрирована на британских Бермудских островах и базировалась в тогда еще британском Гонконге. Однако двое соседей по орбитальным точкам – Япония, у которой в 132° в.д. работал спутник Sakura 3a, и Королевство Тонга вместе с американской компанией Rimsat, номинальным владельцем спутника «Горизонт» № 41Л (Rimsat 1) в позиции 130° в.д., немедленно заявили протест: указали на потенциальные помехи, которые мог создать для их работы новый КА. В итоге, пробыв в расчетной точке всего три недели, APStar-1 снялся с места и 13 сентября «заселился» в новую позицию – 138° в.д. К стати – к немалому удовольствию телевизионных вещателей, уже арендовавших на нем транспондеры и рассчитывавших на конкретные рынки в Индии и сопредельных странах, которые из первоначальной точки покрывались лучше.

Здесь самое время вспомнить историю отчаянной борьбы за геостационар Королевства Тонга, сейчас уже почти забытую, но тогда поставившую на уши всю отрасль космической связи и заставившую ужесточить регулирование орбитально-частотного ресурса. Право на использование точки и частот и тогда, и сейчас предоставляется

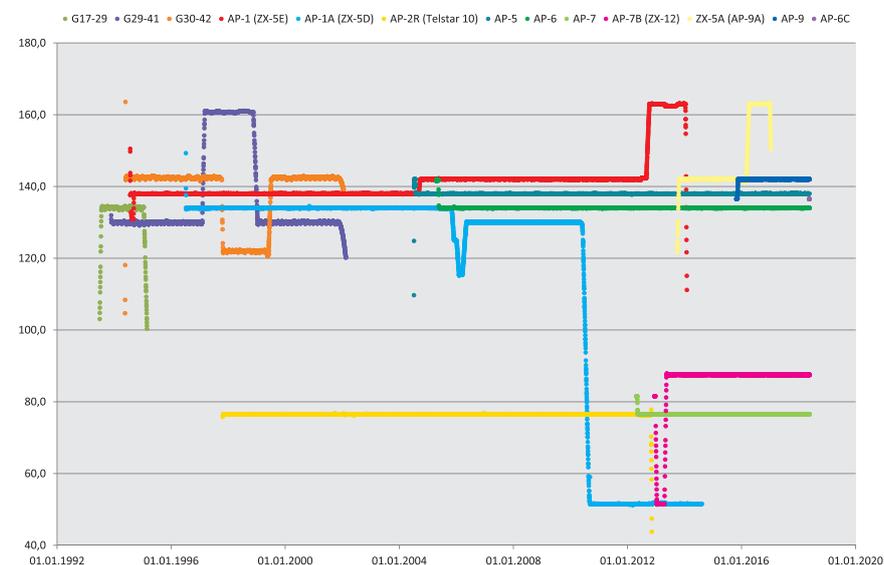
не коммерческой компании, а государству регистрации по заявке уполномоченной им администрации связи. Пока геостационарные спутники запускались для государственных систем и для Международной организации спутниковой связи Intelsat, особых проблем с этим не возникало. Тем временем с появлением в этой области частных провайдеров спутниковых услуг появилась «замечательная бизнес-идея»: застолбить точки на геостационаре и затем перепродавать их или сдавать в аренду тем, кто выйдет на рынок позже.

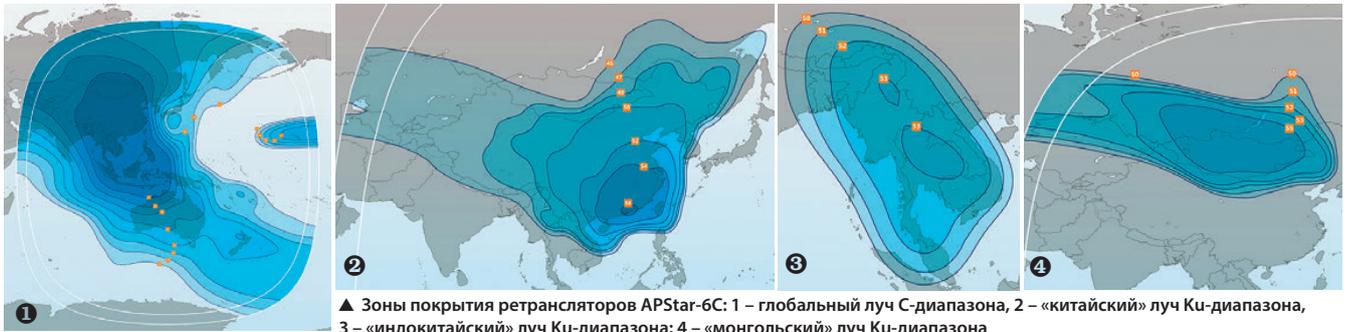
Идея эта пришла в голову американцу шведского происхождения Мэттью Нилсону (Matthew C. Nilson), который до 1979 г. работал в Intelsat, а затем создал частную компанию ABC Inc., намереваясь заказать два телекоммуникационных спутника и получать прибыль от их эксплуатации. Проиграв конкурентам и лишившись в 1985 г. лицензии, он собирался уйти на покой и осесть на тропических тихоокеанских островах Тонга, как это уже сделал его сосед по Сан-Диего Джерри Флетчер (Jerry Fletcher).

Флетчер имел на Тонга бизнес в области авиационного питания, а его партнерами были Келепи Тупоу (Kelepi Tupou), дальний родственник короля, и осваивающая азы предпринимательства принцесса Салоте Мафилеу Пилолеву Туита (Salote Mafile'u Pilolevu Tuita). Познакомившись через Флетчера с дочерью монарха, Нилсон рассказал ей о своей замечательной задумке, а принцесса Пилолеву передала предложение американца отцу.

Мэттью Нилсон и Его Величество Тупоу IV встретились в ноябре 1987 г. Очень может быть, что американец спел монарху известную арию Остапа Бендера («Вы не будете ничего платить, Ваше Величество, вы будете только получать!»), – известно лишь, что нужного решения он добился. В феврале 1988 г. Королевство Тонга с населением в 102 тысячи человек и с годовым доходом, не позволя-

### ▼ Размещение спутников компании APT по точкам стояния в 1994–2018 гг.





▲ Зоны покрытия ретрансляторов APStar-6C: 1 – глобальный луч С-диапазона, 2 – «китайский» луч Ku-диапазона, 3 – «индокитайский» луч Ku-диапазона; 4 – «монгольский» луч Ku-диапазона

ющим оплатить даже один связной спутник, подало в Международный союз электросвязи ИТУ заявки на четыре орбитальные точки. В мае 1988 г. – еще на четыре. В феврале 1989 г. – на восемь. В мае 1990 г. – на десять. В июне 1990 г. – на шесть. Часть позиций повторялась по мере пересмотра требований или с включением новых частотных диапазонов, но в сумме за два года набралось 23 геостационарные позиции без каких-либо шансов заполнить их не существующим в природе спутниковым флотом Тонга.

Несколько влиятельных космических держав и находившийся под контролем США Intelsat заявили протест, указав, что Тонга злоупотребляет своим положением с очевидной целью спекуляции орбитально-частотным ресурсом. ИТУ подумал и принял в июне 1991 г. компромиссное решение: согласовал заявки Тонга на шесть точек (83.3°, 130°, 134°, 138°, 142.5° и 170.75° в.д.) при условии отзыва остальных.

Для эксплуатации этого богатства еще 16 февраля 1989 г. была зарегистрирована компания Tongasat. Часть ее акций (40%) отошла принцессе Пилолеву, которая стала председателем Совета директоров, по 20% досталось Келепи Тупоу, представлявшему особу короля Тупоу IV, Мэтту Нилсону и Джерри Флетчеру. Компания собиралась сдавать точки в аренду по 2 млн \$ в год и обещала перечислять 50% прибыли в бюджет королевства, что увеличило бы его доход на 25%. В октябре 1991 г. Tongasat действительно сдала две точки в аренду американской компании Unicom Satellite Corp., а вскоре после этого еще две позиции – 130° и 134° в.д. – фирме Rimsat Ltd.

Rimsat также был детищем Нилсона, хотя поначалу он держался в тени. Вторая часть блестящей бизнес-идеи американца состояла в том, чтобы заказать советские спутники для добытых через короля Тонга точек.

Тогдашние «Горизонты» имели низкий срок службы – официально всего три года – и несли лишь по шесть транспондеров С-диапазона, но эти недостатки окупались смехотворно низкой ценой железногорских КА при пересчете на американскую валюту. Покупая их вдвое дешевле, чем хьюзовские аппараты, можно было позволить себе сдавать транспондеры в аренду по 1 млн \$ в год и дешевле. Для сравнения: Австралия, также выходящая на рынок телекоммуникаций Азиатско-Тихоокеанского региона, предлагала транспондеры по 3.5–4.0 млн \$.

Нилсон вышел на Джеймса Саймона (James A. Simon), который завербовал до 60 частных инвесторов и образовал в 1991 г. компанию Rimsat Ltd. со штаб-квартирой в г. Форт-Уэйн в штате Индиана, зарегистрированную, однако, в юрисдикции о-вов Сент-Киттс и Невис. В ходе переговоров с Главкосмосом была согласована сделка о покупке шести спутников с поставкой на орбите за 150 млн \$, однако государственный переворот в августе 1991 г. и распад СССР в декабре вынудили начать все заново.

Новым партнером с российской стороны стала фирма «ИнформКосмос». В ноябре 1992 г. правительство России одобрило закупку американцами двух «Горизонтов» и четырех новых КА «Экспресс» с частичной оплатой партнерами их разработки.

Rimsat оказался не слишком успешным коммерчески и весной 1993 г. едва не разорился; ситуацию спас малайзийский инвестор Таджудин бин-Рамли, который приобрел 45% акций фирмы за 38 млн \$. Российской стороне было перечислено 20 млн \$ за два «Горизонта», которые были запущены 18 ноября 1993 г. и 20 апреля 1994 г. и после ввода в строй в точках 130° и 142.5° в.д. соответственно стали приносить 12 млн \$ в год. Еще один «Горизонт», уже находившийся на орбите, был в августе 1993 г. пере-

правлен в позицию 134° в.д. по отдельному соглашению «ИнформКосмоса» с компанией Tongasat.

На создание «Экспресса» американская компания перевела лишь 6.7 млн \$, после чего стала кормить российских партнеров «завтраками», потому что ничего близкого к 150 миллионам у нее просто не было. «ИнформКосмос» в декабре 1994 г. приостановил подготовку запуска первого «Экспресса» для Rimsat, который в ответ включил штрафные санкции. Впрочем, это не помогло: в ходе внутреннего конфликта часть владельцев Rimsat подала в суд и в феврале 1995 г. добилась признания компании банкротом. Никто не вернул бин-Рамли его вклада, и малайзиец судился долго и безуспешно.

В сентябре 1995 г. российская сторона конфисковала два принадлежавших американцам «Горизонта» и передала их в управление «Интерспутнику», который немедленно договорился с Tongasat о дальнейшем использовании фактически занятых точек. Спутники уходили из них\* и вновь возвращались и в итоге были выведены из эксплуатации в конце 2001 г.

Компания Tongasat со временем перешла в почти единоличное владение принцессе Пилолеву. Мэтт Нилсон был отстранен от должности управляющего директора Tongasat из-за конфликта интересов: на пике популярности Rimsat он приобрел 11.25% его акций. Принцесса стала проводить много времени в Гонконге, который в июле 1997 г. перешел под контроль Китая. Правительство Тонга в ноябре 1998 г. признало пекинское правительство и разорвало отношения с тайваньским, что упростило деловые отношения с КНР.

Как же все это связано со спутниками APStar? Да очень просто: в течение 20 лет АРТ использовала орбитальные позиции Tongasat! В сентябре 1994 г. именно эта фирма предоставила для APStar-1 сроком на 10 лет точку 138° в.д., которую ранее взяла в аренду, но так и не использовала Unicom Satellite Corp. Отсюда аппарат обслуживал клиентов в Китае, Японии и Юго-Восточной Азии. В январе 1995 г. APStar-2 потерпел аварию при запуске и не был выведен в согласованную специально для него позицию 77° в.д. Ее сохранили для APStar-2R, а для компенсации выпадающих доходов в марте 1995 г. был срочно заказан однотипный с первенцем APStar-1A. Аппарат был размещен в точке 134° в.д., которую Tongasat сдал сроком на 10 лет после ухода из нее

\* В частности, «Горизонт» №42Л с октября 1997 г. по май 1999 г. работал на другую гонконгскую компанию – Asiasat.



российского «Горизонта» № 29Л, и, помимо вышеуказанных районов, работал с Индией и Пакистаном.

Два первых спутника заменили в июле 2004 г. и мае 2005 г. аппаратами APStar-5 и APStar-6; новые соглашения с Tongosat об аренде орбитально-частотного ресурса сроком на 15 лет были заключены 8 июля 2003 г. и 15 апреля 2005 г. соответственно. Старые аппараты были переведены в 142° в.д. и 130° в.д. К этому моменту Тонга утратило права на названные точки, и новые заявки для системы APStar были поданы от имени правительства КНР.

В 2009 г. правительство отменило монополию Tongosat на эксплуатацию орбитальных позиций Королевства Тонга, и, хотя новых желающих не нашлось, компания принцессы Пилолеву смогла сохранить права лишь на две точки. В 2011 г. правительство начало пересмотр и этого соглашения, и в результате в 2014 г. Tongosat окончательно отказалось от своих прав на позиции 134° и 138° в.д., уступив их держателю субаренды в лице APT Satellite Holdings. Впрочем, на будущее заявки в ИТУ на эти точки, как и на ряд других, уже давно поданы от имени правительства КНР.

Внимательный читатель заметит, что в нумерации спутников APStar пропущены числа 3 и 4, и это неслучайно. Еще в 1996 г. компания подготовила технико-экономическое обоснование и вела переговоры с Министерством кино, радио и телевидения КНР о создании спутников непосредственного

телевещания для охвата китайского рынка качественными телепрограммами. Для этого предполагалось заказать два спутника с мощными транспондерами Ku-диапазона – APStar-3D и APStar-4D: первый – для работы на орбите, а второй – в качестве наземного резерва. Планы эти, по-видимому, подкосил запрет на поставку Китаю американских спутников вкупе с азиатским финансовым кризисом 1997–1998 гг.

APStar-5 вместо 2000 г. по плану стартовал лишь в 2004 г. Заказанный параллельно с ним аппарат-дублер APStar-5B был передан и запущен под именем APStar-6. Этот заказ вновь подстраховали соглашением о поставке спутника APStar-6B с «Великой стеной» за 120 млн \$, однако после успешного запуска «шестерки» заказчик не использовал эту опцию, и спутник построен не был. Название, однако, было уже занято, и поэтому запущенный 4 мая аппарат называется APStar-6C.

В 2012 г. APStar-7 принял позицию 76.5° у APStar-2R, а его дублер APStar-7B был передан китайской государственной компании Chinasat и запущен как Chinasat-12, хотя часть ресурсов КА гонконгская фирма все-таки оставила за собой. В 2012–2013 гг. эта пара операторов временно обменялись спутниками: APStar-1 в уже почтенном 18-летнем возрасте был переведен в точку 163°, а чуть более молодой Chinasat-1 (он же Chinasat-5A) – на его место в 142°. Последний вернули владельцу в начале 2016 г., когда позицию 142° в.д. занял вновь изготовлен-

ный APStar-9. Владельцы отмечают, что этот КА китайского производства был хорошо принят рынком и имеет высокий уровень коммерческой загрузки – свыше 75%.

Следующим в орбитальном флоте компании должен стать APStar-5C, изготавливаемый на паях с компанией Telesat и поэтому имеющий второе наименование – Telstar-18 Vantage. Аппарат изготавливается на платформе SSL-1300 и оснащается полезной нагрузкой С- и Ku-диапазона, включая каналы с высокой пропускной способностью для работы по территории Индонезии. После запуска на PH Falcon 9 во второй половине 2018 г. спутник должен сменить APStar-5 в точке 138° в.д. В течение всего срока службы АРТ будет располагать на нем ресурсом, эквивалентным 36.2 транспондера.

Заказанный в ноябре 2016 г. у «Великой стены» спутник APStar-6D станет первым шагом компании в формировании глобальной широкополосной спутниковой системы, в которую должны войти четыре КА и соответствующая наземная инфраструктура. Первый аппарат с полезной нагрузкой Ku- и Ka-диапазонов будет изготовлен на платформе DFH-4E и оснащен гибридной двигательной установкой с ЖРД и электрореактивными двигателями. Для запуска в 2019 г. будет использована PH CZ-3B.

Полный объем этого заказа АРТ в соответствии с соглашением о намерениях может достигнуть 10 млрд юаней (около 1.5 млрд \$). Оператором новой системы будет дочерняя фирма АРТ Mobile SatCom Ltd. ■

## Новый руководитель CNSA

И. Лисов.

«Новости космонавтики»

**24 мая Чжан Кэцзянь (张克俭) был назначен новым руководителем Китайского национального космического агентства CNSA.**

Чжан Кэцзянь родился в июле 1961 г. в г. Кушань, провинция Цзянсу. Выпускник Национального университета оборонной науки и техники NUDT Китайской народно-освободительной армии. Магистерскую подготовку прошел в Китайском университете науки и техники USTC в Хэфэе, имеет квалификацию исследователя. В августе 1982 г. был направлен на работу в систему Китайской исследовательской академии технической физики («9-я академия») Министерства ядерной промышленности. После 25 лет работы на различных предприятиях и в самой 9-й академии в декабре 2007 г. был избран секретарем партийного комитета академии.

В августе 2015 г. Чжан Кэцзянь стал заместителем секретаря партийного комитета, а в сентябре – заместителем директора Государственного управления оборонной науки, техники и промышленности (ГУОНТП). 21 мая 2018 г. в Пекинском центре управления полетами наблюдал за запуском КА «Цзюцзяо» в ранге секретаря парткома и заместителя директора ГУОНТП, а 25 мая присутствовал при пролете его у Луны уже с полным «букетом» должностей.

В соответствии с решением, объявленным 24 мая, Чжан Кэцзянь является заместителем министра промышленности и инфор-

мационных технологий и членом парткома министерства, начальником ГУОНТП, руководителем CNSA и директором Национального управления по ядерной энергии. Заместителем руководителя CNSA является У Яньхуа (吴艳华), а генеральным секретарем – Тянь Юйлун (田玉龙).

Напомним, что Китайское национальное космическое агентство является структурным подразделением ГУОНТП, отвечающим за внешнее представительство китайской космической программы. В свою очередь, ГУОНТП подчинено Министерству промышленности и информационных технологий.

До 2008 г. агентство входило в состав Комитета оборонной науки, техники и оборонной промышленности (КОНТОП), причем глава CNSA, как правило, одновременно являлся заместителем директора КОНТОП. Такая же схема некоторое время сохранялась и после преобразования последнего в ГУОНТП в марте 2008 г.: во главе CNSA остался Сунь Лайянь (孙来燕), а директором ГУОНТП и заместителем министра промышленности и информационных технологий был назначен Чэнь Цюфа (陈求发). В августе 2008 г. он добавил к списку своих должностей директором в Агентстве по атомной энергии, а в июле 2010 г. стал одновременно и главой CNSA.

В январе 2013 г. Чэнь Цюфа получил продвижение по государственной линии, а все четыре его должности унаследовал президент Китайской корпорации космической науки и техники CASC Ма Синжуй (马兴瑞).



Однако всего через несколько месяцев он был направлен на партийно-государственную работу в провинцию Гуандун и с 2017 г. является ее губернатором.

Его сменил в декабре 2013 г. Сюй Дачжэ (许达哲), также выходец из космической отрасли, являвшийся с апреля 2013 г. председателем Совета директоров CASC. В августе 2016 г. он был переведен на руководящую работу в провинцию Хунань и в декабре назначен ее губернатором.

С мая по декабрь 2017 г. во главе ГУОНТП и CNSA стоял Тан Дэнцзе (唐登杰), пришедший с должности председателя Совета директоров Китайской корпорации техники вооружений. Как и его предшественники, он получил продвижение по государственной линии и в январе 2018 г. стал губернатором провинции Фуцзянь.

До настоящего времени обязанности главы CNSA исполнял Тянь Юйлун. ■



И. Лисов.  
«Новости космонавтики»

# InSight и два MarCO ушли к Марсу

5 мая 2018 г. в 04:05 PDT (11:05 UTC) со стартового комплекса SLC-3E на базе ВВС США Ванденберг в Калифорнии силами компании United Launch Alliance при поддержке 4-й эскадрильи космических операций был осуществлен пуск ракеты Atlas V (вариант 401, номер AV-078). Второй межпланетный старт в истории Ванденберга прошел успешно, на отлетную траекторию в направлении Марса были выведены три американских аппарата: посадочный зонд InSight для изучения внутреннего строения Марса и тепловых свойств его коры и два экспериментальных наноспутника MarCO.

В каталоге Стратегического командования США основной аппарат получил номер 43457 и международное обозначение 2018-042A. Два наноспутника получили номера 43458 и 43459 и обозначения, оканчивающиеся на В и С.

По состоянию на 31 мая, параметры гелиоцентрической орбиты InSight составили:

- наклонение – 2.243°;
- минимальное расстояние (в перигелии) – 1.008 а.е. (150.8 млн км);
- максимальное расстояние (в афелии) – 1.434 а.е. (214.6 млн км);
- период обращения – 492.9 суток.

По плану аппарат должен прибыть к Марсу 26 ноября 2018 г., выполнить мягкую посадку на равнине Элизий и проработать на ней два земных года.

## Многострадальный InSight

Название InSight имеет расшифровку Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport, что переводится как «Изучение недр путем сейсмических исследований, геодезия и теплоперенос» и кратко описывает научные задачи проекта. Само же слово insight переводится как понимание, проникновение, прозорливость – это

типичный для США случай специально подобранный сокращения. По происхождению можно было бы ожидать написания InSIGHT, но все используют вариант со строчными буквами.

Проект InSight был выбран NASA 20 августа 2012 г. в качестве 12-й миссии в рамках программы Discovery, победив в конкурсе плавучий зонд в озера Титана TIME и прыгающий зонд для исследования ядра кометы SOrreger. В рамках этой программы с 1992 г. отбираются инициативные проекты, научные руководители которых получают средства на их реализацию. Потолок стоимости проекта со временем увеличивался и на момент отбора InSight составлял 425 млн \$ в ценах 2010 г., не включая носитель и пусковые услуги.

Научный руководитель проекта Брюс Банердт (W. Bruce Banerdt) из Лаборатории реактивного движения JPL построил предложение под лозунгом повторного использования отработанной платформы марсианского зонда Phoenix (НК №10, 2007; №7, 8 и 9, 2008; №1, 2009). Низкий технический риск и привлечение зарубежных участников – Национального центра космических исследований Франции и Германского аэрокосмического центра – склонили чашу весов в его пользу. Мог ли Банердт предвидеть, какие проблемы принесут ему иностранные коллеги!

Старт к Марсу планировался в период с 4 по 30 марта, а прибытие – на 28 сентября 2016 г. Работа над служебным модулем КА на предприятии Lockheed Martin в Денвере под руководством Стюарта Спата (Stuart Spath) на базе проекта Phoenix с некоторыми доработками в подсистемах энергопитания и терморегулирования, направленными на увеличение срока службы, проходила без особых проблем. В марте 2015 г. проект получил «добро» на сборку и испытания КА, а уже 16 декабря транспортный самолет ВВС США

доставил с авиабазы Бабли на Ванденберг готовый и испытанный служебный модуль.

Не было проблем и с ракетой: месяцем раньше, 20 ноября, самолет Ан-124 российской авиакомпании «Волга–Днепр» привез из Хантсвилла на Ванденберг первую ступень «Атласа» с бортовым номером AV-062.

Единственное, чего не хватало в эти дни на Ванденберге, – это французского высокочувствительного сейсмометра SEIS, одного из двух бортовых инструментов. Его испытания во Франции затянулись настолько, что решили установить прибор прямо на космодроме в январе 2016 г. Для этого, кстати, доставку КА сдвинули с января на декабрь.



Увы, вакуумированный контейнер прибора так и не удалось сделать герметичным. Атмосфера несколько раз «затекала» внутрь при испытаниях в августе–декабре 2015 г. через 37-штырьковый разъем питания и данных и через патрубок системы вакуумирования. В результате 22 декабря NASA объявило об отказе от запуска аппарата в марте 2016 г.

Некоторое время казалось, что на этом история проекта и закончится. В декабре заместитель администратора NASA по космической науке Джон Грунфельд открыто говорил, что, поскольку речь идет о проекте с фиксированной стоимостью, вероятно прекращение работ. Главный бухгалтер агентства Дэвид Радзановски в феврале также не исключал такой возможности. Однако дополнительные средства удалось изыскать, и 9 марта 2016 г. NASA объявило, что миссия InSight будет сохранена с переносом старта на следующее астрономическое окно – на 5 мая 2018 г.

JPL взялась за перепроектирование, изготовление и квалификацию нового вакуумного контейнера для SEIS, французский CNES оставил за собой интеграцию его с датчиками и остальными компонентами прибора, а NASA тщательно контролировало ход работ над сейсмометром. Хотя доработку научной аппаратуры оплатили виновники отказа, двухлетняя задержка потребовала дополнительных средств.

В итоге цена проекта InSight для американского бюджета выросла с 675.2 до 813.8 млн \$, из которых 163.4 млн \$ составила стоимость носителя и пусковых услуг. Вклад Франции и Германии в создание научной аппаратуры КА оценивается в 180 млн \$.

### Назначение, конструкция и научная аппаратура

InSight должен дать ответы на ключевые вопросы, связанные с внутренней структурой Марса и как следствие – с историей формирования Красной планеты, других планет земной группы и сходных с ними экзопланет.

Научные задачи InSight включают определение размера, состава и физического состояния ядра Марса, состава и структуры мантии, толщины и структуры коры, теплового состояния недр, а также измерение уровня и географическую локализацию внутренней сейсмической активности (марсо-



трясений) и уровня ударного воздействия метеоритов на поверхность планеты.

Для выполнения этой программы бортовая аппаратура КА осуществит длительные высокоточные сейсмические измерения и определит величину теплового потока из недр планеты. Кроме того, с использованием штатного бортового передатчика будут изучаться особенности вращения Марса, такие как вариация скорости и наклона оси, прецессия и нутация.

Космический комплекс общей массой 694 кг состоит из посадочного аппарата (358 кг), заключенного в аэродинамическую оболочку биконической формы (189 кг), и перелетной ступени (79 кг), обеспечивающей его доставку к Марсу. Еще 67 кг придутся на топливо и газы наддува. В полете комплекс имеет 2.64 м в диаметре и 1.76 м в длину.

Ступень, выполненная в виде короткого цилиндра диаметром 0.95 м с двумя солнечными батареями размахом в 3.40 м, отделяется перед входом в атмосферу планеты. Оболочка, включающая лобовой аэродинамический экран и хвостовой обтекатель и имеющая в высоту около 1.6 м, сбрасывается в два этапа после торможения в атмосфере.

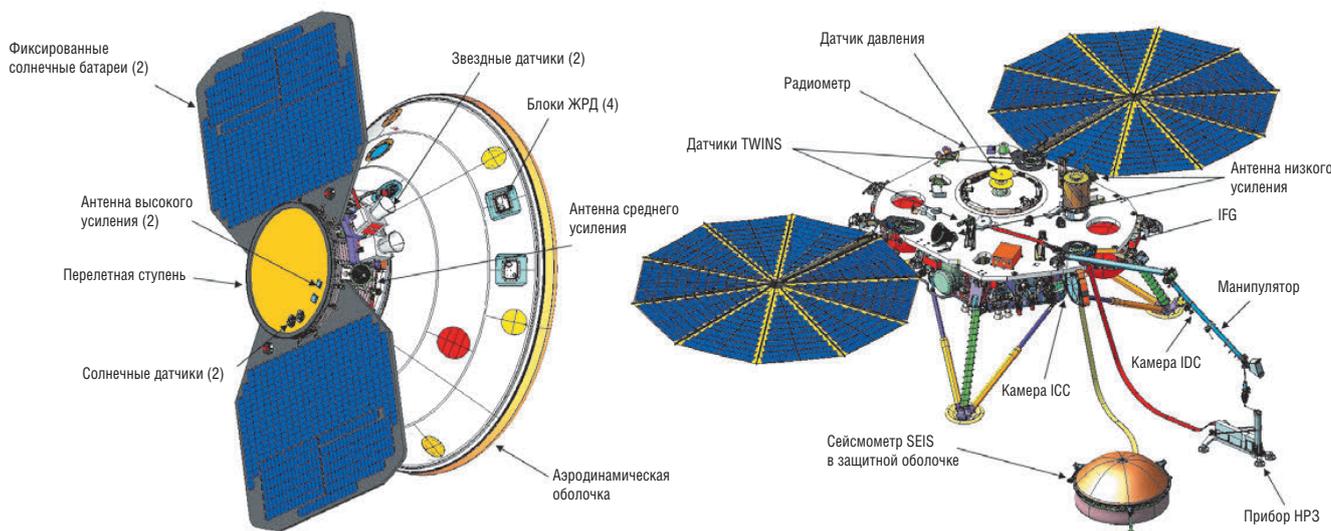
Аппарат совершает полет к Марсу в режиме трехосной стабилизации. В системе ориентации и стабилизации работают один звездный и два солнечных датчика перелет-

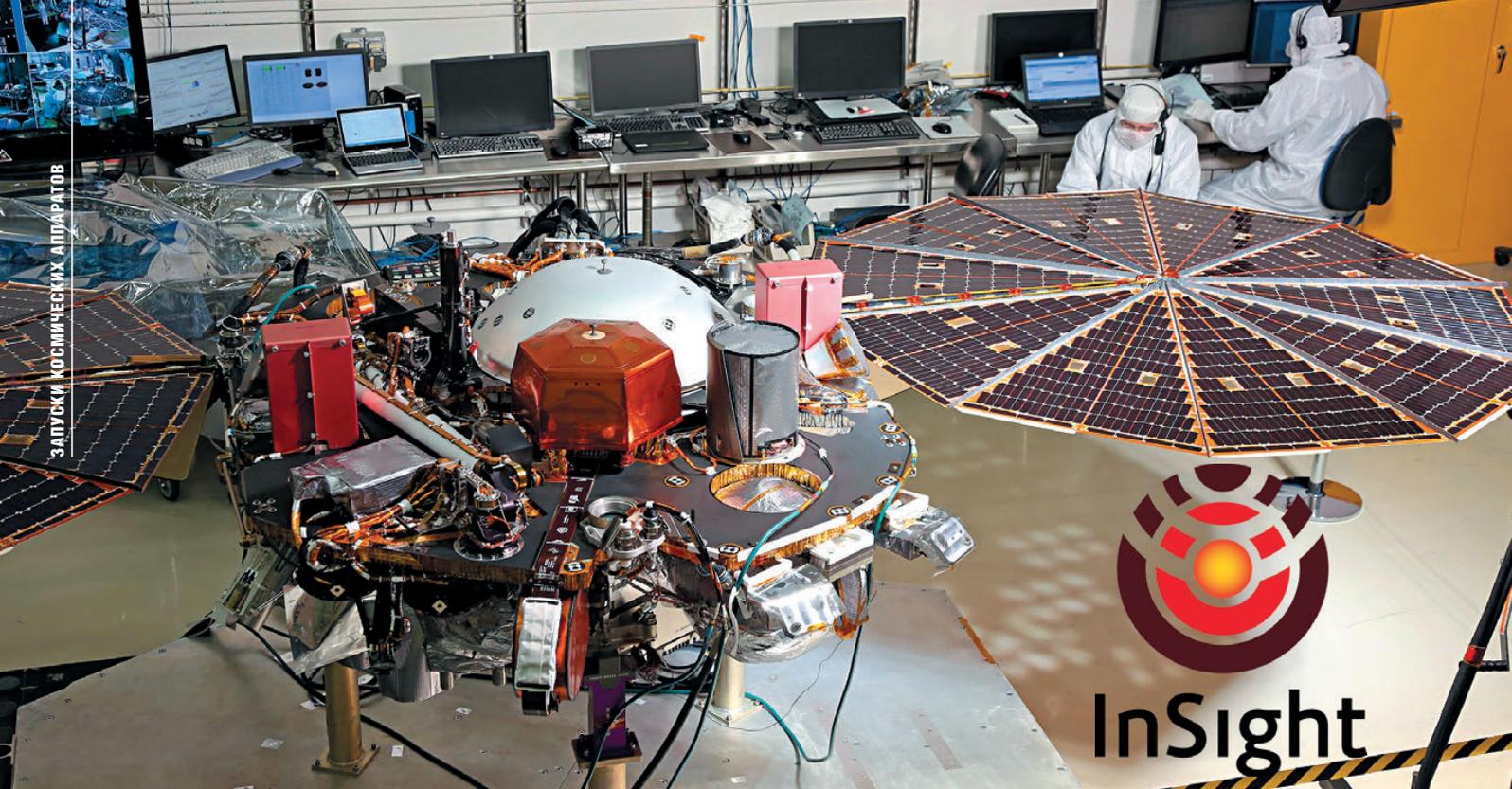
ной ступени, а также инерциальный измерительный блок.

Все 20 двигателей КА находятся на посадочном аппарате и работают на однокомпонентном топливе (гидразин). В частности, Phoenix имеет четыре двигателя коррекции траектории MR-106E тягой по 5 фунтов (2.27 кгс, 22 Н) и четыре двигателя ориентации и стабилизации MR-111C тягой по 1 фунту (0.45 кгс, 4.4 Н). Эти двигатели собраны в четыре группы, в каждую из которых входит один MR-106E и один MR-111C. Их струи направлены через отверстия в хвостовом обтекателе, прикрытые прямоугольными крышками.

Связь с Землей на этапе перелета осуществляется через радиокomплекс X-диапазона с антеннами на перелетной ступени (одна универсальная антенна среднего усиления и по одной приемной и передающей антенне малого усиления). Один транспондер типа SDST (Small Deep Space Transponder) установлен на перелетной ступени, второй – на посадочном аппарате.

На этапе спуска в атмосфере передача идет в УКВ-диапазоне через всенаправленную пэтч-антенну на хвостовом обтекателе со скоростью 8 кбит/сек. С поверхности InSight передает в УКВ на спутники Mars Odyssey и Mars Reconnaissance Orbiter, которые ретранслируют его данные на Землю, либо напрямую в X-диапазоне через одну из





двух рупорных антенн, которые ориентированы на запад и на восток. Как правило, X-диапазон будет использоваться только для приема команд и в эксперименте RISE.

Посадочный аппарат в защитной оболочке суммарной массой 608 кг отделяется от перелетной ступени и через 7 мин входит в атмосферу Марса на высоте 128 км со скоростью 5.9 км/с, примерно на 0.3 км/с выше, чем у Phoenix. Лобовой экран с абляционной теплозащитой типа SLA-561 сделан немного толще на случай дополнительного износа в условиях пылевой бури. Расчетное место посадки лежит на 1500 м выше, поэтому ввод парашюта будет произведен на высоте 12 км на более высокой скорости – 415 м/с, и его стропы выполнены более прочными. По сигналу от радара на высоте 1100 м при скорости 60 м/с хвостовой обтекатель с парашютом отстреливаются – и в течение 43 секунд аппарат осуществляет спуск на шести парах посадочных двигателей MR-107N тягой по 50 фунтов\* (22.7 кгс, 222 Н). Вертикальная скорость при касании составит 2.4 м/с.

Корпус посадочного аппарата представляет собой плоский «блин» диаметром 1.56 м с тремя опорами и двумя откидными «веерными» панелями солнечных батарей диаметром по 2.15 м; с ними полная ширина лэндера составляет 6.0 м. Высота аппарата – 1.08 м от опор до верхней плоскости; реальная высота на грунте может оказаться около 0.83 м в случае полной деформации трех телескопических посадочных опор и погружения их в почву. InSight оснащен манипулятором IDA длиной 2.4 м.

Две солнечные батареи типа UltraFlex существенно большей площади, чем на Phoenix, выдают около 1800 Вт на Земле и 600–700 Вт на Марсе в ясную погоду, а в дни с высокой запыленностью атмосферы – не менее 200–300 Вт. Два литий-ионных аккумулятора емкостью по 25 А·ч питают посадоч-

ный аппарат в период от отделения перелетной ступени и до разворачивания солнечных батарей после посадки, а также марсианской ночью.

Система управления КА значительно доработана по сравнению с CV Phoenix. В дублированном бортовом компьютере вместо процессора RAD6000 с тактовой частотой 20 МГц используется позаимствованный со спутника MAVEN радиационно-стойкий процессор RAD750 на архитектуре PowerPC 750 с тактовой частотой 115.5 МГц. Для хранения научных данных используется флэш-память емкостью 64 Гбит.

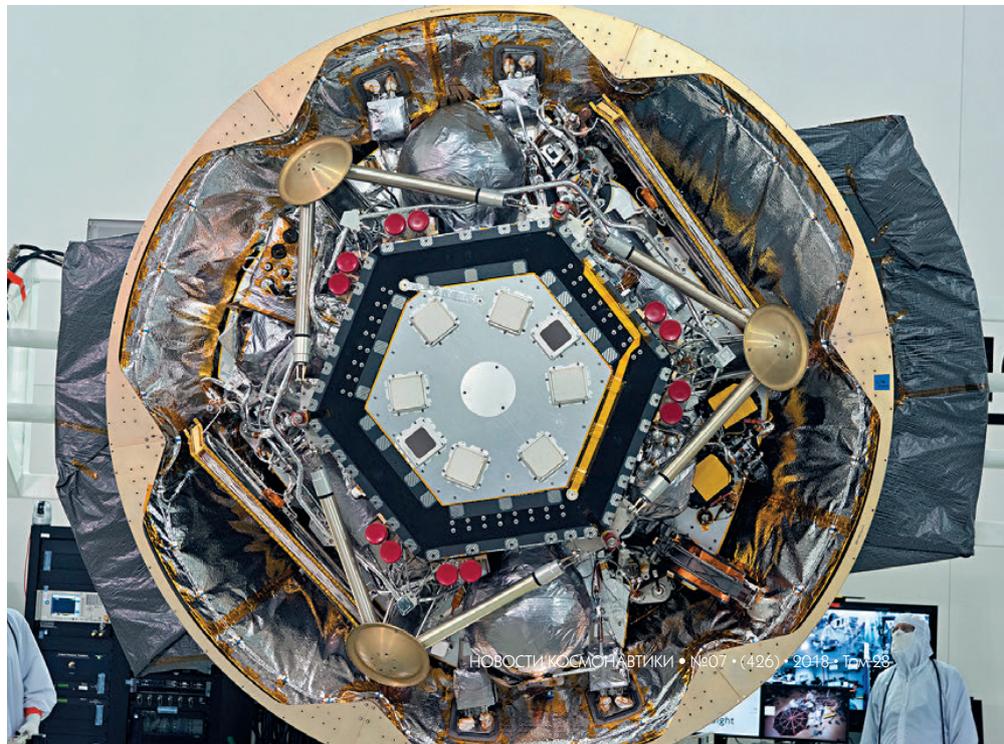
Основные компоненты бортовых систем – управляющий компьютер, аккумуляторные батареи, связанное оборудование, блоки электроники обоих приборов и кабельная сеть – находятся во внутреннем отсеке посадочного аппарата в регулируемых тепловых условиях (от -15° до +40°С). Такие компоненты, как инерциальные измерительные блоки, радиометр, магнитометр и

▼ Посадочная платформа, вид в транспортном положении со стороны посадочных опор

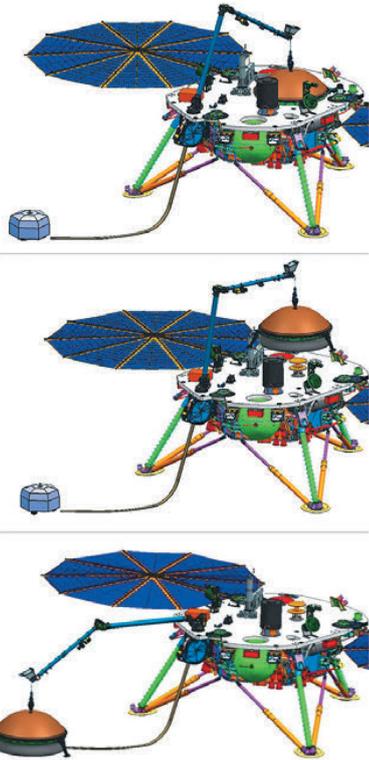
посадочный радар, смонтированы снаружи. На верхней плоскости установлены манипулятор IDA, выносные блоки научной аппаратуры, спиральная антенна УКВ-диапазона, две антенны X-диапазона и лазерный отражатель.

Научная аппаратура InSight общей массой около 50 кг включает два основных инструмента, три дополнительных устройства и один компонент в составе бортового радиокомплекса.

Система разворачивания приборов IDS (Instrument Deployment System) включает манипулятор IDA (Instrument Deployment Arm) и две служебные цветные ПЗС-камеры. Манипулятор длиной 2.4 м с гнездом крепления на верхней палубе имеет три сочленения (плечевое, локтевое и кистевое), захват с пятью пальцами и четыре электромотора. Камера IDC установлена на манипуляторе ниже локтевого сустава, а камера ICC – под краем верхней плоскости с южной стороны. Каждая из них делает кадры размером



\* Данные компании Aerojet Rocketdyne. NASA дает тягу в 68 фунтов (302 Н).



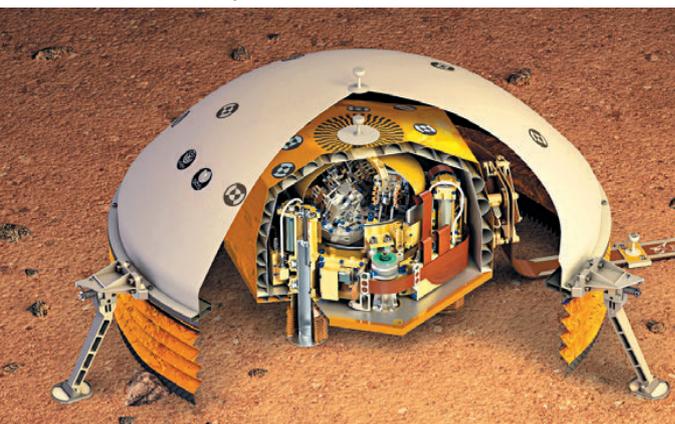
▲ Манипулятор сначала выставляет на поверхность сейсмометр, а затем закрывает его защитным колпаком

1024×1024 элемента; поле зрения первой составляет 45×45°, а вторая имеет объектив «рыбий глаз» с полем зрения 120°: она обзревает место установки приборов на поверхности.

Интересно, что манипулятор был изготовлен еще на рубеже веков для посадочного аппарата проекта Athena. Планировавшийся на 2001 г. запуск был отменен, материальная часть впоследствии пошла на посадочный аппарат Phoenix, кроме манипулятора, который остался не у дел и пригодился лишь спустя полтора десятилетия во второй реинкарнации «Афины». JPL восстановила его и модернизировала, добавив захват, и разработала новое программное обеспечение.

*Сейсмометр SEIS* (Seismic Experiment for Interior Structure, буквально «сейсмический эксперимент для исследования внутренней структуры») предназначен для регистрации сейсмических волн от марсотрясений и ударов метеоритов с целью выявления границ сферических оболочек в теле планеты, через которые они проходят.

▼ Сейсмометр SEIS



Это самый важный и самый тяжелый инструмент на борту InSight – 29,5 кг. Прибор имеет в своем составе вакуумированный контейнер емкостью 3 л, который выставляется на грунт с помощью манипулятора IDA и остается связанным с блоком электроники на посадочном аппарате кабелем питания и данных. От ветра и перепадов температуры он защищается специальным экраном, который разворачивается отдельно.

В контейнере размещены три сверхширокополосных маятниковых сейсмодатчика VBB (Very Broad Band) массой по 190 г, оси которых расположены под прямыми углами друг к другу и под 32,5° к марсианскому горизонту. Их история восходит к прибору Optimism на российском аппарате «Марс-96» и к нереализованному европейскому проекту NetLander. Датчики VBB работают в диапазоне частот от 1 МГц до 50 Гц, причем их чувствительность достигает  $3 \cdot 10^{-10}$  м/с<sup>2</sup>/Гц и сопоставима с лучшими работающими на Земле инструментами. Как утверждают разработчики, благодаря им SEIS способен уловить смещение грунта на величину в половину диаметра атома водорода!

Основной комплект подстраховывают три намного более простых короткопериодных сейсмодатчика SP (Short Period). Они чувствительны к волнам в диапазоне 0,1–40 Гц и оптимальны для регистрации колебаний с частотой выше 1 Гц.

Национальный центр космических исследований Франции спроектировал и изготовил инструмент при участии Парижского института физики Земли (датчики VBB), Оксфордского университета и Имперского колледжа в Лондоне (датчики SP), Швейцарского федерального технологического института (электроника для сбора данных), Института исследований Солнечной системы общества Макса Планка (Германия; система выравнивания) и Лаборатории реактивного движения (США; контейнер, кабель, защитный экран). Научный руководитель – Филипп Логньонне (Philippe Lognonné) из Института физики Земли.

*Набор оборудования для измерения теплового потока и физических свойств HP<sup>3</sup>* (Heat Flow and Physical Properties Package) выполнен как измерительная самопроникающая буровая система. Ее хвостовая часть останется на поверхности Марса и будет связана кабелем с посадочным аппаратом. Зонд длиной 40 см и диаметром 27 мм, известный как «крот», в течение нескольких недель с помощью электрического ударного механизма должен проникнуть в грунт на глубину от 3 до 5 метров и протянуть за собой ленту с 14 температурными датчиками для определения планетарного теплового потока через измерения температурного градиента и теплопроводности. К HP<sup>3</sup> относится также радиометр RAD для измерения температуры поверхности по ее ИК-излучению.

Инструмент создан в Германском аэрокосмическом центре DLR, руководитель эксперимента – Тильман Шпон (Tilman Spohn). «Крот» является работой Института космиче-



▲ Инструмент HP<sup>3</sup>

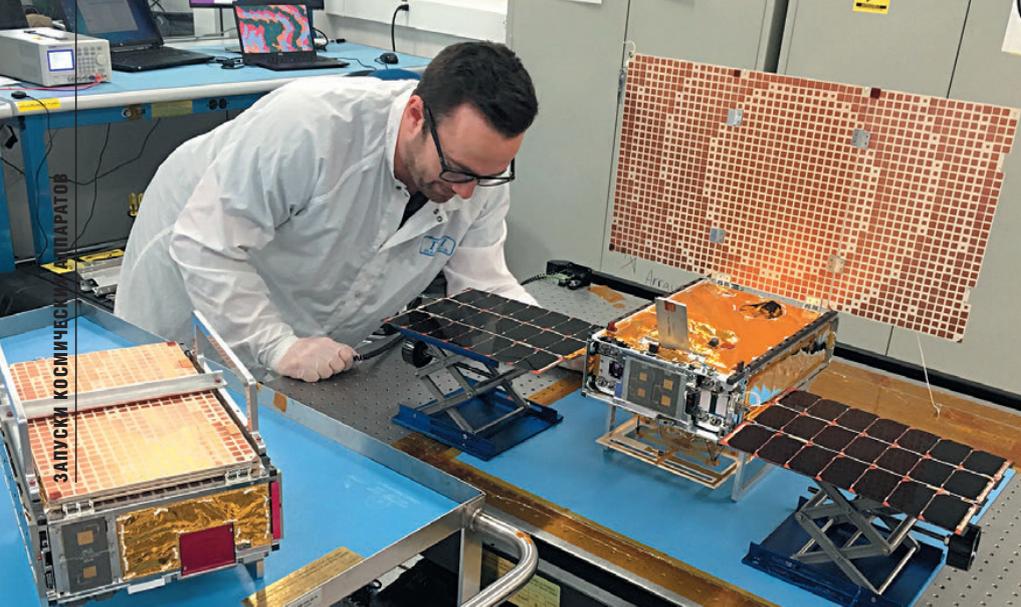
ских систем в Бремене, а ударный механизм сделан в Польше компанией Astronika при участии Центра космических исследований Польской АН. Термодатчики с погрешностью лучше 0,01°C изготовил Институт планетных исследований DLR. Работой прибора должен управлять Центр поддержки пользователей в области микрогравитации DLR в Кельне.

*Дополнительный блок датчиков APSS* (Auxiliary Payload Sensor Suite) включает феррозондовый магнитометр IFG (InSight FluxFate) и два комплекта метеоприборов TWINS (Temperature and Wind for InSight) для измерения атмосферного давления, температуры и скорости ветра с целью отделить «шумы» окружающей среды от сейсмических сигналов. Магнитометр, впервые доставляемый на Марс, поставлен Университетом Калифорнии в Лос-Анжелесе, а метеокомплекс – испанским Центром астробиологии в Мадриде.

*Эксперимент по изучению вращения и внутренней структуры Марса RISE* (Rotation and Interior Structure Experiment) использует высокостабильный осциллятор X-диапазона в составе бортового радиокомплекса как источник радиосигнала, по времени прохождения которого до приемной аппаратуры на Земле будут определяться текущее расстояние до прибора (с точностью 10 см и лучше), а затем и текущие скорости движения и вращения планеты. Постановщик эксперимента – JPL, научный руководитель – Уильям Фолкнер (William Folkner).

*Лазерный отражатель LaRR1* (Laser RetroReflector for InSight), которого не было в первоначальном проекте, смонтирован на верхней плоскости посадочного аппарата. Устройство в виде сферического сегмента диаметром 5 см и высотой 2 см имеет в своем составе восемь отражающих элементов. Этот итальянский прибор может быть использован в будущем при условии доставки на орбиту вокруг Марса спутника с лазерным высотомером, что позволит, в частности, выполнить исключительно точное определение положения InSight на поверхности.

В 2015 г. NASA собрало 827 000 имен энтузиастов космонавтики, пожелавших, чтобы их имя и послание были отправлены на Марс на микрочипе в составе КА InSight. В октябре 2017 г. агентство объявило дополнительную запись: в результате число желающих почти утроилось и достигло 2,4 млн. Два чипа были размещены на верхней плоскости на северной стороне.



## Марсианские кубсаты

12 июня 2015 г. NASA объявило, что вместе с InSight к Марсу будут отправлены в качестве технологических демонстраторов два попутных наноспутника класса «кубсат». Впервые в истории этой популярной космической платформы им предстояло пройти мимо Марса на расстоянии около 3500 км и испытать в полете до Красной планеты средства навигации и вновь созданную микроминиатюризованную систему связи на межпланетных расстояниях.

Кубсатам дали общее название MarCO (Mars Cube One) и личные имена EVE и WALL-E в честь персонажей одноименного мультфильма. Их спроектировали в формате 6U, так что стартовая масса КА составляет 13.5 кг, а размеры в пусковом контейнере – 366x243x118 мм. После выхода из него наноспутник разворачивает панели солнечных батарей и плоскую антенну для связи с Землей.

В разработку технологий для этого проекта из средств NASA и JPL было вложено 18.5 млн \$. Систему ориентации и стабилизации сделала компания Blue Canyon Technologies, двигательную установку – VACCO Industries, основные блоки авионики – AstroDev, солнечные батареи – MMA Design LLC, электросистему – Университет Мичигана, пусковые контейнеры – Tyvak Nano-Satellite Systems Inc. Возглавляли разработку менеджер проекта Джоэл Краевски (Joel Krajewski) и главный инженер Эндрю Кlesh (Andrew T. Klesh).

Электропитание КА поступает от двух солнечных батарей площадью примерно 30x30 см с фотоэлементами в количестве 21 на каждой – суммарно около 35 Вт у Земли и 17 Вт у Марса. Энергия запасается в литий-ионных аккумуляторных батареях типа

18650В, соединенных по схеме 3S4P. Напряжения бортовой сети – 12 В, 5 В и 3.3 В.

Система команд и обработки данных заимствована с КА INSPIRE. Она построена на микроконтроллере MSP430F2618 и использует всего 8 кбайт оперативной памяти и 128 кбайт флэш-памяти.

Система ориентации и стабилизации ХАСТ включает грубые солнечные датчики, звездный датчик, блок гироскопических датчиков и три маховика в качестве исполнительных устройств.

Двигательная установка на холодном газе (R236FA) обеспечивает коррекции траектории и управление ориентацией КА. Из общего бака могут быть запитаны восемь сопел, из которых четыре служат для набора скорости, а четыре – для разворотов. Последние используются и для разгрузки маховиков системы ориентации, поскольку магнитная разгрузка в условиях межпланетного полета невозможна. Запас характеристической скорости КА превышает 40 м/с.

Система терморегулирования КА использует термодатчики, нагреватели, экранно-вакуумную теплоизоляцию и два радиатора для сброса тепла.

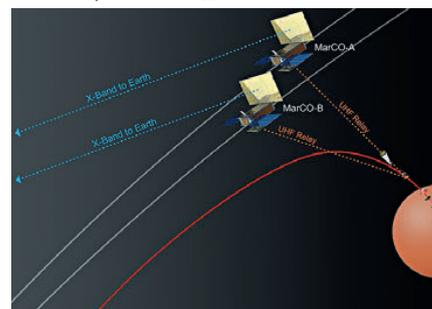
Бортовой радиокомплекс, выполненный в формате софтверного радио Iris V2, имеет приемопередатчик X-диапазона и приемник УКВ-диапазона для перехвата информации с InSight на скорости 8 кбит/сек и ее ретрансляции на Землю с мощностью выходного сигнала 4 Вт. Плоская антенна X-диапазона типа reflectarray после наведения за счет разворота корпуса КА обеспечивает прием и передачу с высоким усилением сигнала. Две меньшие антенны – среднего и низкого усиления – наведения на Землю не требуют, они служат для радиообмена на начальном этапе полета и для приема команд. Прием-

ная антенна УКВ-диапазона устанавливается на надирной плоскости примерно под углом 90° к направлению основной антенны. Минимальная пропускная способность радиолинии – 62 бит/сек, максимальная – 8 кбит/сек.

Для работы с КА используются 34-метровые антенны Сети дальней связи, а в пролетном сеансе – 70-метровые.

Кубсаты MarCO не имеют формально выделенной полезной нагрузки, однако к ней может быть причислен УКВ-приемник и две цветные камеры, каждая с кадром размером 752x480 элементов: широкоугольная с полем зрения 138° для контроля разворачивания антенны и узкоугольная с полем зрения 6.8° для съемки входа InSight в атмосферу.

При запуске наноспутники MarCO располагались в двух пусковых контейнерах типа Tyvak NLAS Mark II на нижнем днище бакового отсека «Центавра» и были выпущены из них вскоре после отделения основного КА.



## В путь к Марсу

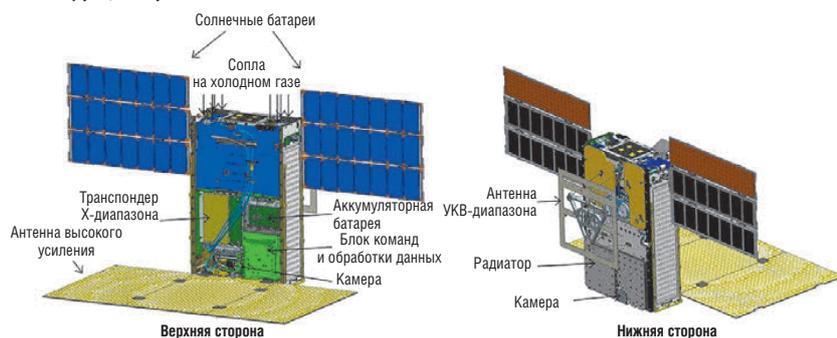
В феврале 2016 г. InSight вернули с космодрома в Денвер. 31 августа NASA окончательно согласовало новый вариант плана миссии. В декабре JPL изготовила и испытала вакуумный контейнер и передала его CNES. В мае 2017 г. французы завершили испытания летного экземпляра SEIS и в июне поставили его в США. В Денвере он был испытан, приведен в чувство после еще одного эпизода негерметичности во время испытаний в термобарокамере при -45°C и в сентябре смонтирован на КА. Параллельно с августа агентство запустило второй цикл его сборки и испытаний, который завершился 23 января 2018 г. тестом разворачивания солнечных батарей посадочного аппарата.

Вечером 28 февраля военно-транспортный самолет C-17 из состава 21-й транспортной эскадрильи привез контейнер с InSight на космодром во второй раз.

Для запуска был выбран Ванденберг, до этого почти никогда не использовавшийся для отправки межпланетных аппаратов. Единственным (и хорошо забытым) исключением была военно-исследовательская миссия Clementine (DSPSE), запущенная к Луне в январе 1994 г. (НК №2, 1994). InSight был достаточно легкий, всего 694 кг, и, в отличие от прототипа в лице Phoenix, должен был стартовать не на ракете Delta II, а на намного более грузоподъемном Atlas V. А раз возможностей носителя хватало даже при использовании околополярной опорной орбиты, можно было выбрать менее загруженное другими задачами место.

Старт был намечен на 5 мая – первый день астрономического окна, продолжавшегося до 8 июня. Аппарат проходил подготовку в МИКе компании Astrotech: функциональные тесты, заправка, балансировка и

### ▼ Конструкция спутников Mars Cube One



Расчетная циклограмма пуска ракеты Atlas V с аппаратом InSight	
Время от старта, мин:сек	Событие
-0:02.7	Команда включения ЖРД РД-180
0:01.1	Контакт подъема
0:17.1	Начала разворота по тангажу и рысканью
1:17.8	Скорость звука
1:26.9	Максимальный скоростной напор
4:04.3	Выключение ЖРД первой ступени
4:10.3	Разделение ступеней
4:20.3	Первое включение ЖРД RL10C-1 ступени Centaur
4:28.3	Сброс обтекателя
13:16.2	Выключение ЖРД RL10C-1
78:56.9	Второе включение ЖРД RL10C-1
84:19.8	Выключение ЖРД RL10C-1
93:19.8	Отделение КА InSight
93:53.8	Отделение КА MarCO-A
94:41.8	Отделение КА MarCO-B
99:39.8	Начало сброса остатков компонентов
161:19.8	Конец миссии

определение центра масс. 6 апреля готовое изделие продемонстрировали репортерам.

Тем временем 18 марта на старт установили первую ступень №AV-078 с российским двигателем РД-180 №80Т. К 21 апреля на ней была смонтирована вторая ступень Centaur с ЖРД RL10C-1, а 27 апреля конструкцию дополнили головной частью диаметром 4 м с КА InSight внутри.

К утру 5 мая все было готово, боялись только плотного тумана, который не позволил бы наблюдать летящую ракету, а это нарушает требования безопасности. Наблюдатели надеялись, что за два часа стартового окна – с 04:05 до 06:05 PDT – подходящий момент все же случится, но за час до расчетного времени требование по видимости просто сняли.

Поднявшись со старта, ракета пошла на юго-юго-восток, с азимутом 158°. Интересно, что, если бы пуск состоялся в 2016 г., использовали бы азимут 191°, с закомом к западу (!). Выведение производилось по схеме с двумя включениями ЖРД второй ступени в соответствии с циклограммой (табл.)

Первое включение ступени Centaur обеспечило выход на опорную орбиту наклонением 64.0° и высотой около 185 км. Пассивный полет по ней продолжался около 66 минут. Во второй раз двигатель RL10C-1 был включен над территорией России, над озером Байкал, и выключился над Магаданом по набору необходимой скорости.

Отделение КА прошло над северо-восточной частью Тихого океана. Расчетный азимут на момент отделения был 63.4°, прямое восхождение и склонение точки прицеливания – 328.14° и -40.83° соответственно. Параметр С3, то есть квадрат остаточной геоцентрической скорости на бесконечности, составлял 8.19 км<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>.

Первый сигнал с InSight был принят станцией Голдстоун Сети дальней связи NASA в 05:41 PDT (12:41 UTC), через две минуты после отделения. Оба MarCO также вышли на связь: один в 12:15, а второй в 13:58 PDT.

«Соединенные Штаты продолжают возглавлять движение к Марсу с этой новой восхитительной миссией по изучению ядра и геологических процессов Красной планеты, – отметил по итогам пуска новый администратор NASA Джеймс Брайденстайн. – Я хочу поздравить все команды NASA и наших иностранных партнеров, которые сделали это достижение возможным. В то время как мы набираем импульс в работе по

возвращению астронавтов на Луну и отправке их на Марс, проекты типа InSight оказываются бесценными».

«Ученые мечтали о сейсмологии на Марсе много лет, – сказал Брюс Банердт. – Что касается меня, я начал думать об этом 40 лет назад, будучи студентом, а теперь эта общая мечта вознеслась сквозь облака в реальность».

Этап тестирования систем InSight в поле прошел нормально. 22 мая аппарат провел первую коррекцию траектории, целью которой было устранить преднамеренное прицеливание мимо Марса на этапе выведения. Ни ступень Centaur, ни два попутных наноспутника не стерилизовались и поэтому не должны были попасть в планету, в отличие от основного КА. Навигационная команда JPL определила фактическую орбиту InSight и рассчитала данные для коррекции. Четыре двигателя MR-106E были включены примерно на 40 сек и выдали приращение скорости 3.8 м/с.

На траектории перелета запланированы еще пять коррекций меньшего масштаба: за 121 сутки до прилета (28 июля), за 45, 15 и 8 суток и за 22 часа до посадки. Их общая цель – привести аппарат в заданную точку входа в атмосферу Марса, а точнее в зону размером 10x24 км. Не все маневры могут потребоваться в реальности. Многое зависит от того, насколько полно учитываются в модели движения КА все действующие на него силы, в том числе при поддержании повседневной ориентации и при исполнении коррекций.

Аппараты MarCO, летящие к Марсу автономно под управлением JPL, прошли серию тестов связанной подсистемы, а в последнюю неделю мая также провели коррекции траектории. На MarCO-A (EVE) она прошла без замечаний, а у MarCO-B (Wall-E) была меньше из-за утечки через клапан двигателя, которую инженеры наблюдали и в предшествующие недели.

Утечка сама по себе создает некоторую реактивную силу, и специалисты стараются учесть ее. Еще несколько недель мониторин-

га движения MarCO-B позволят доработать модель и обеспечить совместный полет двух наноспутников вслед за InSight.

«Мы смотрим с осторожным оптимизмом на то, что MarCO-B сможет следовать за MarCO-A, – заявил 1 июня Джоэл Краевски, – но мы бы хотели иметь больше времени, чтобы разобраться с ситуацией, прежде чем предпринимать следующую коррекцию». До Марса их предстоит еще четыре.

До маневра, 9 мая, MarCO-B сделал с помощью широкоугольной камеры снимок системы Земля–Луна с расстояния свыше 1 млн км. Успешная передача его на Землю стала свидетельством того, что антенна высокого усиления на КА раскрылась и работает нормально.

В том случае, если наноспутники сохранят работоспособность вплоть до Марса, а Земля будет продолжать их слышать, они смогут ретранслировать данные с основного аппарата во время спуска и посадки в режиме реального времени и еще через час – в записи. Штатными ретрансляторами этой же информации будут работать спутники Марса MRO и Mars Odyssey. Кроме того, сигнал InSight во время спуска будут принимать три крупных радиотелескопа на Земле: в Эффельсберге (ФРГ), на Сардинии (Италия) и в Грин-Бэнк (США).

Преодолев 485 млн км пути, InSight должен выполнить посадку 26 ноября примерно в 20:00 UTC в западной части равнины Элизий в районе с координатами 4.5° с.ш., 135.9° в.д. Расчетные размеры эллипса рассеяния – 27x130 км. Центр района посадки расположен примерно в 600 км от места работы ровера Curiosity в кратере Гейл.

За все события этого этапа по-прежнему отвечает команда Lockheed Martin, а с момента посадки она будет обеспечивать сбор научной информации. 48 марсианских суток отведено на проверку аппарата, размещение на поверхности планеты сейсмометра и внедрение термозонда. После этого один марсианский год отведен на измерения. Штатная миссия завершится 24 ноября 2020 г. ■

▼ Главный научный сотрудник NASA Джеймс Грин рассказывает о проекте InSight





## Комплексная лаборатория «Гаофэнь-5»

И. Лисов.  
«Новости космонавтики»

9 мая в 02:28.40.544 по пекинскому времени (8 мая в 18:28.41 UTC) с пусковой установки площадки №9 Центра запусков спутников Тайюань был произведен пуск РН «Чанчжэн-4С» (CZ-4C №Y20), которая успешно доставила спутник «Гаофэнь-5» для изучения Земли и ее атмосферы из космоса на заданную солнечно-синхронную орбиту.

Начальные параметры орбиты:

- наклонение – 98.12°;
- минимальная высота – 683.7 км;
- максимальная высота – 719.7 км;
- период обращения – 98.51 мин.

Внутреннее обозначение пуска было «операция 05-59». В каталоге Стратегического командования США аппарат получил номер 43461 и международное обозначение 2018-043A.

Время	Событие
0.000	Старт
155.526	Выключение ДУ 1-й ступени
156.726	Отделение 1-й ступени
205.726	Сброс обтекателя
284.919	Выключение маршевого двигателя 2-й ступени
294.719	Выключение рулевых двигателей 2-й ступени
295.719	Отделение 2-й ступени
626.449	Первое включение двигателя 3-й ступени
626.449	Выключение двигателя 3-й ступени
1175.449	Второе включение двигателя 3-й ступени
1205.449	Выключение двигателя 3-й ступени
1219.449	Окончание коррекции конечной скорости
1275.449	Отделение КА

**Назначение и характеристики** «Гаофэнь-5» (高分五号卫星, GF-5) создан в рамках проекта Системы наблюдения Земли с высоким разрешением CHEOS (China High Resolution Earth Observation System), реализуемого с 2010 г. в Китае в качестве одного из 16 ключевых национальных проектов. Его предшественниками являются четыре

\* Мы используем перевод официальных англоязычных названий, которые расшифрованы ниже. Названия этих же инструментов на китайском языке не являются точными эквивалентами англоязычных.

разнотипных экспериментальных аппарата с наименованиями от GF-1 до GF-4, запущенные в 2013–2016 гг.: два для оптической съемки, один радиолокационный и один для наблюдения с геостационара, а также три серийных спутника типа GF-1, выведенные на орбиту 31 марта 2018 г. (НК №6, 2013; №10, 2014; №2 и №10, 2016; №5, 2018). Спутник «Гаофэнь-6» стартовал 2 июня 2018 г. и будет описан в следующем номере НК.

«Гаофэнь-5» является первым специализированным КА гиперспектральной съемки земной поверхности и мониторинга состава атмосферы в составе CHEOS. Из шести установленных на нем инструментов два предназначены для съемки Земли и четыре – для изучения атмосферы. К первой категории относятся усовершенствованный гиперспектрометр ANSI\* и мультиспектральная камера видимого и инфракрасного диапазона VIMI. Второе направление исследований представляют атмосферный инфракрасный ультраспектральный зондировщик AIUS, монитор «парниковых» газов GMI, монитор малых компонентов для экологических исследований EMI и поляризационная камера DPC.

Решение о создании аппарата было принято 31 декабря 2012 г. с первоначальным сроком запуска в 2016 г. Заказчиком выступило Государственное управление оборонной науки, техники и промышленности (ГУОНТП). Главным подрядчиком по спутнику назначили Шанхайский спутниковый проектный институт («509-й институт») в составе Шанхайской исследовательской академии космической техники SAST, где главнокомандующим является Цзян Гуанвэй (蒋光伟), а главным конструктором КА – Сунь Юньчжу (孙允珠).

Первоначально сообщалось, что аппарат будет спроектирован на платформе SAST-5000B, однако в подробном описании, опубликованном в марте 2017 г., названа платформа SAST-ML1 (SAST-3000). Ранее она была положена в основу конструкции полярных метеоспутников второго поколения «Фэньюнь-3», с которыми «Гаофэнь-5» имеет заметное внешнее сходство.

Стартовая масса КА между 2800 кг и 2850 кг. Спутник в целом вписан в формат параллелепипеда 4.4×2.0×2.0 м, длинная сторона которого направлена вдоль орбиты. На надирной стороне смонтированы шесть научных приборов, образующих в сумме модуль полезной нагрузки, и две ориентированные антенны высокоскоростной радиолонии.

Электропитание поступает от одной четырехсекционной солнечной батареи площадью 22.46 м<sup>2</sup> с фотоэлементами на арсениде галлия с тройным переходом, установленной на одноступенном приводе. Выходная мощность составляет примерно 2.5 кВт. Энергия запасается в двух никель-кадмиевых аккумуляторных батареях суммарной емкостью 70 А·ч. Напряжение бортовой сети – 28 В.

Бортовые системы управляются цифровым компьютером с процессором TSC695F через шину типа 1553B. Командно-телеметрическая подсистема выполнена в стандарте USB (unified S-band) и включает блок измерения параметров движения на основе GPS-приемника.

В системе ориентации реализован комбинированный режим определения ориентации: гироскопические датчики используются для построения начальной ориентации, после чего передают свои функции звездным датчикам и отключаются для сбережения ресурса. Исполнительными элементами, вероятно, являются маховики. Достигнутая точность ориентации КА составляет 0.008°, что на порядок лучше требуемого.

Аппарат предназначен для работы на солнечно-синхронной орбите высотой 705 км с прохождением восходящего узла орбиты около 13:30 по местному времени. С целью точного выдерживания наземной трассы осуществляются коррекции орбиты при выходе из заданного коридора по высоте.

Суммарная производительность научных приборов составляет 2.27 Гбит/сек. В системе передачи цифровых данных использована внутренняя флэш-память, обеспечивающая внутреннюю скорость записи и воспроизведения до 5.12 Гбит/сек и скорость передачи данных 2.0 Гбит/сек. Емкость бортового запоминающего устройства – 2 Тбит. Сброс информации осуществляется в двухканальном гибридном режиме через два передатчика с двухступенными приводами антенн – по 450 Мбит/сек в каждом канале.

Заданный срок активного существования – восемь лет – существенно больше, чем

Параметр	Значение
Стартовая масса	Не более 2850 кг
Орбита	Солнечно-синхронная, время восходящего узла 13:30
Наклонение	98.203°
Большая полуось	7075.74 км
Средняя высота	705 км
Ориентация	Трехосная
Точностные параметры (3σ)	
Задание ориентации	Лучше 0.1°
Определение фактической ориентации	Лучше 0.05°
Стабилизация	Лучше 0.001 °/с
Отклонение по крену	До 25°
Передача целевой информации	
Формат	CCSDS
Частотный диапазон	X
Пропускная способность	2×450 Мбит/сек
Модуляция	OQPSK
Срок активного существования	8 лет
Показатель надежности	Не менее 60%

у предшественников по системе CHEOS, рассчитанных на 3–5 лет работы.

Усовершенствованный гиперспектрометр AHSI (Advanced Hyper-spectral Imager) разработан Шанхайским институтом технической физики и предназначен для гиперспектральной съемки в видимом и ближнем ИК-диапазоне (0.4–0.9 мкм, VNIR) и коротковолновом ИК-диапазоне (0.9–2.5 мкм, SWIR). Инструмент характеризуется исключительной шириной снимаемой полосы, значительно превышая по этому показателю зарубежные аналоги, и большим количеством спектральных каналов. В основе прибора лежит трехзеркальный внеосевой телескоп в сочетании со спектрометром Оффнера. Общее количество каналов – 330, их ширина в диапазоне VNIR соответствует 5 нм, а в SWIR – 10 нм. Прибор используется для экологического мониторинга, контроля источников водоснабжения, геологической разведки и идентификации минералов.

Мультиспектральная камера видимого и инфракрасного диапазона VIMI (Visual and Infrared Multispectral Imager) также имеет в своей основе трехзеркальный внеосевой телескоп и комбинацию фильтров, обеспечивающую съемку в 12 спектральных полосах в пределах от видимого диапазона до длинноволнового ИК с пространственным разрешением 20 м и 40 м. В результате выявляются распределение воды, льда, растительности, решаются задачи в области экологии и разведки минеральных ресурсов. Съемка в средне- и длинноволновых каналах обеспечивает построение тепловых карт.

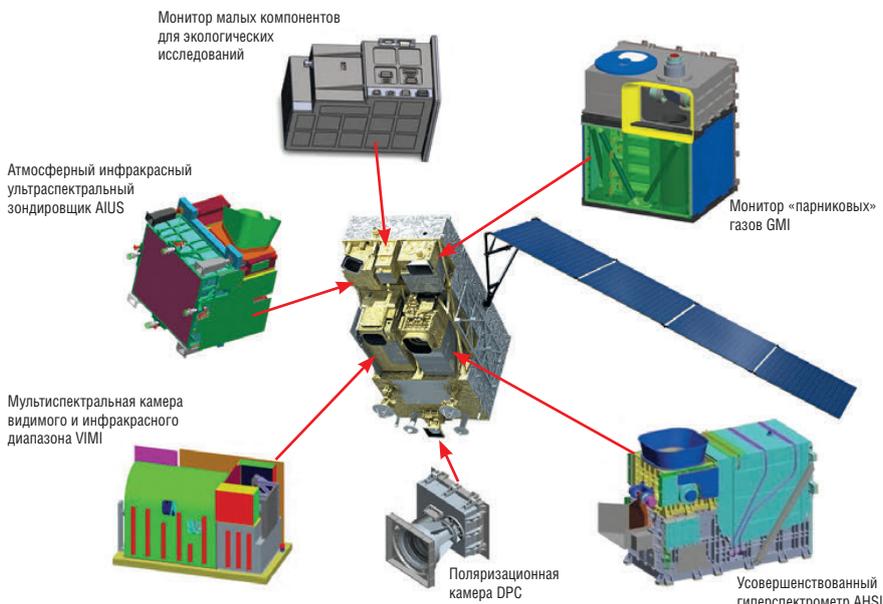
Атмосферный инфракрасный ультра-спектральный зондировщик AIUS (Atmospheric Infrared Ultra-spectral Sounder) предназначен для определения содержания малых составляющих атмосферы на высоте от 10–15 км до приблизительно 90 км путем регистрации проходящего через ее толщу на заходе или восходе солнечного света. Прибор имеет в своей основе Фурье-интерферометр и обладает наивысшим спектральным разрешением\* среди всех инструментов GF-5: оно составляет 0.03 см<sup>-1</sup>, при этом обеспечивается калибровка от бортового источника с радиометрической погрешностью 5% и спектральной на уровне до 0.008 см<sup>-1</sup>.

По данным AIUS строится профиль температуры и влажности атмосферы с погрешностью 2 К и 2 г/кг соответственно и определяется концентрация O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub>, HCl и HF. Инструмент рассматривается как аналог канадского ACE-FTS на спутнике SCISAT (НК № 10, 2003).

Камера VIMI и зондировщик AIUS созданы в Пекинском институте космического машиностроения и электроники («508-й институт»).

Монитор «парниковых» газов GMI (Greenhouse-gases Monitoring Instrument) осуществляет пространственную гетеродинную спектроскопию и выполнен в виде двухлучевого дисперсивного интерферометра. Прибор ведет наблюдения в режиме сканирования, в надире или в режиме отражения солнечного

\* Приводимые далее величины волнового числа в «обратных сантиметрах» интерпретируются как количество длин волн, укладываемыхся на 1 см, либо как суммарное смещение за счет погрешности в определении длины волны.



света от поверхности океана. Мгновенное поле зрения оптической системы чуть более 10 км. Механизм наведения обеспечивает обход снимаемой полосы «змейкой» с шагом от 106 км до 212 км в поперечном направлении и от 100 км до 130 км в продольном. Четыре спектральные полосы прибора соответствуют молекулам и ионам O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub><sup>-1</sup>, CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub><sup>-2</sup>.

Монитор малых компонентов для экологических исследований EMI (Environmental trace gases Monitoring Instrument) является аналогом инструмента OMI на американском КА Aura (НК № 9, 2004), но имеет более широкий спектральный диапазон (240–790 нм против 270–500 нм у прототипа). Этот дифференциальный абсорбционный спектрометр высокого разрешения ведет измерения в полосе ±57° поперек трассы, имея поле зрения размером 13 км вдоль на 48 км поперек. На выходе инструмента – данные по аэрозолям и облачности, полное содержание и профиль озона, показатели концентрации NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HCHO, BrO, OClO и других соединений.

Поляризационная камера DPC (Directional Polarization Camera) является усовершенствованным вариантом прибора POLDER-3 на французском спутнике Parasol (НК № 2, 2005). Основное отличие от прототипа состоит в большем размере приемной ПЗС-матрицы (512×512 элементов вместо 242×274) и соответственно лучшим пространственным разрешении (3.5 км вместо 6×7 км). Соседние кадры перекрываются почти на 90%, благодаря чему каждый объект наблюдается на пролете последовательно под 9–11 разными углами.

Прибор имеет восемь спектральных полос, в трех из которых осуществляются поляризационные измерения в трех направлениях поляризации (0°, 60° и 120°), поэтому колесо фильтров имеет 14 рабочих положений и одно нейтральное. Ин-

Табл. 3. Характеристики научной аппаратуры спутника «Гаофэн-5»

Параметр	Значение
<b>Усовершенствованный гиперспектрометр AHSI</b>	
Ширина полосы	60 км
Пространственное разрешение	30 м
Спектральный диапазон	0.4–2.5 мкм
Общее число каналов	330
Спектральное разрешение	5 нм (VNIR), 10 нм (SWIR)
Точность спектральной калибровки	0.5 нм (VNIR), 1.0 нм (SWIR)
Абсолютная точность радиометрической калибровки	Лучше 5%
Относительная точность радиометрической калибровки	Лучше 3%
<b>Мультиспектральная камера видимого и инфракрасного диапазона VIMI</b>	
Ширина полосы	60 км
Пространственное разрешение	20 м (VNIR, SWIR); 40 м (MWIR, LWIR)
Диапазоны и каналы	VNIR: 0.45–0.52, 0.52–0.60, 0.62–0.68, 0.76–0.86; SWIR: 1.55–1.75, 2.08–2.35; MWIR: 3.50–3.90, 4.85–5.05; LWIR: 8.01–8.39, 8.42–8.83, 10.3–11.3, 11.4–12.5
Абсолютная точность радиометрической калибровки	Лучше 5% (VNIR); 1 К (MWIR, LWIR)
Относительная точность радиометрической калибровки	Лучше 3%
<b>Атмосферный инфракрасный ультра-спектральный зондировщик AIUS</b>	
Полоса обзора	±10°
Период сканирования	2 сек
Спектральный диапазон	750–4100 см <sup>-1</sup> (2.4–13.3 мкм)
Спектральное разрешение	0.03 см <sup>-1</sup>
Точность спектральной калибровки	0.008 см <sup>-1</sup>
Динамический диапазон	800–5800 К
<b>Монитор «парниковых» газов GMI</b>	
Полоса обзора	±31° поперек трассы
Мгновенное поле зрения	10.3 км
Каналы	0.759–0.769, 1.568–1.583, 1.642–1.658, 2.043–2.058 мкм
Спектральное разрешение	0.6 см <sup>-1</sup> (VNIR), 0.27 см <sup>-1</sup> (SWIR)
Точность спектральной калибровки	От 0.1 до 0.05 см <sup>-1</sup>
Абсолютная точность радиометрической калибровки	Лучше 5%
Относительная точность радиометрической калибровки	Лучше 2%
<b>Монитор малых компонентов для экологических исследований EMI</b>	
Полоса обзора	±57° поперек трассы, 2609 км
Мгновенная область съемки	48×13 км
Каналы	240–315, 311–403, 401–550, 545–710 нм
Спектральное разрешение	0.3–0.5 см <sup>-1</sup>
Точность спектральной калибровки	0.05 см <sup>-1</sup>
Абсолютная точность радиометрической калибровки	Лучше 5%
Относительная точность радиометрической калибровки	Лучше 3%
<b>Поляризационная камера DPC</b>	
Поле зрения	±60°
Пространственное разрешение	3.5 км
Каналы	Обычные: 433–453, 555–575, 758–768, 745–785, 900–920 нм; поляризационные: 480–500, 660–680, 845–885 нм
Направления поляризации	Линейная: 0°, 60°, 120°
Углы падения	9 углов вдоль трассы
Точность радиометрической калибровки	Лучше 5%
Точность поляризационной калибровки	Лучше 2%



▲ Спутник «Гаофэнь-5» и мультиспектральная камера VIMI (справа)

струмент служит для получения характеристик аэрозолей в атмосфере Земли (оптическая плотность, коэффициент обратного рассеяния и др.), общего содержания водяного пара и данных по облачному покрову.

Три последних инструмента разработаны в Аньхойском институте оптики и точной механики Китайской АН в г. Хэфэй и являются «пробой пера» этого учреждения в сфере космического приборостроения. Их главными конструкторами являются Сюн Вэй (熊伟), Сы Фуци (司福祺) и Хун Цзинь (洪津) соответственно, а общим руководителем всех трех приборов – Лю Цзяньго (刘建国).

Система приема и обработки информации создана совместными усилиями Китайского центра приложений спутников ДЗЗ и Института дистанционного зондирования и цифровой Земли Китайской АН. За прикладную систему для использования данных отвечают Министерство экологии и охраны окружающей среды, Департамент природных ресурсов и Китайская метеорологическая администрация.

Спутник GF-5 призван сыграть важную роль в изучении земельных и природных ресурсов, изменений климата и в мониторинге состояния атмосферы Земли. Конкретные проекты включают картирование таких загрязнителей, как сернистый газ  $SO_2$  и двуокись азота  $NO_2$ , контроль цветения воды и тепловых сбросов с АЭС, отслеживание выжигания травы, мониторинг «тепловых островов» больших городов и т. п.

### Реализация проекта

По состоянию на март 2015 г., запуск «Гаофэнь-5» все еще планировался на 2016-й, однако и служебный модуль, и приборы отстали от графика. Так, защита проекта по летным экземплярам трех хэфэйских приборов состоялась лишь в январе, а по мультиспектральной камере VIMI – в июне 2016 г. На совещании 30 июня в Шанхае были зачтены работы над прототипом КА и принято решение о переходе к изготовлению летного изделия с новым сроком запуска в 2017 г.

1 июля был принят после испытаний летный экземпляр EMI. Пять остальных приборов были получены до сентября 2016 г. и также переданы в SAST на испытания. Летный зондирующий AIUS приняли 12 октября, DPS и GMI – 18 октября. Тепловые испытания VIMI удалось закончить к 30 декабря, а ее калибровка продолжалась вплоть до июня 2017 г.

Тем временем 23 января заместитель министра экологии и защиты окружаю-

щей среды Хуан Жунью (黄润秋) посетил SAST и ознакомился с ходом работ над спутником. По итогам визита было объявлено, что КА находится на испытаниях в 812-м институте SAST и что пуск состоится во второй половине 2017 г. 18 апреля Синьхуа со ссылкой на ГУОНТП уточнило, что старт намечен на третью декаду сентября.

К концу июня 2017 г. завершились термовакуумные испытания КА в 509-м институте SAST. 29 июня в Пекине в ГУОНТП состоялось последнее большое координационное совещание, на котором проверялась готовность спутника к старту, а 10 июля обсуждался план летных испытаний КА. Однако, как и многие другие, запуск был отложен на несколько месяцев из-за двух подряд аварий РН CZ-3В в июне и CZ-5 в начале июля. Лишь 24 ноября Китайская метеорологическая администрация назвала новый срок запуска – апрель 2018 г.

25 января аппарат прошел выходной контроль на заводе-изготовителе в Шанхае. 8 марта команда испытателей выехала на полигон для предстартовой подготовки спутника. Однако этот процесс затянулся, и уже 2 апреля Министерство природных ресурсов заявило, что старт отложен до мая. Похоже, что виновником был КА – во всяком случае, в День космонавтики 24 апреля специалисты по носителю нашли время для посещения гостевого дома Мао Цзэдуну в уезде Кэлань.

В тот же день Тун Сюдун (童旭东), директор Центра важных специальных проектов ГУОНТП, он же главный конструктор специального проекта «Гаофэнь» и директор Центра систем и данных наблюдения Земли Китайской национальной космической администрации, объявил, что старт состоится в начале мая. Точная дата старта была названа 3 мая посредством публикации предупреждения для авиации о закрытии района падения створок головного обтекателя восточнее города Эньши в провинции Хубэй. Для контроля завершающего участка выведения КА в Индийский океан было направлено судно «Юаньван-3».

Запуск прошел штатно, и уже 13 мая в 12:52 китайская наземная станция Миунь провела первый сеанс приема целевой информации с GF-5: за 9 мин 32 сек было принято 60 Гбайт данных.

На протяжении 10–12 мая серией небольших маневров КА поднялся до рабочей орбиты высотой 702.3×728.9 км над поверхностью земного эллипсоида, что соответствует условной средней высоте 700.5 км и

высоте в принятой в Китае версии баллистических расчетов 704.5 км.

Такая орбита обладает свойством кратности: наземная трасса повторяется в точности через 51 сутки (743 витка) с межвитковым расстоянием 53.9 км. Неполное повторение трассы достигается через 106 витков за семь суток, причем сдвиг за это время также составляет 53.9 км. Межвитковое расстояние перекрывается шириной полосы съемки двух основных приборов AHSI и VIMI, равной 60 км. С учетом возможности разворота по крену на  $\pm 25^\circ$  и благодаря сближению витков на удалении от экватора повторный просмотр объектов на территории Китая и в прилегающих акваториях возможен через пять суток.

Фактическое местное время прохождения нисходящего узла – 01:36 (восходящего соответственно 13:36). Орбита GF-5 очень близка к текущей орбите китайского спутника «Таньсат» для регистрации соединений углерода в атмосфере (НК № 2, 2017) – разница составляет 4 км по высоте,  $0.09^\circ$  по наклону и 6.5 минут по времени узла.

Следует также отметить, что оба китайских КА находятся на орбитах, очень близких к занимаемым международной группировкой A-Train, что позволяет проводить корректное сравнение данных аналогичных по назначению инструментов.

Объявлено, что орбитальные испытания GF-5 продлятся до ноября. Возможно, после них или в процессе тестирования орбиты двух КА уравниют по высоте и синхронизируют их движение между собой, чтобы образовать китайскую версию группировки изучения Земли.

В ближайшие годы SAST должна изготовить и запустить еще два спутника для изучения Земли и ее атмосферы. Первый из них – «Гаофэнь-5» № 02, проект которого был представлен в Пекине еще 18 марта 2015 г. и утвержден к реализации в апреле 2017 г. Спутник предполагается изготовить в той же кооперации, что и первый, но с усовершенствованным составом бортовой аппаратуры: спектральный диапазон гиперспектрометра будет продлен в ультрафиолетовую область, появится активный инструмент лазерного зондирования. Планируется также запуск специализированного спутника для мониторинга парниковых газов в атмосфере с высокой точностью.

Как утверждает заместитель директора SAST Чжан Чуньмин (张春明), в 2021 г. Китай будет располагать четырьмя спутниками для мониторинга атмосферы, работающими как единая система. ■



Хотя CZ-4С является «зрелой» ракетой, находящейся в эксплуатации, разработчики продолжают ее совершенствовать. Как сообщил 9 мая главный конструктор носителей семейства CZ-4 Ван Ицзюнь (汪轶俊), изделие Y20 имеет восемь технических изменений в части общей конструкции, двигателей управления ориентацией, системы управления, телеметрии и системы внешней безопасности. В частности, реализована технология снижения нагрузки от высотных ветров, а в новой интегрированной навигационной системе, разработанной 8-й академией на протяжении четырех последних лет, предусмотрена поддержка со стороны трех, а не двух спутниковых систем: помимо GPS и ГЛОНАСС, принимаются и обрабатываются также сигналы «Бэйдоу».



# SpaceX: первый полет «финальной версии»

Решение о выделении финансирования на создание КА было принято 23 сентября 2014 г. Общий бюджет проекта составил 374 млн \$. Правительство Бангладеш заявило, что, несмотря на тесные связи с Китаем, конкурс будет открытым и его победитель заранее не известен.

Наибольшие проблемы создал поиск свободной точки на орбите. За приоритетные для Бангладеш места боролись также США, Индия, Пакистан, Израиль и многие другие. Хотя не все эти страны имели наготове аппараты для занятия позиций, тем не менее все они подали заявки в Международный союз электросвязи ITU (International Telecommunication Union). В итоге Бангладеш арендовала позицию у «Интерспутника» за 27,5 млн \$ на срок до 15 лет.

11 ноября 2015 г. в качестве поставщика BS-1 «под ключ» на орбите была выбрана франко-итальянская компания Thales Alenia Space (TAS), которая по ходу конкурса обошла американскую Orbital ATK. С ней и был заключен контракт на сумму 248 млн \$ под гарантии агентства по экспортному кредитованию Coface. 15 сентября 2016 г. Банк HSBC Holdings plc, один из крупнейших финансовых конгломератов в мире, выдал под государственные гарантии правительства Бангладеш кредит в размере 188,7 млн \$ на реализацию проекта.

В разработке спутника и наземной инфраструктуры участвовали также бельгийское, итальянское и испанское отделения TAS.

В конце 2016 г. проект BS-1 прошел защиту. Спутник строился на платформе Spacebus 4000B2 производства TAS с полезной нагрузкой в составе 26 транспондеров диапазона Ku и 14 транспондеров диапазона C. Из точки стояния 119,1° в.д. аппарат должен был обеспечить покрытие Бангладеш и прилегающих стран – Индии, Непала, Бутана, Шри-Ланки, Филиппин и Индонезии, предоставляя услуги непосредственного телевидения DTH (Direct-to-Home), передачи видео и работы с терминалами с очень малой апертурой VSAT. Одной из задач BS-1 в Бангладеш значилось обеспечение широкополосного подключения к Интернету сельских районов

▼ Праздничное шествие студентов Бангладешского сельскохозяйственного университета по случаю запуска первого национального спутника



страны и помощь соответствующим службам в случае стихийных бедствий.

Аппарат имеет стартовую массу свыше 3500 кг и расчетный срок службы 15 лет. Система электропитания способна генерировать мощность 6 кВт, получая энергию от двух панелей солнечных батарей и накапливая в аккумуляторах. Для перевода на геостационар спутник оснащен бортовым апогейным двухкомпонентным двигателем S400.

Управление будет осуществляться с основной и резервной станции, каждая из которых включает центр управления и эксплуатации КА и центр сетевых операций. Компания TAS не только изготовила спутник, но и отвечает за весь наземный сегмент. Ее местный бангладешский партнер – Spectra Engineers Ltd. – отвечал за строительные работы для наземной инфраструктуры.

Первоначально для запуска была выбрана PH Ariane 5 ECA со сроком запуска в конце 2017 г., а Falcon 9 был резервным вариантом. Однако в начале 2017 г. ситуация изменилась.

Важным фактором выполнения программы Бангладеш являлся запуск спутника к дате 16 декабря 2017 г. – Дню национальной победы (National Victory Day), посвящен-

И. Афанасьев.  
«Новости космонавтики»

11 мая в 16:14 EDT (20:14 UTC) с площадки LC-39A Космического центра имени Кеннеди специалисты компании SpaceX при поддержке боевых расчетов 45-го космического крыла ВВС США осуществили успешный пуск ракеты-носителя Falcon 9 Block 5 со спутником связи Bangabandhu-1, принадлежащим Народной Республике Бангладеш.

Запуск прошел штатно, и примерно через 33 мин после старта спутник отделился от второй ступени на орбите с параметрами:

- наклонение – 19,29°;
- высота в перигее – 300 км;
- высота в апогее – 35 509 км;
- период обращения – 625,4 мин.

В каталоге Стратегического командования США аппарату был присвоен порядковый номер 43463 и международное обозначение 2018-044A.

Первая ступень совершила успешную посадку на самоходную баржу OCISLY (Of Course I Still Love You; «Конечно, я все еще люблю тебя») в Атлантическом океане.

## Спутник

Необходимость создания первого бангладешского телекоммуникационного КА обосновывалась тем, что страна ежегодно тратит 10–14 млн \$ на покупку ресурса на связных спутниках у зарубежных операторов. Даже при ресурсе в 7–10 лет собственный аппарат позволял сэкономить 70–140 млн \$. Однако более точные расчеты показали, что общий бюджет проекта, включая затраты на изготовление и запуск спутника, страхование и наземную инфраструктуру, составит значительно большую сумму.

Реализацией программы КА Bangabandhu 1\* (BS-1) руководила Бангладешская комиссия по регулированию телекоммуникаций BTRC (Bangladesh Telecommunication Regulatory Commission) при технической поддержке Международного космического партнерства SPI (Space Partnership International). В целях эксплуатации спутника была создана компания Bangladesh Communication Satellite Company Limited (BCSCL). В случае успеха BTRC планирует позже запустить последовательно и поэтапно аппараты BS-2 и BS-3.

\* Назван по прозвищу Бангабандху – «Друг бенгальцев» – первого президента страны Муджибура Рахмана (Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman).

ному капитуляции пакистанских войск во время войны за освобождение Бангладеш в 1971 г. Весной 2017 г. Arianespace столкнулась с протестами местного населения Французской Гвианы, из-за чего провайдер был вынужден отложить три миссии на два месяца и уже не мог гарантировать запуск спутника BS-1 в срок.

Ariane 5 обычно выводит два спутника за раз: «тяжелый» – в верхней части головного обтекателя и «легкий» – в нижней. Совместное использование ракеты снижает затраты спутниковых операторов, но требует строгой синхронизации графиков подготовки КА, иначе возникают задержки запуска.

«Поскольку размер нашего спутника подходил для его размещения в нижней части обтекателя Ariane и они не могли гарантировать нам место для запуска к декабрю, мы вынудили TAS переключиться на резервный вариант, – пояснил Саджиб Вазед (Sajeeb Wazed), почетный советник премьер-министра Бангладеш по информационно-коммуникационным технологиям. – Условием SpaceX было выполнение полета на новом варианте Falcon 9 Block 5, и мы с этим согласились».

Увы, и SpaceX не смог обеспечить запуск в нужные сроки. Несмотря на то, что 2017-й был самым успешным годом для Falcon 9 (состоялось 18 миссий), компании пришлось наверстывать график, нарушенный задержками в производстве ракеты и неудачами 2015–2016 гг. Ответственным лицам стоило большого труда умерить ожидание заказчика получить запуск к празднику...

Спутник покинул завод TAS в Канне лишь 28 марта 2018 г. и через двое суток прибыл на мыс Канаверал. 4–5 мая завершились его предпусковые испытания, о чем сообщил председатель BTRC Шахджахан Махмуд (Shahjahan Mahmood). Результаты тестов ушли в штаб-квартиру SpaceX в Лос-Анжелесе, после чего компания сообщила о готовности к запуску и зафиксировала его дату.

### Подготовка и запуск

Запуск спутника BS-1 знаменовал важную веху не только для Бангладеш, но и для компании SpaceX: у финальной версии Falcon 9 Block 5 (описание см. в статье «Последняя модификация Falcon 9?» на с.58) появился первый заказчик. До этого самыми смелыми заказчиками фирмы Илона Маска (Elon Musk) были NASA и оператор спутникового флота SES.

Подготовка к пуску шла несколько месяцев. Наблюдатели впервые заметили первую ступень новой ракеты, блок под номером B1046, 26 февраля 2018 г. во время транспортировки со сборочного производства в Калифорнии на испытательный полигон

в МакГрегоре. 11–13 марта в Техасе состоялись три коротких прожига ступени, а 15 марта успешно прошли огневые испытания на полную длительность. После этого B1046 отправили на космодром во Флориде.

По состоянию на 17 марта, запуск прогнозировался на 24 апреля, но к 11 апреля сместился на 4 мая. Технологический прожиг первой ступени на стартовом столе был запланирован на 30 апреля, но в реальности состоялся как раз вечером 4 мая.

Огневые испытания первой ступени на старте являются финальной проверкой Falcon 9 перед пуском. В ходе этого теста проводится заправка обеих ступеней ракеты и запуск двигателей Merlin-1D первой ступени на 3.5 сек или 7 сек – в зависимости от того, используется ли блок впервые или повторно. Обычно после технологического прожига SpaceX сообщает: «Предварительные данные указывают на штатную работу всех систем, а на полную обработку полученной информации потребуется больше времени».

На этот раз о предварительных результатах ничего сказано не было. «Ракета в порядке. Анализ данных займет несколько дней. Дата пуска будет подтверждена после завершения анализа», – сообщил официальный твиттер-аккаунт SpaceX. По неподтвержденным данным, в ходе огневых испытаний выявилась некая «техническая проблема».

Еще 3 мая вышли уведомления об опасных зонах для авиации (NOTAM) и для моряков (NOTMAR) под пуск 7 мая. Днем позже уведомления перевыпустили на 8 мая, но 6 мая отменили совсем. Наконец, на следующий день SpaceX официально наметила запуск BS-1 на 10 мая. Основное стартовое окно открывалось в 16:12 EDT (20:12 UTC) и закрывалось в 18:22 EDT (22:22 UTC), резервное открывалось 11 мая в 16:14 EDT и закрывалось в 18:21 EDT.

Однако и 10 мая пуск не состоялся. Время старта дважды переносили, и заправка началась уже в расчете на 17:47 EDT. За 58 секунд до расчетного времени старта автоматика «сбросила» циклограмму. Причина оказалась в наземных компьютерах, но разобраться в этом за оставшиеся до конца окна минуты не удалось, и старт перенесли на резервный день.

А вот 11 мая все прошло гладко: в самом начале пускового окна Falcon 9 Block 5 оторвался от земли и умчался в небо. Полет проходил в соответствии с расчетной циклограммой.

Выведение состоялось, и посадка ступени была произведена без приключений. Корабль сопровождения GO Pursuit прибыл в порт вечером 13 мая (причем на его борту наблюдатели заметили половинку головного обтекателя), а буксир Rachel с платформой OCISLY и с вернувшейся ступенью – вечером 14 мая.

«Мы определенно рады этому запуску. Это девятый пуск SpaceX в 2018 г. За тот же период в 2017 г. мы выполнили только пять орбитальных миссий, – хвастался на предполетной пресс-конференции основатель, главный исполнительный директор и главный конструктор SpaceX Илон Маск. – Таким образом, мы (если все будет хорошо сегодня – постучите по дереву) удвоили частоту наших запусков по сравнению с прошлым го-

Время, мин.:сек	Событие
-38:00	Руководитель полета SpaceX разрешает процедуру заправки
-35:00	Начало заправки керосином RP-1
-35:00	Начало заправки жидким кислородом первой ступени
-16:00	Начало заправки жидким кислородом второй ступени
-07:00	Начинается захолаживание двигателей перед запуском
-01:00	Бортовой компьютер приступает к окончательным предварительным проверкам
-01:00	Начало надува топливных баков до полетного уровня
-00:45	Руководитель полета SpaceX дает разрешение на запуск
-00:03	Контроллер двигательной установки запускает последовательность зажигания двигателей первой ступени
0	Старт ракеты Falcon 9
01:14	Максимум скоростного напора
02:31	Выключение двигателей первой ступени MECO
02:33	Разделение ступеней
02:36	Запуск двигателя второй ступени
03:37	Сброс головного обтекателя
06:15	Включение двигателей первой ступени при входе в атмосферу
08:10	Посадка первой ступени
08:19	Выключение двигателя второй ступени SECO-1
27:38	Второе включение двигателя второй ступени
28:37	Выключение двигателя второй ступени SECO-2
33:38	Отделение спутника Bangabandhu-1

дом, что стало рекордным показателем для нас. На самом деле Falcon 9 оказался наиболее часто запускаемой ракетой во всем мире в 2017 г. И, если все будет хорошо, в 2018 г. SpaceX тоже запустит ракет больше, чем любая другая страна.

Он отчитался о проделанной работе: «На сегодня мы совершили 55 успешных орбитальных пусков: 52 – с Falcon 9, один – с [Falcon] Heavy и два – с Falcon 1. Мы смогли посадить 24 первые ступени: 11 – на сушу, 13 – на самоходные суда – и повторно запустили 11. В программе [разработки системы выведения на базе Falcon 9] мы стали пытаться приземлять первую ступень довольно поздно, вначале примерно с 50-процентным успехом. После того, как научились приземляться, показатель успеха стал составлять 90%, а в последнее время, за исключением центрального ядра Falcon Heavy, все 100%»...

Bangabandhu-1 начал подъем с геопереходной орбиты 13 мая и уже 22 мая не только достиг геостационара, но и остановился в расчетной точке 119.1° в.д. ■

**i** NASA было первым клиентом SpaceX после дебютного полета Falcon 9 в 2010 г., а SES стала первым спутниковым оператором, который доверил компании Маска свой многомиллионный геостационарный спутник связи. После успеха первой миссии в 2013 г. SES поддержала SpaceX в 2017 г., запустив свой спутник на первой ракете Falcon 9, в составе которой использовалась ранее летавшая первая ступень.

Наблюдатели отмечают мотивацию этих заказчиков: NASA стремится культивировать частный сектор на низкой околоземной орбите, а SES заинтересована глобально снизить цены в своем секторе рынка запусков.





## «Сорочий мост» и два «Амура»

И. Лисов.

«Новости космонавтики»

21 мая в 05:28:49.970 по пекинскому времени с пусковой установки №3 Центра запусков спутников Сичан был произведен пуск РН «Чанчжэн-4С» (CZ-4C №27) с космическим аппаратом-ретранслятором «Цюэцяо» в интересах лунной программы КНР и двумя попутными микроспутниками «Лунцзян» для радиоастрономических исследований на окололунной орбите. Все они были успешно выведены на расчетную сильно вытянутую эллиптическую орбиту спутника Земли высотой от 200 км в перигее до 400 000 км в апогее.

Это был 275-й пуск ракеты семейства «Чанчжэн» («Великий поход») и 15-й китайский старт в текущем году, он же 45-й в общемировом зачете. Внутреннее обозначение пуска было «операция 07-87». В каталоге Стратегического командования КА «Цюэцяо» получил номер 43470 и международное обозначение 2018-045A. Попутным спутникам достались два следующих номера и обозначения, оканчивающиеся на В и С.

Всем трем КА и третьей ступени носителя был приписан один и тот же набор орбитальных элементов, соответствующий следующим параметрам:

- наклонение – 27,5°;
- минимальная высота – 400 км;
- максимальная высота – 383 000 км;
- период обращения – 243,8 часа.

### Ретранслятор для лунохода

«Цюэцяо» (鹊桥) создан в рамках китайской программы исследования Луны автоматическими КА и предназначен для обеспечения посадки зонда «Чанъэ-4» на обратную сторону Луны.

Как известно, 2 декабря 2013 г. был запущен комплекс «Чанъэ-3» в составе одноименного посадочного аппарата и лунохода «Юйту» (HK №2, 2014). Мягкая посадка в

северной части Моря Дождей состоялась 14 декабря. Ровер успешно работал на поверхности Луны в течение двух лунных дней, но затем утратил способность к перемещению и превратился в неподвижный научный пост, подобно посадочному аппарату. В целом, однако, проект был признан реализованным успешно, и необходимость в сборке и запуске второго комплекта под названием «Чанъэ-4» отпала.

Уже изготовленную материальную часть было решено использовать с необходимыми доработками для решения более сложной задачи. После дискуссий о вариантах применения, которые продолжались больше года, она была сформулирована так: осуществить впервые в истории космонавтики посадку и произвести комплекс исследований на обратной, невидимой с Земли стороне Луны. Очевидно, что для обеспечения посадки и для приема оттуда научной информации необходимо было организовать двустороннюю передачу через промежуточный пункт, то есть через аппарат-ретранслятор.

Соответствующие планы были обнародованы в марте–июне 2015 г. (HK №8, 2015), и тогда в качестве даты старта «Чанъэ-4» назывались 2018–2019 годы, а ретранслятора – конец 2018 г.; изначально предполагалось, что ретранслятор стартует за полгода до основного КА. Решение о практической реализации проекта было принято 30 ноября 2015 г., а 14 января об этом сообщили офи-

циально. Тогда было сказано, что ретранслятор будет запущен в июне 2018 г., а основной комплекс – до конца 2018 г. Указанные сроки остаются в силе: сейчас запуск «Чанъэ-4» на ракете CZ-3B планируется на декабрь 2018 г.

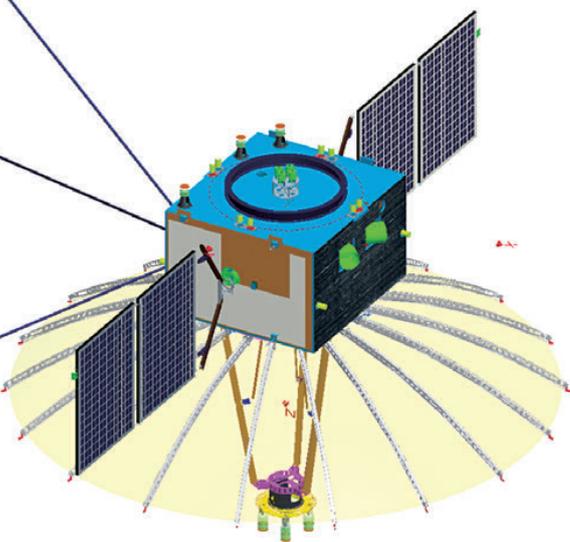
В июне 2016 г. было объявлено, что аппарат совершит посадку в пределах гигантского бассейна южный полюс – Эйткен. Все планирование ведется в расчете на более конкретное место – в кратере фон Карман диаметром 186 км с центром на 44,8° ю.ш., 175,9° в.д.

Стоит заметить, что ранее французская команда Давида Мамуна (David Mamoun) и Марка Вечорека (Mark Wicczorek) выдвинула очень похожий проект под названием Farside Explorer. Он предлагался ЕКА в качестве кандидата на реализацию в рамках программы Cosmic Vision сначала как средняя миссия M3, а потом как M4, но в июне 2015 г. не смог пройти очередной раунд отбора. Впрочем, даже если бы финансирование досталось ему, старт предполагался не ранее 2025 г.

«Цюэцяо» разработан силами компании «Хантянь Дунфанхун», филиала Китайской исследовательской академии космической техники CAST, под руководством директора проекта Чжана Лихуа (张立华).

Аппарат построен на платформе CAST100 и имеет стартовую массу 448 кг. Корпус спутника выполнен в виде уплотненного куба размером 1,4×1,4×0,85 м. На одной





▲ Спутник «Цюэцяо»

из больших поверхностей смонтирована основная антенна бортового ретранслятора, имеющая в сложенном состоянии длину свыше 3 м, а на боковой – антенна прибора NCLE. Основные элементы КА (панели, солнечные батареи, стыковочное кольцо, тепловые трубы и т.д.) изготовлены Пекинским заводом по производству спутников.

Электропитание обеспечивают две двухсекционные солнечные батареи с фотоэлементами на арсениде галлия с тройным переходом.

Система ориентации КА использует звездные датчики и волоконно-оптические гироскопы как датчики и маховики в качестве исполнительных устройств для трехосной стабилизации. Двигательная установка включает четыре маршевых ЖРД тягой по 20 Н и 12 двигателей ориентации и стабилизации тягой по 5 Н и может использовать до 100 кг гидразина, что дает приращение скорости свыше 500 м/с. Система управления КА обеспечивает ступенчатое снижение тяги двигателей и точное выдерживание момента выключения за счет изменения скважности импульсов. Заданное приращение скорости выдерживается с точностью 0.02 м/с.

Бортовой радиокомплекс осуществляет служебный радиообмен с Землей (командно-телеметрическая информация, измерение дальности, передача научной информации) в диапазоне S через спиральные антенны низкого усиления.

\* Основная антенна КА Voyager имела диаметр 3.7 м, а Cassini – 4.0 м. Зонтичная антенна американской AMC Galileo была больше – 4.6 м, но она не раскрылась.

Ретранслятор лунного зонда работает через антенну с зонтичным параболическим рефлектором диаметром 4.2 м – наиболее крупным в истории межпланетных исследований\*. При создании его в Сианьском отделении CAST был решен ряд научно-технических задач, в том числе связанных с сохранением работоспособности в четырехчасовой лунной тени, когда температура опускается до -200...-230°С.

Ретрансляция информации с Земли на Луну и в обратном направлении производится в регенеративном режиме: сигнал принимается на борту, декодируется, мультиплексируется, кодируется вновь и передается в другом частотном диапазоне и с другой модуляцией. Это обеспечивает коррекцию ошибок приема и увеличивает чувствительность.

Двусторонняя связь с находящимися на Луне объектами ведется в диапазоне X. Из заявок, направленных в Международный союз электросвязи, известно, что «Цюэцяо» передает команды на ровер на частотах 7202.384 МГц и 7227.500 МГц, а луноход отвечает ретранслятору на частоте 8462.080 МГц. Пропускная способность канала от посадочного аппарата составляет 560 кбит/сек, а от ровера – 280 кбит/сек. Кроме того, ровер может вести одностороннюю передачу в УКВ-диапазоне (413–417 МГц) на посадочный аппарат, который выполняет функции местного ретранслятора.

Ретрансляция цифровой информации на Землю осуществляется в S-диапазоне через спиральную антенну среднего усиления с максимальной скоростью до 2000 кбит/сек. Записанная информация может также сбрасываться в X-диапазоне через основную антенну со скоростью до 10000 кбит/сек при условии переориентации КА.

Расчетный срок активного существования КА – три года.

В период с 19 декабря 2017 г. по 6 марта 2018 г. проводился сбор посланий для отправки в космос на борту «Цюэцяо». Это название было выбрано в результате конкурса, объявленного Центром исследования Луны и космических проектов 27 марта и проходившего до 15 апреля 2018 г. По условиям конкурса, имя должно было «отражать тему исследований Луны, обладать новизной и существенными техническими

и культурными деталями, быть позитивным и соответствовать базовым социалистическим ценностям». Решение жюри было объявлено 24 апреля в рамках празднования Дня космонавтики в Харбине, но никаких отсылок к социалистическим принципам не содержало.

Имя «Цюэцяо» («Сорочий мост») апеллирует к старинной китайской легенде о бедном пастухе Нюлане и ткачихе Чжинью, седьмой дочери богини Неба Си-ван-му, которые полюбили друг друга. Когда богиня обнаружила, что ее дочь переселилась на Землю и вышла замуж, она разлучила пару, обратив юношу в звезду Альтаир, а девушку – в Vega и расположив их по разные стороны Небесной реки – Млечного пути. Услышав, однако, как горько плачут Нюлан и его дети, Си-ван-му смилостивилась и разрешила им встречаться раз в год, в седьмой день седьмого месяца традиционного китайского календаря. В этот день все сороки на Земле поднимаются в небо и, соединив свои крылья, образуют мост над Небесной рекой, чтобы влюбленные могли встретиться.



### Попутная научная аппаратура

Хотя «Цюэцяо» создан с сугубо прикладной целью, спутник несет попутную научную аппаратуру нидерландских ученых, которая будет активирована в марте 2019 г. – после выполнения основной задачи по ретрансляции посадки «Чанъэ-4» и трехмесячной работы лунохода.

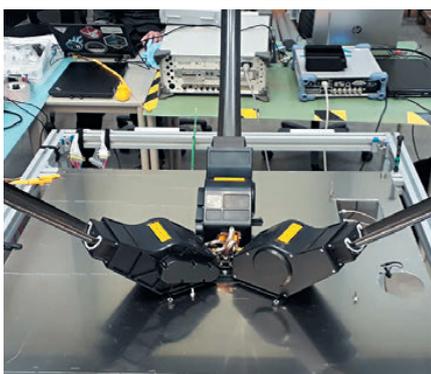
Эксперимент NCLE (Netherlands – China Low-Frequency Explorer, нидерландско-китайский низкочастотный исследователь) был задуман во время визита в Китай короля Нидерландов Виллема-Александера в октябре 2015 г. Соглашение о его реализации между космическим агентством Нидерландов и Китайской национальной космической администрацией было подписано в Пекине 28 июня 2016 г.

По сути прибор представляет собой широкополосный чувствительный радио-





▲ Аппаратура NCLE



приемник сверхнизкочастотных радиоволн, который будет пытаться найти следы одной из самых древних эпох в истории Вселенной.

Современные космологические модели говорят, что через 390 000 лет после Большого взрыва произошла рекомбинация водорода из существовавших до того отдельно протонов и электронов – и Вселенная стала прозрачна для излучения; от этого события остался микроволновый фон (реликтовое излучение). Далее на протяжении сотен миллионов лет Вселенная была еще слишком горяча для формирования звезд. Излучение тогдашнего водорода на волне 21 см (1.42 ГГц) должно быть единственным свидетелем событий, происходивших в этом гигантском океане водорода в «Темные века» до их рождения, и его регистрация может позволить увидеть древнейшие дозвездные структуры. Однако за 13.7 млрд лет соответствующие фотоны «остыли» и сейчас имеют частоту не более 30 МГц. До поверхности Земли волны такой длины не доходят, потому что их блокирует атмосфера, а регистрировать излучение на околоземной орбите невозможно из-за мощных радиопомех. За Луной же их почти нет, а на ее обратной стороне вообще идеальный «климат» для радионаблюдений.

Команда во главе с профессором Хайно Фальке (Heino Falcke), радиоастрономом из Университета Радбауда (Radboud University), изначально входила в кооперацию по европейскому проекту Farside Explorer, но не пропустила внезапно представившуюся новую возможность. Свое предложение они подготовили за две недели, а к началу 2016 г. представили проект прибора и получили на его изготовление и испытания около 3 млн евро.

Над аппаратом NCLE в течение полугода работал целый консорциум ни-

дерландских институтов и фирм. Приемную антенну, состоящую из трех монополей длиной по 5 м из углепластика, пришлось делать самостоятельно, так как заказать ее у американских партнеров не позволили санкции, запрещающие поставлять «космическую» продукцию в КНР. Готовность к эксперименту зафиксировали 30 апреля 2018 г., когда провели тест развертывания и свертывания антенны.

Прибор основан на высокоточных часах со стабильностью лучше  $5 \cdot 10^{-11}$  и имеет диапазоны измерений от 0.1 МГц до 1.0 МГц, от 1 МГц до 10 МГц и от 10 МГц до 80 МГц с разрешением по частоте 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц соответственно. Динамический диапазон – 84 дБ, чувствительность приемника лучше 160 дБ/Гц. Приемник может использоваться в составе интерферометра с базой свыше 400 000 км, имея интерферометрическое разрешение на уровне 1 Мбит/сек.

Разработчики рассчитывают получить полную радиокарту неба в низких частотах после нескольких полных оборотов Луны вместе с КА вокруг Земли. Они рассматривают NCLE как прототип будущих низкочастотных обсерваторий в залунном пространстве и с осторожностью говорят, что он, «может быть, сможет обнаружить излучение при достаточно долгой интеграции». Одной из причин сомнений являются потенциальные помехи от аппаратуры самого «Цюэцяо», который по проекту не предполагался «особо чистым» по электромагнитной части.

Регистрация галактического фона и радиоизлучения Юпитера и Сатурна, а также мониторинг солнечных бурь – среди дополнительных задач NCLE. После прилета «Чаньэ-4» планируются также совместные измерения нидерландского прибора и установленного на посадочном аппарате китайского низкочастотного спектрометра VLFERS.

Перед стартом Хайно Фальке не удержался от того, чтобы отпустить шпильку в адрес главы SpaceX. Сравнив свой прибор с автомобильным радиоприемником, руководитель эксперимента сказал: «Илон Маск запустил в космос целый автомобиль вместе с приемником. К сожалению, он не включен и ничего не принимает. Поэтому нам пришлось запустить один лишь приемник, чтобы принять что-нибудь».

Установленный на «Цюэцяо» лазерный ретрорефлектор относится к числу экспе-

риментальных попутных приборов и предназначен для измерения дальности до КА с точностью лучше 15 мм. Прибор массой 1.6 кг разработан Китайским университетом имени Сунь Ятсена и представляет собой уголкового отражатель с апертурой 17 см. Наземная инфраструктура включает передающую лазерную станцию на базе 0.5-метрового телескопа и приемную с метровым телескопом.

Ранее, в январе 2018 г., китайские специалисты продемонстрировали необходимую для этого технику и методы обработки данных на более простом объекте – из Юньнаньской обсерватории они осуществили лазерную локацию ретрорефлектора, оставшегося на Луне в месте посадки Apollo 15 в июле 1971 г. Измерение дальности до «Цюэцяо» будет более сложной задачей, так как потребуются точное определение текущей траектории КА и прогноз его движения.

Эксперимент проводится с целью отработки технологий для реализации в будущем проекта регистрации обнаружения гравитационных волн «Тяньцин» (天琴). Этот проект инициирован академиком Китайской АН, ректором Университета имени Сунь Ятсена Ло Цзюнем (罗俊) и предусматривает запуск трех спутников на околоземную орбиту высотой около 100 000 км.

Помимо NCLE и ретрорефлектора, «Цюэцяо» оснащен двумя служебными камерами, которые могут использоваться для съемки Луны и Земли.

Прием информации ведется на станциях китайской сети дальней космической связи Цзямусы (антенна диаметром 66 м), Каши (Кашгар, 35 м), а также станции Неукен (Neuquén) с 35-метровой антенной, построенной Китаем в Аргентине вблизи городка Бахадель-Агрио и введенной в строй в октябре 2017 г. Станции управления с 18-метровыми антеннами оборудованы в Циндао и Каши.

## Два «Амура»

За счет избытка грузоподъемности PH CZ-4C вместе с «Цюэцяо» к Луне были отправлены два микроспутника с техническим наименованием Discovering the Sky at Longest Wavelengths Pathfinder, заявленные как прототип распределенной радиоастрономической обсерватории для изучения неба на сверхдлинных волнах.

Основной идеей проекта было осуществление радиоинтерферометрических наблюдений в диапазоне до 30 МГц в ходе совместного полета двух КА по окололунной орбите на удалении 1–10 км друг от друга, когда два приемника работают как эквивалентный радиотелескоп соответствующего диаметра. Цели наблюдений – в сущности те же, что и у проекта NCLE.

Проект реализован Институтом спутниковой техники Харбинского технологического института НТТ. Проработка проекта лунных микроспутников началась летом 2015 г., а формальное утверждение последовало 26 февраля 2016 г. Первый анонс этой работы сделал «отец харбинской космонавтики» Цао Сибинь (曹喜滨) в апреле 2016 г. Руководителем проекта от НТТ является Чжан Цзиньсю (张锦绣), главным конструктором – Кун Сяньжэнь (孔宪仁), а постановщиком эксперимента – Чэнь Сюэляй (陈学雷) из

Национальной астрономической обсерватории Китая.

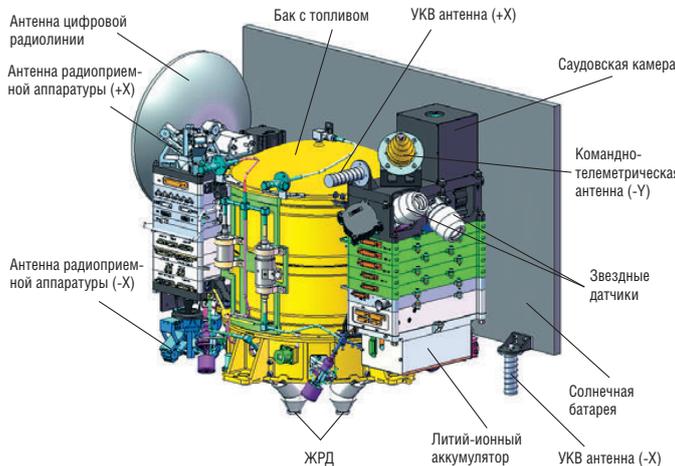
Первоначально два КА обозначались как DSLWP-A1 и -A2, но к апрелю 2017 г. обозначения поменяли на DSLWP-A и DSLWP-B. Личные имена «Лунцзян-1» и «Лунцзян-2» были даны двум спутникам 24 апреля 2018 г. «Лунцзян» (龙江) буквально означает «река Дракона», но учитывая, что спутники изготовлены в Харбине, административном центре провинции Хэйлуцзян (黑龙江), понятно, что имеется в виду великая сибирская пограничная река Черного Дракона, которая на наших картах называется Амур. В названии КА отсутствует лишь первое определение хэй («черный»).

Оба спутника имеют стартовую массу около 47 кг при габаритных размерах около 50x50x40 см. Они одинаковы по составу служебных систем, но несколько различаются по составу полезной нагрузки. Силовой основой конструкции является топливный бак двигательной установки, на котором смонтированы механизм отделения от РН, два блока служебных систем, фиксированная солнечная батарея, два солнечных датчика, угломерная камера, антенны для радионаблюдений, для межспутникового обмена и для связи с Землей.

Система электропитания основана на солнечной батарее с фотоэлементами на GaAs с тройным переходом и на литий-ионном аккумуляторе типа 18650. Интегрированная система электроники базируется на процессоре VM3803 с операционной системой uCOS-III. Система ориентации принимает данные солнечных и звездных датчиков и инерциальных устройств, а в качестве исполнительных органов использует маховики и микро-ЖРД для их разгрузки. Обеспечивается трехосная ориентация с наведением на Луну, на Землю и на второй КА. В режиме совместного полета спутники могут определять параметры взаимного положения (относительную дальность и азимут).

Двигательная установка имеет в своем составе четыре двигателя тягой по 5 Н на

\* В радиосвязи интервал 10–300 м классифицируется как короткие и средние волны, но в радиоастрономии он находится на самом дальнем конце используемого диапазона.



▲ Спутник «Лунцзян-2»

нижней плоскости для коррекций траектории и четыре по 0.2 Н для управления угловым моментом и обеспечения полета строем. Она служит, в частности, для торможения у Луны с выходом на орбиту высотой 300x9000 км.

Инструменты и научная программа подготовлены Национальным центром космической науки и Национальной астрономической обсерваторией Китая. Подсистема передачи научной информации и командно-телеметрическая подсистема КА суммарной массой менее 3 кг созданы в 54-м институте Китайской корпорации электронной техники.

Основной полезной нагрузкой двух КА являются синхронизированные приемники на диапазон 1–30 МГц, образующие сверхдлинноволновой интерферометр\*. Аппаратура включает высокостабильный приемник, две разворачиваемые антенны из трех ортогональных ленточных диполей на зенитной и надирной стороне спутника, модуль цифровой обработки и блок межспутниковой связи, измерения дальности и синхронизации. Антенные модули созданы Национальным центром космической науки в сотрудничестве с Центром космических исследований Польской АН.

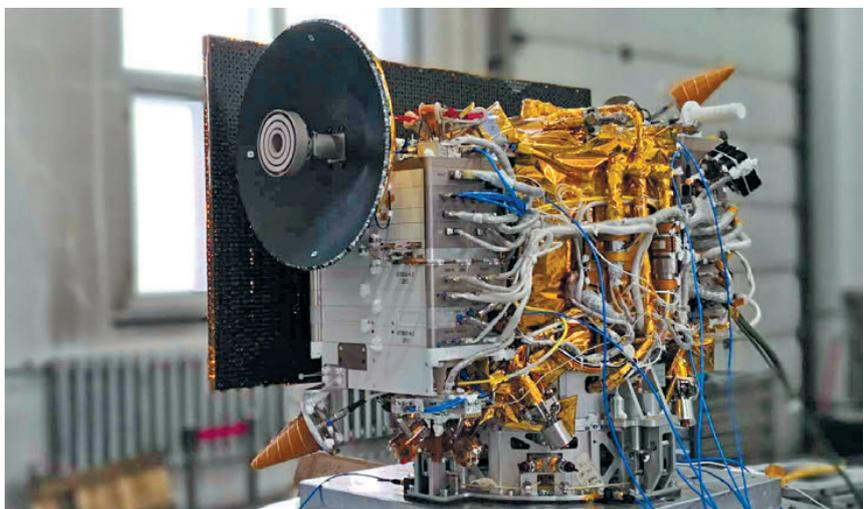
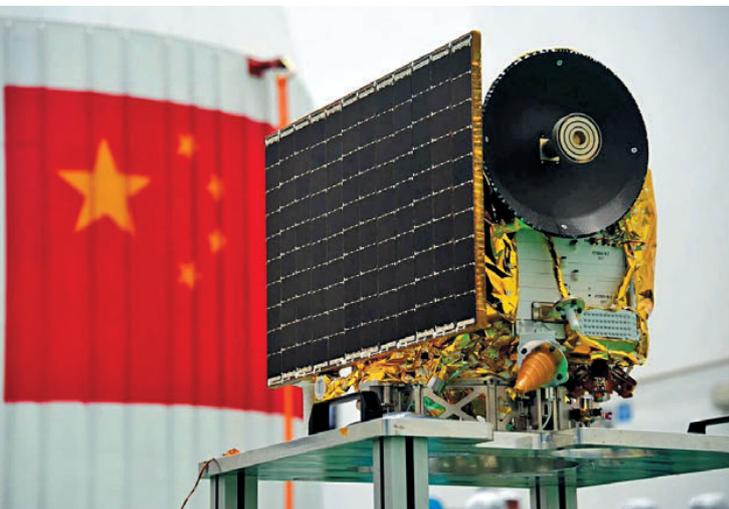
Спутники способны вести радионаблюдения как вместе, так и по отдельности, но в последнем случае направленность будет низкой из-за малых размеров приемных антенн. В случае совместной работы DSLWP-A является ведущим спутником в паре. Взаимное положение КА определяется угломерной камерой, наблюдающей светодиода на втором спутнике.

Основной областью радионаблюдений по проекту является зона, закрытая Луной от радиозлучений Земли, часть которой может также находиться в тени. Малая масса КА, заданная имеющимся избытком грузоподъемности носителя, не позволила оснастить их мощной системой электропитания. Поэтому работа намечалась по такому алгоритму: 10 минут наблюдений в тени, выход на освещенную сторону, 20 минут на передачу данных, а затем подзарядка аккумуляторных батарей в течение оставшейся части 13-часового витка.

Спутники планировалось также использовать в радиолобительских и образовательных целях. Бортовой радиоконкомплекс DSLWP-A имел в своем составе любительскую УКВ-радиостанцию, принимающую команды в диапазоне 145 МГц и сбрасывающую телеметрию в диапазоне 435 МГц. Одной из ее функций была передача цифровых изображений, в том числе по запросу радиолобителей. С учетом большого расстояния скорость передачи составляла лишь 31.25 бит/сек в командном канале и 100 бит/сек в телеметрическом.

На DSLWP-B была установлена дополнительная полезная нагрузка – камера для съемки Луны, поставленная Научно-техническим центром имени короля Абдулазиза (KACST,

▼ Специалисты из Саудовской Аравии рядом с аппаратом DSLWP-B, где установлена камера (обозначена стрелкой на снимке справа)





Саудовская Аравия) в соответствии с междомственным соглашением, подписанным 16 марта 2017 г. Изделие KLCP массой 0.63 кг имеет пространственное разрешение 38 м при съемке с расстояния 300 м.

### Старт и полет

Ракета CZ-4C №Y27 была изготовлена на 149-м заводе Шанхайской исследовательской академии космической техники SAST. О том, что она будет использована для запуска лунного спутника-ретранслятора, было объявлено в январе 2016 г. Надо сказать, что это было уникальное решение – до сих пор носители этого типа никогда не применялись для выведения китайских аппаратов на высокие орбиты, а тем более на траекторию полета к Луне. Однако если вспомнить историю CZ-4C, то выясняется, что ее «прабабушка» CZ-4 как раз для этого и создавалась!

31 марта 1975 г., еще до того, как совершила свой первый успешный полет ракета-носитель CZ-2, Мао Цзэдун и Чжоу Эньлай одобрили проект создания китайских геостационарных спутников для обеспечения штабов и частей НОАК каналами связи и боевого управления. Для их запуска на геопереходную орбиту с нового космодрома Сичан была начата под руководством Жэнь Синьмина разработка трехступенчатых вариантов носителя – CZ-2A со ступенью на традиционных высококипящих компонентах

▼ Траектория полета «Цзюэцяо» от Земли до точки L2 системы Земля–Луна

топлива и CZ-2B со ступенью на перспективном кислородно-водородном топливе, причем последняя обеспечивала существенно большую грузоподъемность – 1400 кг против 900 кг. Конечно, второй вариант представлял и больший технический риск, однако он оправдался: весной 1984 г. со второй попытки ракета с новым названием CZ-3 доставила спутник на требуемую орбиту.

Первая же версия, которая в 1977 г. получила обозначение CZ-4, осталась без применения. На ее базе был разработан носитель CZ-4A для запусков на солнечно-синхронные орбиты, который дебютировал в сентябре 1988 г. на космодроме Тайюань. После первых двух пусков ракету модернизировали до варианта CZ-4B, а апреле 2006 г. начала летать версия CZ-4C с двумя включениями ДУ третьей ступени.

Вот ей-то и была поручена задача отправки к Луне аппарата «Цзюэцяо», слишком легкого для ракет семейства CZ-3. Основной КА размещался на опорном конусе с кольцом 937 мм под коротким обтекателем одного диаметра с третьей ступенью (2.90 м), а два дополнительных микроспутника – на дополнительных площадках, смонтированных с двух сторон на боковой поверхности конуса.

Поскольку ни CZ-4C, ни ее предшественники никогда не пускались с Сичана, потребовалась доработка пусковой установки №3 и адаптация системы заправки, а также подготовка боевого расчета. С этой целью еще в апреле 2016 г. более десяти ключевых специалистов, в том числе будущий «ноль-первый» Чжан Гуанбинь (张光斌), были командированы в Цзюэюань и на предприятие-изготовитель, чтобы затем определить круг новых обязанностей, назначить ответственных и подготовить исполнителей. Доработки на стартовом комплексе проводились с начала 2017 г. параллельно с обеспечением пусков. В Шанхае тем временем изготовили еще один комплект транспортных агрегатов для перевозки ступеней носителя в пределах космодрома.

В середине апреля Сичан принял носитель CZ-4C №Y27 в десяти основных элементах и обеспечил 45-суточный цикл испытаний и подготовки. 8 мая ракета была собрана на старте. Спутник «Цзюэцяо», доставленный 15 апреля, смонтировали на ней 14 мая.

Еще 8 января Синьхуа сообщило, что запуск запланирован на май 2018 г. Точную дату – 21 мая нидерландские специалисты назвали в начале апреля. Она была официально подтверждена китайской стороной

Расчетная циклограмма запуска спутника «Цзюэцяо»	
Время	Событие
0.0	Старт
152.8	Выключение ДУ 1-й ступени
154.0	Отделение 1-й ступени
244.0	Сброс обтекателя
293.2	Отделение 2-й ступени
560.7	Выключение двигателя 3-й ступени
1321.0	Второе включение двигателя 3-й ступени
1461.5	Выключение двигателя 3-й ступени
1531.5	Отделение КА

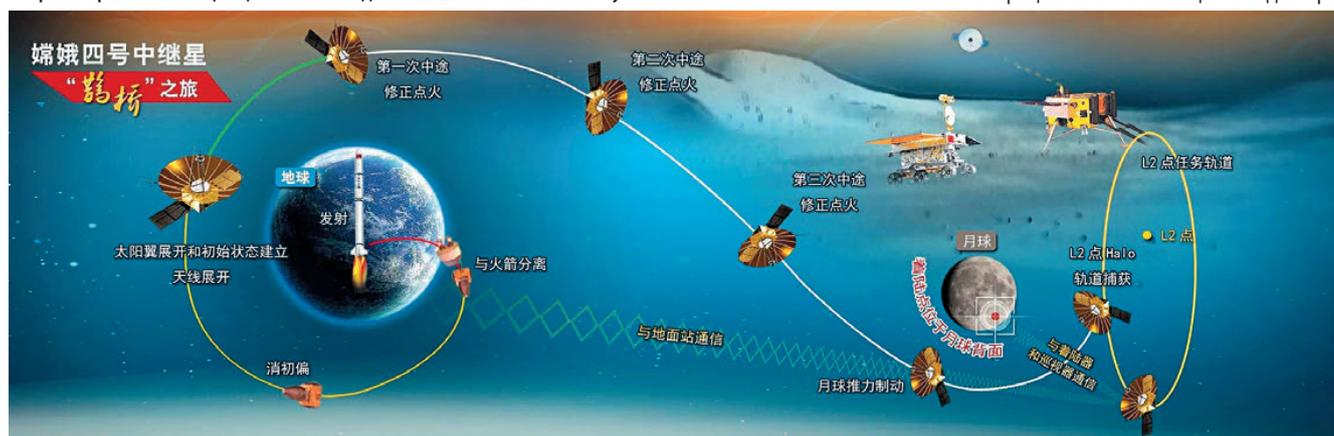
18 мая – тогда же, когда появились предупреждения о падении второй ступени в Южно-Китайском море к востоку от Тайваня.

Китайское руководство не дало разрешения на прямую трансляцию пуска, несмотря даже на то, что группа частной телекомпании Phoenix TV снимала старт. В результате за этим интереснейшим событием пришлось следить по лаконичным репликам в твиттере нидерландских специалистов и по ужасного качества видео, которое кто-то гнал на свой страх и риск с телефона.

Выведение продолжалось 25.5 мин (табл.) и обеспечивалось китайскими наземными станциями и выведенными в Тихий океан кораблями «Юаньван-7» и «Юаньван-6», которые впервые осуществляли не только передачу данных в Пекин, но и информационный обмен с центром управления запуском на космодроме Сичан в режиме реального времени.

В 06:00 пекинского времени от радиолюбителей Харбинского технологического института поступила информация об отделении двух попутных КА. В 06:27 голландцы сообщили об успешном отделении «Цзюэцяо» и разрывании его солнечных батарей. Наконец, в 06:32 успех пуска и выход на орбиту перелета к Луне подтвердила ответственная организация – корпорация CASC, а информационное агентство Синьхуа подтвердило раскрытие солнечных батарей и развертывание основной 4.2-метровой антенны. Как потом стало известно, антенна стала раскрываться в 06:20, через 27 минут после отделения КА.

«Цзюэцяо» был выведен на орбиту спутника Земли, обеспечивающую сближение с Лунной вблизи апогея первого витка. По объявленным до запуска планам перелет от Земли до Луны рассчитывался либо на 112, либо на 136 часов. В реальности была реализована первая схема. На траектории было заложено три коррекции – через 17 и 38 часов после старта и за 24 часа до встречи с Лунной; потребовалась только первая. Китай больше ничего официально не сообщал о ходе пере-



лета, однако радиолобители отслеживали «Цюэцяо» на частоте 2234.5 МГц. Расчеты показывали, что КА пройдет на высоте 110 км над Луной 25 мая в 21:41 пекинского времени (13:41 UTC).

Вскоре после этого появилось сообщение о том, что в соответствии с инструкциями Центра управления полетом в Пекине в 21:32 аппарат начал и в 21:46 закончил тормозной импульс на высоте около 100 км над Луной. Приращение скорости порядка 200 м/с было недостаточным для выхода на орбиту вокруг нее, но уменьшило величину отлетной скорости и обеспечило дальнейшее движение в направлении точки Лагранжа L2 в течение следующих четырех суток\*.

В период с 29 мая по 15 июня аппарату предстояло выполнить еще три маневра. Опубликованы данные на последний из них: двигатели КА были включены 14 июня в 11:00 и выключены в 11:06 пекинского времени, и в результате «Цюэцяо» впервые в истории космонавтики вышел на так называемую гало-орбиту вокруг L2\*\*. Обращаясь по ней в 455 000 км от Земли и примерно в 65 000 км позади Луны с амплитудой около 13 000 км и периодом обращения около 14 суток, аппарат будет постоянно видеть как Землю, так и расчетный район посадки «Чанъэ-4». Поскольку гало-орбита вокруг L2 неустойчива, раз в семь суток будет проводиться ее коррекция.

### «Лунцзян»: половина успеха

Что же касается двух попутных аппаратов, то их судьба сложилась еще интереснее, но с официальным объявлением о ней Китай тянул вплоть до 14 июня.

По плану два КА DSLWP после отделения от третьей ступени должны были совершить перелет к Луне с торможением вблизи периселения и выходом на вытянутую окололунную орбиту. В ходе дальнейшего маневрирования аппараты должны были сблизиться и осуществлять полет строем на заданном расстоянии.

Сразу после старта НТ сообщил о нормальном состоянии обоих КА, и уже к 06:34 наличие сигналов от них подтвердили радиолобители Чили и Бразилии. Позднее 54-й институт официально сообщил, что хочешь телетметрия со спутника А была получена 21 мая в 06:20, а со спутника В – в 06:33. В то же время после 21 мая радиолобители слышали лишь один «Лунцзян» с техническим обозначением DSLWP-B. Он вел передачу и в штатном S-диапазоне на частоте

2275 МГц, и в радиолобительском УКВ-диапазоне на выделенных ему частотах 435.4 и 436.4 МГц.

Вечером 25 мая Вэй Минчуань (韦明川, BG2BHC), отвечающий за радиолобительскую аппаратуру на «Лунцзянах», сообщил в твиттере, что спутник DSLWP-B вышел на орбиту вокруг Луны. Позднее это сообщение было удалено, хотя прием радиосигналов с DSLWP-B продолжался. 31 мая появилось анонимное сообщение, что DSLWP-A тоже стал спутником Луны, но за этим не последовало приема сигналов в каком-либо диапазоне.



▲ Два снимка Земли над краем Луны, сделанные саудовской камерой с борта DSLWP-B и опубликованные 14 июня 2018 г.

Как следствие, известный американский эксперт Джонатан МакДауэлл сделал вывод, что только один аппарат смог выполнить маневр и перейти с пролетной траектории на орбиту спутника Луны наклонением 21° и высотой 350×13 800 км; второй же вышел из строя на трассе перелета и пролетел мимо Луны, сорвав тем самым запланированную программу интерферометрических радионаблюдений.

6 июня 54-й институт выпустил заявление, из которого можно было понять, что оба спутника «Лунцзян» вышли на орбиту. Было сказано, что 27 мая в 18:10 пекинского времени включили бортовую аппаратуру передачи научной информации и что к 19:00 анализ показал, что данные проходят штатно. Этот же источник сообщил, что по цифровому каналу были переданы снимки обратной стороны Луны.

Точку в дискуссии поставило сообщение Синьхуа от 14 июня. В нем со ссылкой на ГУОНТП говорилось, что «Лунцзян-2» (то есть DSLWP-B) успешно выполнил перелет

до Луны за 113 часов и 25 мая в 22:00 пекинского времени выдал тормозной импульс с переходом на орбиту высотой 350×13 800 км. А вот «Лунцзян-1» действительно имел проблему с управлением на траектории полета к Луне и в результате на орбиту не вышел.

С одной стороны, это означает, что запланированный эксперимент по длинноволновому интерферометрическому наблюдениям не состоится. С другой – проект DSLWP был реализован как попутный при жестких ограничениях, и его стопроцентный успех не был гарантирован и не требовался для решения основной задачи запуска.

Следует также отметить, что «Лунцзян-2» (DSLWP-B) стал первым в истории КА такого класса, которому удалось самостоятельно достичь Луны и выйти на орбиту вокруг нее. Стоит вспомнить, что первые спутники Луны, как советские, так и американские, имели массу 250 кг и выше. Два американских микроспутника массой 38 кг работали на окололунных орбитах в начале 1970-х годов, однако их доставили пилотируемые корабли Apollo 15 и 16. Уже в наше время японские аппараты Okina и Ouna примерно такой же массы (53 кг) были выведены на орбиту материнским аппаратом Kaguya.

Единственным миниатюрным изделием, предназначенным для самостоятельного перехода на окололунную орбиту, был японский Hiten. Этот спутник массой 12 кг был отделен от аппарата-носителя Nagoromo\*\*\* и 18 марта

1990 г. во время пролета у Луны выполнил торможение, выйдя на орбиту высотой 7400×20 000 км. К сожалению, доказательством этого стали лишь оптические наблюдения, поскольку передатчик спутника отказал еще 21 февраля, и никакой информации с него получено не было. Ну и принципиальным отличием «Лунцзяна-2» является отсутствие «попутного транспорта»: весь путь до Луны с навигацией, коррекциями и выходом на орбиту он проделал самостоятельно.

В тот же день, 14 июня, глава Китайской национальной космической администрации Чжан Кэцзянь и председатель Центра имени короля Абдулазиза принц Турки продемонстрировали три первых снимка, сделанные саудовской камерой на спутнике «Лунцзян-2». Было объявлено, что камера была впервые включена на окололунной орбите 28 мая и в ходе дальнейших испытаний передала как четкие снимки Луны, так и фотографии системы Земля–Луна.

Остается добавить, что третья ступень PH прошла мимо Луны 25 мая в 22:03 пекинского времени на дистанции около 9900 км и существенно изменила параметры околоземной орбиты – наклонение уменьшилось до 14,5°, а минимальная и максимальная высоты составили 17 000 км и 444 000 км соответственно. По предварительным данным, 25 сентября она войдет в земную атмосферу и прекратит существование. ■

\* Подобная траектория была опробована в ноябре–декабре 2014 г. экспериментальным аппаратом CE5-T1 (НК № 3, 2015).

\*\* Два американских спутника THEMIS прошли через область L2 с целью выхода на окололунные орбиты. Служебный модуль китайского аппарата CE5-T1 находился на орбите вокруг L2 краткое время – с 27 ноября 2014 г. по 4 января 2015 г.

\*\*\* Впоследствии на орбиту удалось перевести и сам Nagoromo, но это не входило в первоначальную программу полета и потребовало длительных и хитроумных маневров.

# Геофизические близнецы плюс пять «химических элементов»

22 мая в 12:47:58 PDT (19:47:58 UTC) со стартового комплекса SLC-4E авиабазы ВВС США Ванденберг (штат Калифорния) стартовые расчеты компании SpaceX при содействии 30-го космического крыла ВВС США осуществили пуск ракеты Falcon 9 FT с пятью спутниками связи Iridium NEXT и двумя научными аппаратами GRACE-FO в интересах NASA и Германского аэрокосмического центра DLR.

Старт и полет носителя прошли в штатном режиме. В результате первого включения ДУ второй ступени была достигнута околокруговая орбита высотой около 500 км, на которой были отделены два спутника GRACE-FO. После второго была сформирована эллиптическая орбита 495×715 км, куда были доставлены пять «Иридиумов».

Наименования запущенных КА, их номера и международные обозначения в каталоге Стратегического командования США, а также параметры начальных орбит приведены в таблице.

Напомним: в июне 2013 г. было решено, что два геодезических спутника GRACE-FO запустят в космос на украино-российской РН «Днепр» с космодрома Байконур, и в декабре был подписан контракт с «Космосраом». Расчетной датой старта было 5 августа 2017 г. Однако вследствие сложившейся в последние годы политической ситуации эксплуатации носителя «Днепр» была приостановлена.

Помимо того, что «зависли» GRACE-FO и испанский КА PAZ (НК №4, 2018), эта ситуация нарушила и планы фирмы Iridium

Communications Inc., которая в июне 2011 г. подписала соглашение об использовании «Днепра» для обновления своей спутниковой группировки, а в августе 2012 г. выдала контракт на выведение в 2015 г. двух первых спутников Iridium NEXT. В результате в ноябре 2016 г. две организации – Iridium и GFZ – договорились «пересечь» на Falcon 9, разместив свои аппараты на одной ракете и поделив пусковые затраты.

Спутники расположили «в два этажа»: внизу – адаптер (500 кг) с пятью «Иридиумами» (по 860 кг), вверху – адаптер с двумя GRACE-FO (по 600 кг). Суммарная масса КА составила 5500 кг.

Заказ на запуск, восьмой для Iridium NEXT, разместили 31 января 2017 г. владельцы американской связной группировки. Старт намечался в период с декабря 2017 г. по февраль 2018 г., но вскоре сдвинулся на июнь. В октябре 2017 г. было решено поменять последовательность пусков, и в результате «комбинированный» груз стал шестым по счету, а дата вернулась на 21 марта 2018 г. В декабре последовал сдвиг на 14 апреля, а в середине января Iridium заявила, что пуск состоится в середине-конце апреля. В феврале он стоял в плане на 28 апреля, в марте сдвинулся на 10 мая, а 9 апреля была назначена дата 19 мая. Из-за задержки в подготовке носителя пуск был перенесен на 21 мая, а 15 мая по условиям полигона сдвинут еще на сутки. 18 мая состоялось огневое испытание ДУ первой ступени, а 22 мая в назначенное время Falcon 9 стартовал.

Этот пуск Falcon 9 стал десятым для SpaceX в 2018 г. Первая ступень B1043.2 была «проверена в полете»: она уже использовалась при запуске 7/8 января сего года секретного американского спутника Zuma с флоридского стартового комплекса SLC-40 и приземлилась тогда в зоне LZ-1 на мысе Канаверал (НК №3, 2018, с.26-29). Сделав ступени «маникюр» на фирме Илона Маска в пригороде Хоторна (Калифорния), 19 марта ее отправили на Ванденберг.

Попытка спасения B1043.2 не предпринималась, вместе с тем SpaceX продолжила тесты по сбору дополнительных данных во время выполнения импульсов для входа в атмосферу и при посадке. Для поимки створок головного обтекателя был вызван «ловчий» – судно Mr Steven с «крутой новой сетью». Половинки, следуя заданию, отделились от носителя, но упали в Тихий океан, поскольку Mr Steven, хотя и был в зоне их падения, но не смог их поймать. В SpaceX заявили, что надо продолжить работу.

Штатный фотограф NASA Билл Ингаллс (Bill Ingalls) для съемки старта ракеты поставил камеру так близко к «Соколу», что она подгорела и пришла в негодное состояние, но все же умудрилась перед «отключкой» сделать некоторые снимки.



Данные на объекты запуска

22 мая 2018 г.

Наименование	Номер	Межд. обозн.	Параметры орбиты			
			i	Нр, км	На, км	P, мин
Iridium 161	43478	2018-047C	86.71°	495.1	713.1	96.781
Iridium 152	43479	2018-047D	86.71°	495.7	712.9	96.785
Iridium 147	43480	2018-047E	86.71°	496.3	712.6	96.788
Iridium 110	43481	2018-047F	86.71°	495.3	716.2	96.814
Iridium 162	43482	2018-047G	86.71°	495.9	715.8	96.816
GRACE-FO 1	43476	2018-047A	89.00°	493.1	499.5	94.580
GRACE-FO 2	43477	2018-047B	88.99°	491.6	500.0	94.569
Фрагмент	43483	2018-047H	89.04°	487.3	496.9	94.477

## Iridium NEXT

SpaceX в шестой раз любезно предоставила свои услуги компании Iridium Communications, доведя количество новых спутников на орбите до 55 единиц. До этого было выполнено пять пусков с десятком «Иридиумами» на каждой ракете – первый состоялся 14 января 2017 г., а последний 30 марта 2018 г. (НК №5, 2018, с.44). В июле и сентябре предстоит отправить на орбиту еще два десятка КА, после чего 66 из 75 будут введены в эксплуатацию, девять останутся в орбитальном резерве и еще шесть – в наземном. Последние спутники Iridium NEXT планируется ввести в строй через 30 суток после восьмого запуска.

В настоящее время Iridium обладает единственной сетью спутниковой связи, простирающейся на весь земной шар. «Молодое поколение» призвано заменить технически устаревшие спутники, первые из которых встали на «космическую службу» еще в 1997 г. Таким образом, Iridium NEXT является одной из крупнейших «технологических модификаций» в истории космонавтики. Процесс полной замены аппаратов на орбите в подобных масштабах окончательно не был проведен еще ни разу.



Перед шестым стартом в составе системы было уже 47 КА второго поколения и оставалось 19 экземпляров первого. Из числа выведенных из нее аппаратов 25 успешно выполнили снижение орбиты, а 15 из них уже вошли в атмосферу. Процесс увода завершится до конца 2018 г.

Спутники системы Iridium, как первого поколения, так и второго, располагаются в шести орбитальных плоскостях – по 11 в каждой – на круговых околополярных орбитах наклонением  $86.4^\circ$  к экватору и высотой 778 км. Изначально планировалась группировка из 77 аппаратов, а не 66, и они были названы в честь химического элемента «иридий», атомный номер которого 77.

Шестой пуск, как и первый, был выполнен в шестую орбитальную плоскость. Перед запуском глава компании Iridium Communications Inc. Мэттью Деш (Matthew J. Desch) сообщил, что два КА из пяти запущенных пойдут в орбитальный резерв. Так и должно быть, потому что из 10 спутников в первом пуске два были переведены из 6-й плоскости в другие. По словам Деша, после ввода трех аппаратов в строй будут полностью переведены на новые спутники три плоскости из шести.



▲ Аппараты GRACE-FO на сборке в компании Airbus

Новая группировка спутников Iridium NEXT предоставит свежие инновационные продукты и услуги, включая Iridium Certus SM – новое решение компании по предоставлению широкополосной сети следующего поколения для специализированного применения: безопасные услуги, данные и связь, удаленный контроль и многое другое. Новые спутники более «быстрые» в передаче данных и несут на борту устройства приема данных, позволяющие отследить перемещения летательных аппаратов. Некоторые КА имеют приемник для отслеживания морских судов.

## Близнецы GRACE-FO

Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-on (GRACE-FO) – это два идентичных спутника, которые будут работать парой, в «сомкнутом строю». Формальный перевод названия включает компоненты «восстановление гравитационного поля», «климатический эксперимент» и «повтор».

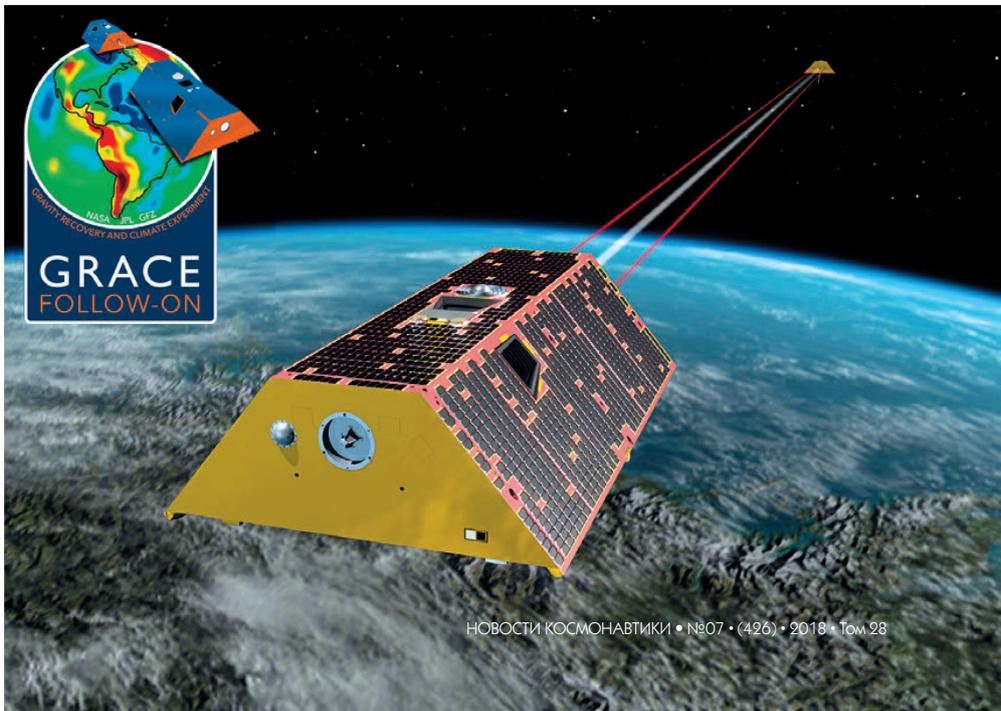
Имя КА и содержание эксперимента отсылают нас к проекту GRACE по высокоточному определению параметров гравитационного поля Земли, который был реализован в 2002–2017 гг. NASA и DLR с основными участниками в лице американской Лаборатории реактивного движения JPL и германского Центра геофизических исследований GFZ.

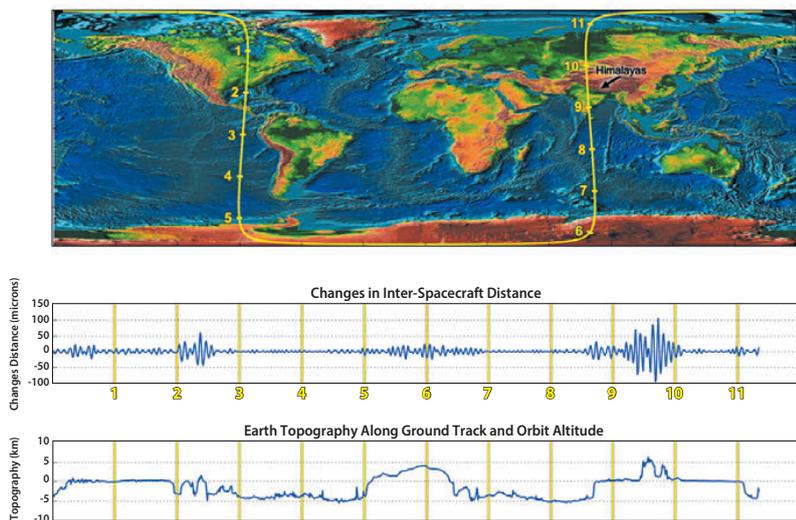
Два оригинальных КА GRACE были запущены 17 марта 2002 г. на российской РН

«Рокот» с РБ «Бриз-КМ» (НК №5, 2012) на такую же орбиту, что и их наследники. Постепенно снижаясь с 495 до 325 км, они отработали в паре пятнадцать лет вместо пяти по заданию, получив исключительно ценные данные не только о самом гравитационном поле Земли, но и о динамике перемещения земных масс – подъеме коры в зонах таяния ледников, ее опускании в областях активного расходования грунтовых вод, подъеме уровня Мирового океана и т.п.

В сентябре 2017 г. на GRACE-2 возникла проблема с аккумуляторной батареей, связанная с ее возрастом. К середине октября стало ясно, что оставшейся емкости недостаточно для питания научных инструментов и передатчика телеметрии. Как следствие, было принято решение о прекращении работы с GRACE-2 и об использовании GRACE-1 до конца 2017 г. для заключительной калибровки бортового акселерометра в ходе маневров с использованием остатков топлива. GRACE-2 неуправляемо сошел с орбиты 23 декабря 2017 г., а GRACE-1 – 10 марта 2018 г.

Повторный эксперимент GRACE FO строится по той же схеме, что и оригинальный. Два идентичных аппарата, двигаясь по околоземной орбите на дистанции в 220 км друг от друга, будут фиксировать мельчайшие вариации расстояния между ними, появляющиеся из-за различий величины гравитационного потенциала в местах текущего нахождения каждого из спутников. Научная





▲ Пример записи гравитационных аномалий на GRACE-FO. Хорошо видны сигналы от гор Центральной Америки (между точками 2 и 3), Антарктиды (6) и особенно от Гималаев (между 9 и 10)

программа получила акцент на определении вариаций потенциала, так как статическая часть земного гравитационного поля в рамках проекта GRACE уже установлена с великолепной точностью. Так, ошибка в форме геоида на масштабе 300 км, составлявшая ранее 20–90 см, теперь сведена к 1 см и лучше.

Американская JPL подписала 29 ноября 2012 г. контракт с Airbus Defence and Space на изготовление двух новых спутников. За основу была взята платформа Flexbus, как и у первой пары. Корпус спутника примечателен своей формой: это призма с сечением в виде трапеции, шириной нижнего основания 1.94 м, верхнего – 0.69 м и высотой 0.78 м. Длина корпуса КА – 3.12 м. Масса каждого спутника (включая рабочее тело ДУ) составляет 600.2 кг.

Верхняя и боковые плоскости покрыты арсенид-галлиевыми фотоэлементами, вырабатывающими энергию (355 Вт в среднем за виток) и заряжающими литий-ионный аккумулятор емкостью 78 А·ч. Система ориентации и стабилизации использует GPS-приемник, звездный датчик, грубые датчики Земли и Солнца, трехкомпонентный магнитометр, инерциальное измерительное

▼ Два GRACE-FO пристыкованы к диспенсеру



устройство, шесть магнитных исполнительных элементов и двигательную установку на холодном газе, включающую бак с 31.3 кг азота и 14 сопел: два тягой по 40 мН и 12 тягой по 10 мН.

Основной полезной нагрузкой каждого КА является микроволновой дальномер MWI (Microwave Ranging Instrument), известный также как дальномер К-диапазона KBR (K-Band Ranging). Для определения расстояния между аппаратами MWI использует метод двойной односторонней дальнометрии. Для этого посылаются сигналы диапазонов К (24 ГГц) и Ка (32 ГГц), принимаемые вторым спутником. Затем «близнецы» сравнивают фазы сигналов для выявления изменений в их относительном положении с точностью до нескольких микрометров.

На борту GRACE-FO размещен также лазерный дальномер-интерферометр (LRI, Laser Ranging Interferometer) – экспериментальный прибор, использующий лазеры для замера расстояния между двумя КА. Их показания можно сравнить с данными MWI и тем самым проверить правильность заявленных характеристик лазеров, которые могут стать главными инструментами на будущих спутниках для измерения гравитационного поля.

Трехосный электростатический акселерометр призван идентифицировать любые негравитационные силы, влияющие на движение КА в пространстве. Чтобы центр масс КА совпадал с пробной массой акселерометра, используется шесть подстроечных грузов.

Блок из четырех лазерных световозвращателей на нижней плоскости КА и GPS-приемник будут использованы для высокоточных навигационных измерений и выстраивания точных моделей орбит.

GPS-приемники также должны использоваться для зондирования атмосферы над краем Земли (limb-sounding). Смысл данной техники заключается в измерении задержки и преломления сигналов, проходящих через земную атмосферу, для расчета ее параметров, таких как температура, давление и влажность. За сутки на каждом из спутников будет строиться 200–250 таких профилей.

По радиоканалу S-диапазона с каждого КА ежесуточно будет сбрасываться до

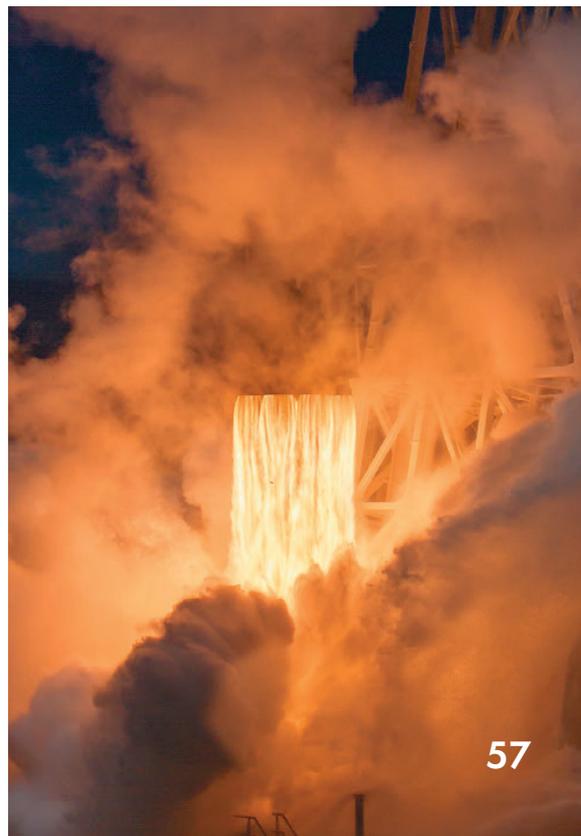
3.7 Гбайт данных. Их обработка возложена на германский Центр данных ДЗЗ в Нойштрелтце.

К 26 мая два GRACE-FO уравнили высоты своих орбит и выстроились друг за другом. После тщательных проверок бортовой аппаратуры, на которые отведено 85 суток, они займутся картированием постоянной составляющей земного гравитационного поля и ежемесячно – его текущего состояния, выстраивая модель соответствующих изменений в распределении планетарной массы. Данная модель жизненно необходима для понимания круговорота воды в природе (испарение и выпадение в виде дождя и снега) как фактора гравитационных вариаций. Кроме того, аппаратам ставится задача обнаружить изменения во внутреннем строении нашей планеты: например, куда перемещается материя, движимая землетрясениями, а также явления изменения массы, которые могут повлиять на вращение Земли.

Расчетная длительность работы «двойников» – свыше пяти лет.

Стоит напомнить, что старина GRACE вдохновил NASA еще на один проект – GRAIL (Gravity Recovery and Interior Laboratory), в рамках которого два аппарата были выведены на окололунную орбиту для построения гравитационной карты нашего спутника. В результате были получены данные о внутреннем строении этого небесного тела. ■

▼ «Боевые потери» фотографа NASA Билла Ингаллса и снимок с погибшей камеры





## Последняя модификация Falcon 9?

И. Афанасьев.

«Новости космонавтики»

Система, запустившая спутник Vangabandhu-1 (см. с. 47–48), – самый новый и совершенный вариант двухступенчатого носителя Falcon 9 американской компании SpaceX, относящегося к средствам выведения среднего и тяжелого класса. На обеих ступенях ракеты стоят жидкостные кислородно-керосиновые двигатели Merlin-1D – девять с короткими («земными») соплами на первой ступени и один с длинным («высотным») соплом на второй. Двигатели монтируются в карданных подвесах и имеют возможность повторно включаться в полете.

Изделие строится по тандемной схеме. В каждой ступени бак окислителя (сверху) совмещен с баком горючего (снизу) через днище-перегородку. Баки выполнены из алюминийно-литиевого сплава, имеют несущие стенки. Для снижения расходов на производство и обслуживание ракеты вторая ступень является укороченной копией первой и изготавливается с использованием тех же материалов, производственных инструментов и технологических процессов. Обечайки бака окислителя обеих ступеней собраны из фрезерованных панелей и не имеют силового набора, а бака горючего – подкреплены изнутри продольными и поперечными силовыми элементами. Окислитель поступает в двигатели через трубопровод, проходящий через центральный тоннель бака горючего. Емкости с топливом наддуваются сжатым гелием из баллонов, установленных внутри бака окислителя.



Ступени соединяет переходник с оболочкой из алюминийно-углепластикового композита, закрывающий двигатель второй ступени и содержащий пневмомеханизмы разделения ступеней.

На вершине второй ступени расположен головной обтекатель, защищающий полезную нагрузку от аэродинамических, температурных и акустических воздействий во время полета в атмосфере. Он состоит из двух полуоболочек, разделяемых продольно при сбросе с помощью пневмомеханизма. Как и переходной отсек, обтекатель изготовлен из алюминийно-углепластикового композита; при запуске корабля Dragon он не используется.

Каждая ступень оснащена блоками радиоэлектронного оборудования и бортовыми полетными компьютерами, контролирующими параметры полета. Для повышения точности выведения в дополнение к автономной инерциальной системе используются сигналы спутниковой навигационной системы GPS.

Циклограмма пуска предусматривает возможность остановки процедуры запуска на основании проверки двигателей и систем носителя перед стартом. Ракета удерживается на стартовом столе четырьмя специальными зажимами, раскрывающимися после выхода всех девяти двигателей первой ступени на полную тягу. При обнаружении неполадок запуск останавливается, и – в случае необходимости – компоненты топлива сливаются.

Ракета способна выполнять полет при аварийном выключении одно-

го-двух из девяти двигателей первой ступени: в такой ситуации полетные компьютеры пересчитывают программу выведения, а оставшиеся работоспособные двигатели функционируют дольше для достижения необходимой скорости и высоты. Аналогичным образом меняется полетная программа второй ступени.

Block 5 – последняя крупная модернизация\* ракеты, призванная подвести черту под десятилетиями эволюции Falcon 9. Список основных изменений в конструкции включает:

- ◆ увеличение тяги двигателей Merlin-1D со 176 до 190 тысяч фунтов (79.8 и 86.2 тс соответственно);
- ◆ модернизацию оборудования, используемого для возвращения первой ступени;
- ◆ новое теплозащитное покрытие первой ступени;
- ◆ удовлетворение требований NASA по безопасности в пилотируемых полетах.

Предполагается, что в результате проведенных доработок время подготовки вернувшейся первой ступени к новому пуску уменьшится до 48 и даже до 24 часов, ракетный блок сможет выполнить до первого полноценного обслуживания и ремонта 10 полетов, а его полный ресурс составит 100 полетов.

Кроме того, Falcon 9 Block 5 достигнет ранее заявленной грузоподъемности: при стартовой массе около 550 т ракета, имеющая высоту 70 м и диаметр 3.7 м, способна

\* Впрочем, основатель, руководитель и главный конструктор SpaceX Илон Маск не исключает внесения в проект мелких изменений (в том числе по требованиям федеральных или коммерческих заказчиков), которые будут не столь значительны, чтобы присвоить ракете следующее обозначение. «Не будет Block 6. Мы намерены остановиться на Block 5», – сказал он по этому поводу.

вывести на геопереходную орбиту 5500 кг с возвратом первой ступени или 8300 кг без возврата. Масса груза, выводимого на низкую околоземную орбиту в одноразовом варианте, составит 22800 кг.

Основные отличия Block 5 от предыдущих вариантов подробно прокомментировал сам Илон Маск, отвечая на многочисленные вопросы журналистов 10 мая на предполетной пресс-конференции. По его словам, это будет последняя модификация Falcon 9 перед ракетой BFR (НК №11, 2016, с.26-31; №11, 2017, с.50-54), которая станет основой бизнеса SpaceX. «Мы полагаем, что до «выхода на пенсию» состоится примерно 300 рейсов Falcon 9 Block 5, а может быть, и больше», – заявил Маск.

Одной из основных целей разработки Block 5 было упрощение процесса повторного использования. По словам Маска, уже предыдущий вариант (Block 4) в теории мог бы стартовать от 4 до 10 раз\*, но при условии весьма трудоемкого межполетного обслуживания\*\*. Понятно, что таким образом добиться реальных преимуществ от многократного применения матчасти невозможно – не позволит экономика.

По словам Маска, на первую ступень ракеты Falcon 9 приходится примерно 60% от всех затрат на пуск, на вторую – 20%, обтекатель – 10%, еще 10% – «наземка» и все остальное. Поэтому если использовать первую ступень всего четыре раза, затраты на пуск упадут не более чем на 45% по сравнению с однократным применением.

«Ключевой особенностью обновленного носителя является то, что он предназначен для выполнения десяти или более полетов без межполетного ремонта (или по крайней мере при нерегулярном ремонте между рейсами). Мы же рассчитываем, что [первые ступени] Block 5 способны использоваться не менее 100 раз, а может и больше», – сообщил глава компании.

Вместе с тем, считает он, до демонстрации столь выдающихся результатов у Falcon 9 просто не хватит времени, поскольку его заменит BFR.

Тем не менее SpaceX, по словам Маска, намерена не позднее 2019 г. выполнить два орбитальных запуска одной и той же ступе-

**i** По мнению главы SpaceX, в идеале между полетами хотелось бы вообще не проводить никаких серьезных работ со спасенной ступенью. «Буквально: следует забрать ракету с посадочной площадки, повернуть горизонтально, сложить «ноги», доставить ее на старт, прикрепить верхнюю ступень, поставить обтекатель с грузом, затем транспортировать на старт, повернуть вертикально, заправить жидкостями\* и запустить. В принципе это все, что необходимо».

Тем не менее Маск признался, что находится на грани нервного срыва: «Создать ракету орбитального класса очень тяжело, а такую, которая может слетать туда-обратно сто раз – безумно тяжело... Начиная с 2002 г. нам потребовалось 16 лет экстремальных усилий и много-много итераций, а также тысячи небольших, но важных изменений в разработке».

\* Заправка носителя компонентами топлива стоит порядка 300–400 тыс \$, то есть составляет менее 1% от объявленной цены на пуск.

ни Block 5 в течение 24 часов: «Потребуется соблюсти некоторые условия... Мы будем очень осторожны, но, по-моему, это замечательно – запустить на орбиту одну и ту же ракету... дважды за один день. При этом в один день необходимо сделать довольно много работы: в основном она заключается в транспортировке ступени с посадочной площадки обратно на старт, установке нового спутника на ракету, заправке и запуске. Реализовать все это в течение 24-часового периода, при сохранении очень высокого уровня надежности обеспечения миссии, чрезвычайно сложно...»

«Мы не ожидаем, что между полетами одной и той же ступени [Block 5] нужно будет проводить какое-то серьезное техобслуживание, – подход будет таким же, как к самолетам между рейсами. Однако после первых десяти полетов ступени уже понадобится некоторый объем обслуживания», – поясняет руководитель SpaceX.

По его мнению, важнейшим условием разработки Block 5 стало соблюдение «тысячи разнообразных требований, выставленных NASA для придания ракете статуса пилотируемой». «Не хочу глгзлить, но эта ракета действительно призвана стать самым надежным носителем из когда-либо



Фото SpaceX

созданных», – заявил главный конструктор Falcon 9.

Илон Маск подчеркнул, что доведение параметров Block 5 до нужных требований безопасности требует весьма существенных усилий: «Обеспечить прочность, не делая ракету тяжелой, сложно. Это хардкор... Обслуживание ракеты должно быть способно противостоять многочисленным отказам, которые могут произойти, и завершить полет благополучно». Например: если беспилотная ракета рассчитывается на прочность с коэффициентом безопасности 1.25, то пилотируемая уже с коэффициентом 1.4.

Не так давно\*\*\* эксперты по безопасности пилотируемых полетов в NASA выражали сомнения в допустимости заправки Falcon 9 переохлажденными компонентами топлива в момент, когда экипаж уже находится в корабле. Это вызвано опасениями по поводу работоспособности композитных баллонов высокого давления COPV (Composite Overwrapped Pressure Vessel), где хранится гелий системы наддува. Однако, по мнению главы SpaceX, эта проблема необоснованно раздута.

«В разработку и обеспечение безопасности COPV вложена гигантская масса усилий. Сейчас в компании самые совершенные

\* В реальности первые ступени летали не более двух раз.

\*\* Промежуток между полетами предыдущей версии Falcon 9 можно было бы довести до 10 дней, но с вступлением в строй Block это оказалось не нужно.

\*\*\* После аварии 1 сентября 2016 г. (НК №11, 2016, с.32-37).



Фото Tom Cross / Esprit

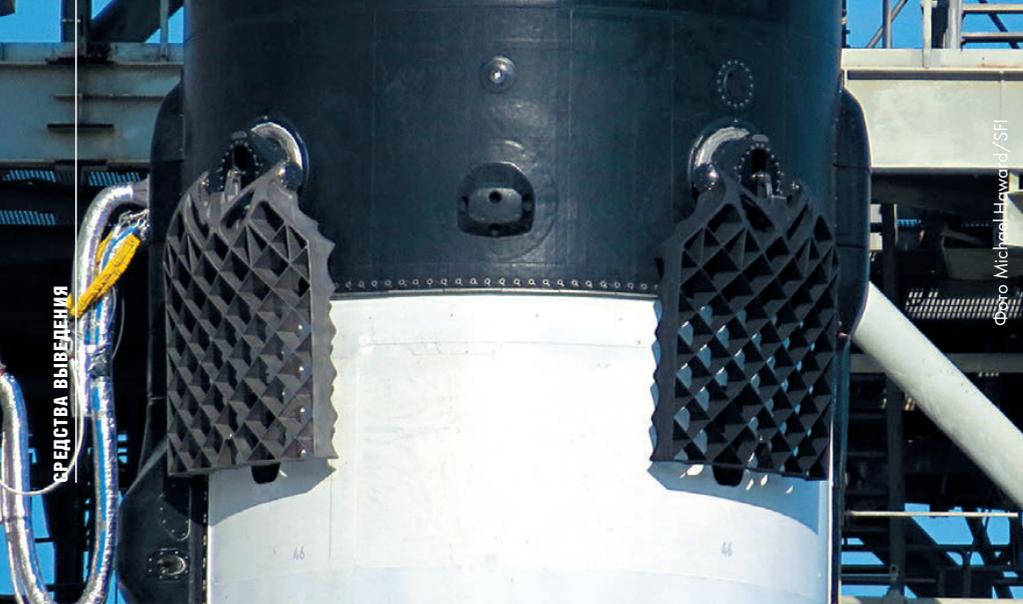


Фото: Michael Howard/SFI

#### ▲ Титановые решетчатые стабилизаторы уже были испытаны на Block 4

композитные баллоны в истории человечества\*, – утверждает он. – Мы, конечно же, могли бы провести заправку, а затем посадить астронавтов в корабль. Но, сознайтесь, довольно глупо говорить пассажирам авиалайнера: «Вы знаете, сейчас самолет заправляют топливом, и вы не можете заходить в салон». Это нормально – заливать топливо во время посадки [экипажа] – это не фундаментальный риск... Но если по какой-либо причине NASA посчитает иначе, мы сможем скорректировать наши оперативные процедуры, чтобы заправлять ракету перед посадкой астронавтов».

Последняя глобальная модернизация Falcon 9 проходила под знаком того, что деятели IT-индустрии называют «накопительными обновлениями» (cumulative updates) – небольшими, но важными изменениями в конструкции, влияющими на работоспособность и «потребительские качества» всей системы в целом.

Так, тяга двигателей Merlin 1D первой ступени выросла примерно на 8% и достигла 86.2 тс на уровне моря. Впрочем, и это не предел. Как считают в SpaceX, есть резерв повышения тяги процентов на 10 или около того, как и возможность увеличения удельного импульса на несколько единиц. В настоящее время эти двигатели являются мировыми рекорсменами по удельной массе. Что касается высотного Merlin Vac, то его тяга выросла на 5% – до 100 тс. Кстати, в первом полете двигатели обеих ступеней

#### ▼ Измененные посадочные опоры первой ступени



Фото: Michael Howard/SFI

не работали на предельной мощности – это было предусмотрено для оценки увеличения вибраций при росте тяги.

Была изменена и теплозащита возвращаемой ступени. Ранее она изготавливалась из углеродного композита, теперь же ее заменила высокотемпературная титановая конструкция, более пригодная для повторного использования без сложного обслуживания. Более того: по словам Маска, базовый теплозащитный экран в некоторых частях будет активно охлаждаться водой. Таким образом, конструкторы SpaceX вернулись к идее «горячей» теплозащиты, для чего требуются термостойкие материалы с высокой температурой плавления.

«Вы заметите, что межступенчатый переходник, гаргроты кабелей и посадочные опоры стали черными? – подчеркнул Маск. – Все они используют новый теплозащитный материал, разработанный в SpaceX, предназначенный для многократного использования и не требующий краски. Он гидрофобный, не задерживает воду, водонепроницаемый».

В конструкцию двигательного отсека первой ступени также внесены изменения, способствующие повышению надежности и кратности использования. Как известно, основой отсека является пространственная рама – «октавеб» (octaweb). Эта восьмиугольная структура, напоминающая паучью сеть, воспринимает нагрузку от девяти двигателей ступени, распределяет ее и передает на топливный отсек. Рама также защищает

каждый из девяти двигателей от осколков соседних при взрыве.

«Если с одним двигателем что-нибудь случится, в принципе каждый из них находится в защитном отсеке, и отказ не повлияет на успех миссии. Это в теории, – объяснил глава SpaceX. – Опять же, я не хочу искушать судьбу, но это значительно более надежная структура, изготовленная из гораздо более прочного алюминиевого сплава серии 7000 вместо серии 2000. Таким образом, прочность «октавеба» значительно увеличена. [У рамы] есть тепловая защита внутри: если будет пожар двигателя или что-то в этом роде, то он не расплавит «октавеб»».

Изменились и посадочные опоры первой ступени: теперь на их наружной поверхности нет никаких внешних гребешков, с помощью которых опора прижималась к корпусу ракеты во время подъема.

«Теперь мы внесли эти функции внутрь самих ножек. Благодаря этому виден более чистый внешний контур, – рассказывает Маск. – Установлен внутренний механизм защелки, позволяющий легко и быстро открывать и складывать опоры. Таким образом, развертывание ног и укладка шасси очень упростились, тогда как прежде требовалось несколько часов для его снятия и повторной установки. Теперь это можно сделать с помощью привода очень легко».

Кроме того, на внутренней стороне посадочных опор добавлен значительный слой огнеупорного покрытия на случай пожара, связанного с работой двигателей во время посадки.

Титановые решетчатые аэродинамические рули теперь пошли в серию и стали частью стандартной комплектации ракеты. В отличие от алюминиевых предшественников, они сохраняют прочность даже при нагреве до 1000°C и не требуют послеполетного обслуживания. «Возможно, это самое большое титановое изделие в мире», – предполагает Маск.

На ракете-носителе полностью переделана электроника. «У нас есть обновленный летный компьютер, контроллеры двигателей, новая, более совершенная, инерциальная измерительная система. Мы отказались от целой кучи оборудования, – продолжает рассказывать Маск. – Нам удалось... получить более легкую и более продвинутую систему управления – лучшую во всех отношениях и более отказоустойчивую. Она сможет выдерживать гораздо больший массив неисправностей, чем старая система».

На Falcon 9 Block 5 используется головной обтекатель варианта v2.0, предназначенный для повторного использования (НК №4, 2018, с.52-53). Он уже дважды проходил испытания в пусках Falcon 9 Block 4. Спастись ему 11 мая не предполагалось, потому что «ловчее судно» Mr. Steven стоит у Западного побережья. «Мы не будем пытаться полностью его спасти в этом рейсе, но уверены, что сделаем это в будущем. Повторное использование обтекателей очень важно, поскольку каждый стоит около 6 млн \$», – объяснил глава компании.

Не обошел он вниманием и перспективы спасения и повторного использования вто-

\* Кроме того, есть запасной вариант баллонов, выполненных из инконеля.

рой ступени. Несмотря на то, что изначально вся система Falcon 9 – Dragon подразумевала повторное использование всех элементов, со вводом носителя в эксплуатацию компания не стала особо «замораживать» этой проблемой: от провайдера требовалось прежде всего обеспечить надежность и требуемый темп запусков. Верхнюю ступень топили в безлюдном районе Тихого океана.

Теперь же, по словам Маска, SpaceX намерена собрать больше данных об условиях пуска ступени: «Это непросто, потому что, когда вторая ступень входит в атмосферу, она летит как метеор, окутанная облаком плазмы. Мы сможем передавать радиоданные только назад [против направления полета] и, вероятно, будем использовать для этого спутниковую связь через Iridium, пытаемся получить данные о температуре, высоте и состоянии ступени».

Затем в течение года SpaceX намерена постепенно добавлять все больше теплозащиты на ступень, чтобы попытаться понизить затраты массы, необходимые для возвращения ракетного блока на Землю в виде пригодном для повторного использования. Хотя, по словам Маска, «вопрос только в дополнительной массе», для спасения ступени, возможно, потребуются нестандартные решения, например «гигантские шары для вечеринки» (звучит, надо сказать, несколько безумно).

Руководитель SpaceX, хотя и выразил уверенность в технической возможности повторного использования спасенной второй ступени, не уверен, что это достижимо при умеренных затратах массы и денег. «Мы не хотим вкладывать слишком много инженерных усилий в [спасение верхней ступени] до появления BFR. И, очевидно, не будем предпринимать никаких действий, которые создадут риск любому из наших клиентских аппаратов».

По его оценкам, если получится спасти и повторно использовать все элементы ракеты, можно снизить затраты на запуск на порядок, примерно до 5–6 млн \$. Впрочем, в ходе беседы с журналистами Маск отметил, что назван-

ные суммы – это не цена, а «долгосрочные предельные издержки на один полет».

«Это значит, что мне понадобится три года или около того, чтобы достичь этого, – пояснил он. – И у нас все еще есть куча фиксированных затрат, которые необходимо разделить на это количество рейсов. Нам нужно попытаться «отбить» затраты на восстановление, заплатить за BFR и за созвездие Starlink. Таким образом, мы ожидаем постоянного снижения расходов и уже снизили цены там, где они составляли примерно от 60 млн до 50 млн \$ за повторный полет. Это самая конкурентоспособная цена в мире для ракет класса Falcon 9». И добавил: «Мы на пути к тому, чтобы произвести в два раза больше запусков, чем в 2017 г. Если все пойдет хорошо, у SpaceX в этом году будет больше стартов, чем у любой страны».

Журналистов интересовали планы использования спасенной ступени от первого пуска Falcon 9 Block 5. «Ирония в том, что нам нужно разобрать ее, чтобы подтвердить... что ее не нужно разбирать! – пошутил Маск. – Эта ракета, вероятно, не будет летать как минимум пару месяцев. По существу, к концу года мы должны увидеть много повторных полетов Block 5: вероятно, в некоторых из них первые ступени будут использоваться в третий или четвертый раз. А к концу 2019 г. мы увидим первый Block 5, слетавший десять раз. И, как я уже сказал, в 2019 г. мы намерены продемонстрировать повторный полет Block 5 в течение одних суток. Думаю, это действительно ключевой этап».

В перспективе SpaceX может иметь «в обороте» 30–50 многоразовых ракет Falcon 9 (в зависимости от спроса на запуски), из которых 80% будут стартовать из Флориды (мыс Канаверал), а 20% – из Калифорнии (аэропорт Ванденберг). Стартовый комплекс, который SpaceX строит в Бока-Чика в южной части штата Техас, будет отдан под проект BFR.

Маск отметил, что Китай также разрабатывает многоразовые ракеты, и он рад тому, что SpaceX вынуждает остальных снижать цены на пуски. ■

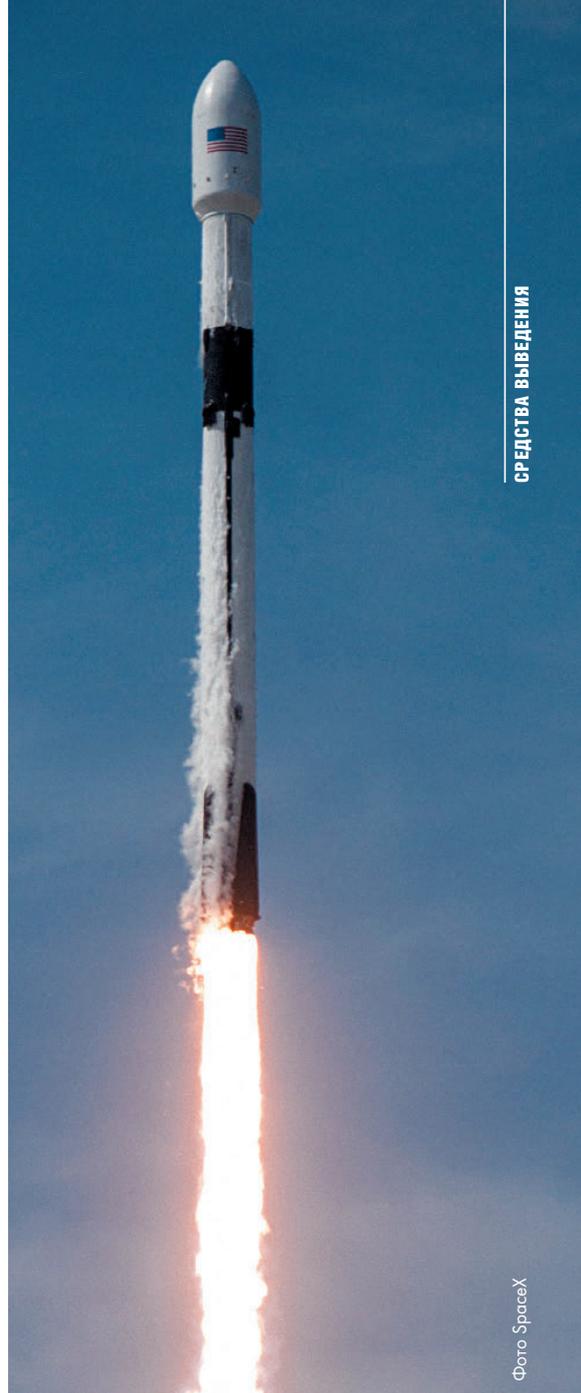


Фото SpaceX



Фото Marcus Cole

# OneSpace выходит на старт



И. Лисов.  
«Новости космонавтики»

17 мая в 07:33 по пекинскому времени (16 мая в 23:33 UTC) на стартовой базе в северо-западной части Китая\* был осуществлен успешный пуск экспериментальной твердотопливной суборбитальной ракеты OS-X китайской частной компании OneSpace. Изделие высотой 9 м со стартовой массой 7200 кг развило скорость, соответствующую числу Маха  $M=5.7$ , и достигло высоты 38.7 км и дальности 273 км. Весь полет продолжался 306 секунд.

OneSpace – одна из целой когорты китайских государственных и частных компаний, осуществляющих разработку дешевых легких носителей в надежде на формирование обширного рынка малых КА и захват на нем лидирующего положения (см., например, НК №6, 2018, с.52). Многие из них, в том числе и OneSpace, называют мотивом своей деятельности пример фирмы SpaceX Илона Маска.

Официальное название компании на родном языке – 零壹空间航天科技有限公司 (читается Линьйи кунцзян хантянь кэцзи юсянь гунсы), на английском – OneSpace Technology Co. Ltd. На самом деле в этом названии присутствуют сразу два «спейса» – кунцзян, то есть пространство, и хантянь, то есть космонавтика. Кроме того, два первых иероглифа имеют самостоятельные значения «ноль» и «один», так что точнее был бы вариант «0-1-Space».

Компанию OneSpace основал в августе 2015 г. в Пекине Шу Чан (舒畅), выпускник Пекинского университета аэронавтики и астронавтики и обладатель магистерской

степени по экономике Пекинского университета, успевший к 30 годам подняться по службе до поста вице-президента по инвестициям компании Legend Holdings. «Мое внимание привлекли SpaceX и Blue Origin, – вспоминал он, – и я стал искать подобную китайскую компанию. Я хотел просто найти ее и помочь инвестициями. Но потом я понял, что такой фирмы просто нет, и решил сам ее основать».

Вторым сотрудником OneSpace и правой рукой босса стала Сун Шици (宋十七), осуществлявшая подбор кадров.

До декабря 2015 г. компания имела так называемое «ангельское» финансирование: Chunxiao Capital, Lenovo Star и HIT Robot Group вместе вложили около 10 млн юаней (1.3 млн \$). Позже она сумела привлечь в три этапа еще 500 млн юаней (78 млн \$) и заручилась поддержкой Государственного управления оборонной науки, техники и промышленности.

В мае 2017 г. фирме удалось получить финансирование со стороны муниципально-государственного правительства Чунцина (один из городов центрального подчинения в Китае), где в Новом районе Лянцзян компания OneSpace основала центр разработок и производственно-испытательную базу, вложив в нее половину собранных средств. С этой целью было основано совместное предприятие с Chongqing Liangjiang Aviation Industry Investment Group под названием «Чунцин Линьйи хантянь гунсы» (重庆零壹航天公司). В Лянцзяне планируется производить свыше 20 суборбитальных изделий серии X и 30 орбитальных ракет серии M в год (!).

22 декабря 2017 г. на стенде в провинции Цзянси команда OneSpace провела огневые испытания маршевого РДТТ серии X диаметром 1.2 м и тягой 35 тс, который проработал 35 секунд. Фирма подчеркивает, что это первый китайский РДТТ такого класса, созданный частным предприятием.

Испытание зачили за комплексную проверку носителя OS-X, и в январе начались наземные испытания первого летного экземпляра; тогда же пуск был анонсирован на июнь. 11 апреля в Пекине были продемонстрированы вывоз ракеты и подъем ее в вертикальное положение. Наконец, 8 мая на совещании в Чунцине было объявлено, что ракета доставлена на полигон и что первый старт состоится 17 мая.

Пуск был произведен по графику, подтвердив основные характеристики ракеты и выполнение полетного задания. Активный участок продолжался 36 секунд. Полезная нагрузка Шэньянского авиационного института совершила продолжительный управляемый полет на границе атмосферы и космического пространства, что позволило получить большой объем экспериментальных данных. Кроме того, прошла «боевое крещение» вся кооперация, в том числе сотрудничающие с OneSpace университеты – Пекинский и Нанкинский авиа-

Грузоподъемность ракет фирмы OneSpace с ускорителями типа А и В (кг)

Орбита	OS-M1		OS-M2		OS-M4	
	А	В	А	В	А	В
300 км	205 / 143	390 / 292	505 / 387	552 / 422	748 / 585	
400 км	186 / 127	361 / 267	477 / 362	521 / 397	711 / 552	
500 км	169 / 112	336 / 246	444 / 334	491 / 370	677 / 522	
800 км	121 / 73	272 / 204	374 / 274	415 / 307	588 / 446	

Примечания  
1. В числителе – на орбиту наклонением  $42^\circ$ , в знаменателе – на солнечно-синхронную орбиту.  
2. Клиентам предлагаются обтекатели с зоной полезного груза диаметром 700 мм и 1000 мм.

ционные, Харбинский и Северо-Западный политехнический в Сиане.

Запущенное изделие OS-X с личным наименованием «Чунцин Лянцзян жжисин» (重庆两江之星) является представителем суборбитальной ветви ракет OneSpace. По словам главного исполнительного директора компании Ма Чао (马超), они будут набираться из РДТТ диаметром от 1200 мм до 50 мм. Ракеты этой группы планируется использовать для гиперзвуковых исследований в диапазоне скоростей до  $M=20$ . До конца 2018 г. намечены еще по крайней мере два пуска OS-X, а всего их запланировано около десятка.

На сайте OneSpace представлены также космические носители OS-M1, OS-M2 и OS-M4 с последовательным ростом массы груза, доставляемого на солнечно-синхронную орбиту высотой 800 км: с 73 кг у OS-M1 до 446 кг у OS-M4 (см. таблицу). От базовой трехступенчатой версии M1 две следующие отличаются наличием стартовых ускорителей – двух и четырех соответственно. Стоимость пуска не должна превышать 10 000 долларов за килограмм. Объем китайского рынка микроспутников оценивается сейчас примерно в 10 млрд юаней.

Вариант OS-M1 в 2017 г. прошел продувки в аэродинамической трубе и может выйти на первый пуск в конце 2018 г. или в начале 2019 г. Ракеты этой серии в ближайшем будущем не планируется использовать для осуществления сложных проектов по исследованию космического пространства.

«Этим занимаются компетентные структуры, в то же время наша задача как частного предприятия – реализация коммерческих проектов», – пояснил генеральный директор OneSpace.

В январе Шу Чан говорил, что его фирма получила около десятка контрактов на пусковые услуги, умудрившись «окутить» неких крупных заказчиков в китайском спутниковом секторе, и вступила в стратегическое партнерство с некоторыми европейскими компаниями. В мае сообщалось, что пуски ракет серии M законтрактованы до 2020 г.

Дальнейшие планы OneSpace лежат в области жидкостного ракетостроения. 22 января 2018 г. компания испытала самостоятельно изготовленный управляющий ЖРД и ведет разработку серии двигателей с тягой до 5000 Н и удельным импульсом до 290 сек. ■

◀ Вариант ракеты OS-M2 с двумя ускорителями



\* Вероятно, Центр космических запусков Цзюцзянь, но официально он не был назван.

# RL10 будет стоять на «Вулкане»

И. Афанасьев.  
«Новости космонавтики»

11 мая кислородно-водородный двигатель RL10 производства фирмы Aerojet Rocketdyne был выбран в качестве маршевого для установки на верхнюю ступень Centaur носителя Vulcan, создаваемого Объединенным пусковым альянсом ULA (United Launch Alliance) взамен ныне используемого семейства Atlas V (HK № 6, 2015, с.32-34).

«ULA и Aerojet Rocketdyne имеют долгую и успешную историю совместной работы – с первых полетов ракет Atlas и Delta в 1960-х годах, – напомнил Тори Бруно (Tory Bruno), президент и главный исполнительный директор ULA. – Для нас нет большей радости, чем выбор проверенного и надежного RL10 для установки на верхнюю ступень Centaur нашей ракеты Vulcan».

Выбор двигателя для верхней ступени носителя нового поколения проходил на конкурсной основе, но ULA не назвал всех соперников Aerojet. Наиболее вероятно, что среди них были компания Blue Origin с высотным вариантом BE-3, который в настоящее время используется на суборбитальном аппарате New Shepard и планируется для установки на верхнюю ступень разрабатываемого орбитального носителя New Glenn, а также фирма XCOR Aerospace с кислородно-водородным двигателем 8H21. Между тем последняя, занятая созданием суборбитального космолана Lунх, столкнулась с финансовыми проблемами и в ноябре 2017 г. отказалась от своего предложения.

RL10, в настоящее время используемый на верхних ступенях носителей Atlas V и Delta IV и доведенный до версии RL10C-1, имеет 60-летнюю историю, восходящую к блокам S-IV и S-V первоначального варианта ракеты Saturn I. Впервые он был испытан на наземном стенде в 1959 г. и дебютировал в полете тремя годами позже на двухдвигательной конфигурации блока Centaur на ракете Atlas. Проект оказался очень удачным, и с тех пор RL10 выпускался серийно во множестве модификаций, характеристики которых представлены в таблице.

За более чем полвека в космос на различных носителях слетали около 500 двигателей этого семейства, заслужив непревзойденную репутацию в ракетно-космической отрасли. Несмотря на то, что концепция RL10 (высотный однокамерный двигатель с турбонасосной подачей топлива расширительного – безгазогенераторного – замкнутого цикла) на протяжении многих лет оставалась неизменной, элементы конструкции постепенно обновлялись. С начала 2010-х годов Aerojet Rocketdyne изучает возможность удешевления производства изделия, стоимость которого в настоящее время превышает 10 млн \$.

\* В 2011 г. прошел предварительный обзор проекта модернизированного турбонасоса двигателя следующего поколения NGE (Next Generation Engine), разрабатываемого по заказу BBS США под ракеты ULA. Технологические решения NGE были протестированы на демонстрационной стендовой установке RLXX.

Ряд экспертов считает решение ULA вполне логичным, поскольку RL10 уже стоит на носителях Delta IV и Atlas V и менять инфраструктуру под его обслуживание не придется.

«К ключевым факторам, определяющим наш выбор, относятся расходы и график поставок, – пояснил господин Бруно. – Мы с нетерпением ожидаем продолжения партнерства, чтобы обеспечить успешное внедрение ракеты Vulcan–Centaur».

В рамках партнерства с ULA Aerojet Rocketdyne разработает RL10C-X – развитие серийного двигателя с применением передовых технологий производства.

«Соглашение также определяет путь, который позволит нам разработать двигателя следующего поколения\*, включающие аддитивные и другие передовые технологии. Это сделает изделие более доступным, сохранив при этом характеристики и надежность, проверенные в полете», – отметила генеральный директор и президент Aerojet Rocketdyne Айлин Дрейк (Eileen Drake).

В 2017 г. Aerojet Rocketdyne провела успешные огневые испытания полномасштабной сборки камеры RL10, изготовленной из медного сплава методом селективного лазерного плавления SLM (Selective Laser Melting).

На брифинге с журналистами в ходе 34-го космического симпозиума в Колорадо-Спрингс Дрейк подчеркнула, что использование аддитивных технологий служит средством снижения затрат на новый вариант RL10. Отказываясь оценить результаты количественно, она сообщила, что за счет использования 3D-печати компания смогла уменьшить число деталей в камере RL10 на 70%: «Время производства камеры сокращается более чем на 50%. При этом снижаются трудозатраты, уменьшаются поставки и используется меньше сборочных единиц».

Условия соглашения также включают долгосрочное обязательство ULA использовать двигатели RL10 на нынешних и последующих поколениях ступеней Centaur для будущих закупок «Альянса», а также совместную договоренность инвестировать в разработку двигателей следующих поколений.

Интересно, что соглашение с ULA – это вторая сделка за последние два месяца, в которой победил RL10. Первой стал контракт Aerojet с Orbital ATK на поставку двигателя для верхней ступени ракеты Omega, ранее известной как «Система запуска следующей



СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ

по поколения» NGL (Next Generation Launch). Orbital ранее предпочитала BE-3U, но тем не менее выбрала RL10 (HK № 5, 2018, с.54-55).

Причина все та же. «[RL10] имеет обширную историю полетов и представляет собой доступный двигатель с низким уровнем риска», – прокомментировал Майк Пинкстон (Mike Pinkston), заместитель генерального менеджера подразделения ракет-носителей Orbital ATK.

Помимо ULA и Orbital ATK, этот двигатель еще раньше выбрало NASA для установки на четырехдвигательную верхнюю ступень EUS (Upper Stage Exploration) сверхтяжелого носителя SLS (Space Launch System; HK № 6, 2016 с.56-57). ■

**i** Если для верхней ступени «Вулкана» двигатель уже выбран, то для нижней пока нет. В конкурсе участвуют Aerojet Rocketdyne с AR1 и Blue Origin с BE-4 (HK № 2, 2016, с.75). Ни один из этих двигателей еще не устанавливался на ракеты, но проект BE-4 продвинулся дальше. Blue Origin уже несколько месяцев тестирует двигатели на своем объекте в Западном Техасе (HK № 5, 2018, с.56-57), тогда как испытания AR1 начнутся не ранее 2019 г. Тори Бруно неоднократно заявлял, что решение о выборе двигателя скоро будет принято, отказываясь, тем не менее, назвать конкретные сроки.

Основные характеристики некоторых вариантов двигателя RL10

Характеристика	RL10A-1	RL10A-3	RL10A-4	RL10A-4-1	RL10A-4-2	RL10A-5	RL10B-2	RL10B-X	CECE	RL10C-1
Первый полет	1962	1963	1992	2000	2002	1993	1998	Проект	Проект	2014
Сухая масса, кг	131	131	168	167	167	143	277	317	160	190
Тяга, кгс	6804	6668	9435	10115	10115	6577 (на земле)	11340	9526	6804, дросселируется до 5-10%	10328
Удельный импульс в вакууме, с	425	444	449	451	451	373 (на земле)	462	470	>445	449.7
Высота, м	1.73	2.49	2.29			1.07	4.14		1.53	2.22
Диаметр, м	1.53	1.53	1.17	1.53	1.17	1.02	2.13	1.53		1.44
Степень расширения	40	57	84	84	84	4	280	250		130
Давление в камере, атм		32.3					43.5			
Время работы, сек	430	470	392	740	740	127	5м: 1125 4м: 700	408	2000	
Ступень	Centaur A	Centaur B/C/D/E, Saturn S-IV	Centaur IIA	Centaur IIA	Centaur IIIB, Centaur V1, Centaur V2	DC-X	Delta Cryogenic Second Stage	Centaur B-X	–	Centaur SEC



# Цифровой космос

И. Афанасьев.

«Новости космонавтики»

22 мая Госкорпорация «Роскосмос» и АО «Российские космические системы» (РКС) провели презентацию современных и перспективных космических сервисов для цифровой экономики России\*.

На ближайшие три-семь лет Роскосмос видит перспективы в следующих трех направлениях:

- ◆ геоинформационные сервисы, основанные на данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ);
- ◆ навигационные сервисы и развитие систем высокоточной навигации;
- ◆ телекоммуникационные сервисы и построение глобальных систем спутниковой связи.

В этих сферах космическая деятельность соприкасается с повседневной жизнью: они определяют, какими будут группировки ответствующих КА и используемые технологии. По мнению представителей Роскосмоса, им суждено стать драйверами экономики.

Первую часть презентации, посвященную цифровым сервисам на основе данных ДЗЗ, провела гендиректор компании TerraTech М. А. Элердова.

По мнению Миланы Александровны, исходные снимки из космоса уже мало кому интересны, и объемы их продаж не растут, причем не только в России, но и во всем мире. Практически все традиционные лидеры этого рынка переходят на новые сервисные модели обслуживания клиентов.

\* Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р, рассчитана до 2024 г. включительно. Она состоит из пяти направлений: образование, кадры, кибербезопасность, формирование исследовательских компетенций и IT-инфраструктура. В соответствии с опубликованными планами, сумма финансирования, отпущенного на реализацию программы из бюджетных и внебюджетных источников, составит немногим более 521 млрд руб.

**TerraTech** АО «ТерраТех» (TerraTech) – дочерняя компания АО РКС – создано 25 декабря 2017 г. в статусе коммерческого оператора геоинформационных сервисов для выполнения стратегической инициативы Роскосмоса по коммерциализации и обеспечению роста внебюджетной выручки от реализации услуг и сервисов ДЗЗ. Компания ориентирована на широкий рынок потребителей и предлагает принципиально новые сервисы на основе машинного обучения, интеграции со смежными сервисами и технологиями (навигация, геолокация, Интернет вещей, bigdata).

«Именно поэтому с самого начала нашей деятельности мы решили предоставлять наши данные как сервис и создали коммерческое «облако» космических снимков. Оно будет доступно всем пользователям с 1 сентября 2018 г.», – пообещала гендиректор TerraTech.

Сервис предоставляет данные от спутника «в три клика мышкой» – по типу того, как сейчас пользователи скачивают из Интернета понравившиеся картинки, фильмы и музыку. Для удобства заключены лицензионные соглашения с международными компаниями – операторами спутников ДЗЗ, такими как Maxar Technologies (Канада), Planet (США), Airbus (Франция), XXI век (Китай) и многими другими. «Больше не надо заполнять многостраничные заявки, присылать их по электронной почте и ждать неделю – мы предоставим вам комплексную услугу и сделаем доступными круглосуточно онлайн-снимки любой точки мира с десятков, а то и сотен коммерческих спутников», – отметила М. А. Элердова.

Основная задача компании не просто оцифровать архивы космических снимков, а обеспечить единые унифицированные условия заказа по всем спутниковым группировкам. Первые снимки территории Московской области уже прошли предварительную обработку и размещены в Центре обработки данных в АО РКС. Использование новых сервисов уже обсуждается с заинтересованными ведомствами.

«Некоторое время назад у нас состоялась рабочая встреча с представителями Росреестра, – сообщила гендиректор компании. – Мы обсудили перспективы использования отечественных данных в сервисах ведомства. По итогам встречи родилась идея создать сервис, который позволил бы интегрировать данные публичной кадастровой карты с нашим коммерческим «облаком»».

С 2010 г. всем гражданам России предоставляется бесплатный доступ к функционирующей публичной кадастровой карте – очень ценному ресурсу, позволяющему получить информацию о любом объекте недвижимости, посмотреть его кадастровый номер и определить владельца. Органы государственной власти пользуются им, в том числе для проверки разрешенной эксплуатации земель.

«Однако в настоящий момент в кадастровой карте используются статичные мозаики космических снимков, где отсутствует возможность посмотреть точную дату съемки. Мы «нарезаем» все наши снимки автоматически на «гранулы», чтобы можно было посмотреть историю любого участка по всей базе космических снимков, которые есть в нашем распоряжении. В частности, такая обработка данных ведется для покупателей «дальневосточного гектара». Мы считаем этот сервис очень перспективным», – поделилась руководителем TerraTech.

Помимо базовых сервисов, компания разрабатывает более сложные приложения: например, сервисы управления территорией, позволяющие выявить изменения, происходящие в любой точке мира, для определения темпов развития и освоения, а также техногенной нагрузки. Планируется осуществлять регулярный мониторинг крупных объектов инфраструктуры РФ, играющих важную роль в социально-экономическом развитии.

«Страховые компании уже сейчас могут получать информацию для принятия решений по страховым случаям, банки – принимать верные безопасные решения в области инвестирования и кредитования», – подчеркнула М. А. Элердова.

Заместитель генерального директора TerraTech, директор по развитию бизнеса В. В. Бутин рассказал о влиянии предлагаемых сервисов на качество жизни граждан: «Всем нам хочется жить в безопасном и комфортном населенном пункте с развитой инфраструктурой. Все эти удобства требуют высоких затрат из бюджета муниципалитета, доходная часть которого складывается из дотации от субъекта Федерации и налогов на имущество физических лиц и организаций. При этом прямое увеличение налоговых ставок неприемлемо. Однако есть способ, позволяющий без изменения законодательства увеличить доходы по имущественным налогам: он заключается в вовлечении в налоговый оборот 100% объектов, находящихся на данной территории».

## «Ресурсы», «Территория», «Цифровой лес», «Земледелие» и другие

Сервис «Ресурсы РФ» позволяет автоматизировать процедуру и получить технологию постановки на кадастровый учет всех объек-

тов. Он работает с космическими снимками территории, проводя на их основе сплошную инвентаризацию имеющихся объектов и объединяя полученную информацию с данными государственного кадастра недвижимости, с теми публичными сервисами Росреестра, которые существуют и работают. После этого выявляются объекты, не поставленные на кадастровый учет (в сервисе они отмечаются красными маркерами), и сотруднику муниципалитета просто необходимо провести работу с собственниками этих объектов – для того чтобы, с одной стороны, вовлечь их налоговый оборот, а с другой – защитить их имущественные права.

Поскольку таких объектов довольно много, соответственно и потенциал увеличения налогооблагаемой базы тоже достаточно высок. По некоторым экспертным оценкам, общий объем недобранного имущественного налога по России достигает 250 млрд руб.

Сервис также позволяет контролировать процесс, начиная от получения разрешения на строительство или от факта выявления объекта до постановки на кадастровый учет. «Получается, что у управляющего территории есть вся необходимая информация об объектах в границах муниципалитета, – отмечает Вячеслав Валерьевич. – Представьте, что у вас 56 тысяч объектов капитального строительства. Все их обойти одному сотруднику просто нереально – на это потребуется около 40 лет. И, к примеру, из этих объектов сервис может отобрать 2500–3000, которые не поставлены на кадастровый учет. Общий объем недополученного дохода около 12 млн руб! Поэтому мы доводим сервис до того уровня, когда происходит реальный расчет недополученного имущественного налога».

Предложенными сервисами заинтересовался Алтайский край, который сегодня входит в двадцатку регионов России по площади и по численности населения, а также в тройку по количеству населенных пунктов (1598) и числу муниципалитетов (68). Край занимает третье место по протяженности дорог, имеет самый большой в России пашенный клин (6 млн га). «В связи с этим не фрагментарный, а комплексный подход к такому мониторингу для нас в буквальном смысле слова инструмент повышения эффективности работы – и на уровне региона, и на уровне муниципалитета», – объяснил интерес региона председатель Комитета информатизации и связи Алтайского края М.В. Герасимюк.

Следующий сервис – «Территория». «Представьте себя на месте губернатора: у вас несколько сотен тысяч, а то и миллионов гектаров лесного фонда. Он рубится, сеется, и эту деятельность нужно контролировать, – продолжил В.В. Бутин. – Выезд и осмотр на месте – это затраты материальных ресурсов и времени. А теперь представьте, что весь лес вашего субъекта будет как на ладони в сервисе «Территория». Затем сервис совмещает эти данные с заключенными договорами аренды. Участок, на который он не сможет найти договор аренды, будет подсвечен красным цветом и автоматически подсчитан по площади. Таким образом можно проверить легитимность рубок леса и, естествен-

но, увеличить доходы бюджета. Заметим: рубить меньше не станут, но станут больше декларировать, больше заключать договоров аренды. Данный сервис позволяет не только выявлять факты исчезновения леса, но и фиксировать лесовосстановительные мероприятия – не только по площади, но и по дате начала или окончания работ».

Компания TerraTech уже начала проект «Цифровой лес» совместно с Московской областью. Между тем возможности сервиса «Территория» не ограничиваются только мониторингом лесохозяйственной деятельности: данная программа позволяет контролировать добычу общераспространенных полезных ископаемых, а также полигоны бытовых отходов (не выходят ли свалки за границы отведенного земельного участка).

Еще три космических сервиса для цифровой экономики России представил заместитель гендиректора по стратегии и развитию бизнеса TerraTech П.С. Суховаров. «Немного статистики: ежегодно в России инвестируется порядка 13–16 триллионов рублей (ежегодный прирост – 10–12%). Что это такое? Это более 50 Крымских мостов, более 260 региональных аэропортов, более 29 тысяч типовых школ – это большая, значимая и важная сумма для экономики. Чтобы сделать эффективность этих инвестиций выше, необходимо организовать прозрачный контроль, – заметил Павел Сергеевич. – Его обеспечит сервис «Наша Россия»».

Работа сервиса была показана на примере одного из крупнейших инфраструктурных проектов – вантового моста во Владивостоке, соединяющего п-ов Назимова с мысом Новосильского на о-ве Русском. На представленных снимках от 2011 г. он был нанесен в качестве проекций, привязанных к конкретным срокам, по которым можно было отследить, насколько своевременно выполняются строительные работы и насколько качественно развивается проект. На снимках, сделанных с промежутком в один месяц, видно, как появился первый пролет моста. Фотографии из космоса позволили полностью и объективно контролировать процесс строительства по времени.

«Если должен был выполняться больший объем работ, мы соответственно могли понять, что «что-то пошло не так», и своевре-

менно отреагировать (ну либо успокоиться, что все идет по плану, и дальше заниматься своими делами)», – прокомментировал докладчик.

Сейчас данный сервис охватывает 27 ключевых инфраструктурных проектов страны, по 206 проектам подготовлена предварительная информация. Находясь в Москве, можно контролировать такой проект с частотой раз в месяц, раз в неделю, раз в день – это зависит от того, насколько часто необходимо иметь действительно свежую информацию. А если таких проектов десятки или сотни, то мониторинг из космоса становится незаменим. Развитие космических технологий за последние годы позволило сделать такой мониторинг очень удобным и доступным для любого пользователя – как для государственного деятеля, развивающего территорию, так и для пишущего об экономике журналиста и для обычного частного пользователя, который следит за строительством своего дома, квартиры.

В тестовом режиме сервис доступен уже сейчас. К полнофункциональной версии доступ будет открыт в октябре 2018 г.

Второй сервис, представленный П.С. Суховаровым, – «Мониторинг сельского хозяйства». Сельскохозяйственное производство занимает 10% в мировом ВВП. Являясь важной отраслью российской экономики (среднегодовой рост за три года – 3.6%), оно активно развивается. При этом оно выстраивается на тех же принципах, что и любой другой бизнес: непрерывное снижение себестоимости продукции и повышение эффективности вложенных ресурсов. На протяжении всего XX века эти цели достигались классическим инструментарием: усилением отдачи сельскохозяйственной техники и удобрений, улучшением продуктивности растений. Эти инструменты работают и сейчас, но предел их эффективности уже практически достигнут.

Развитие космических и цифровых технологий позволяет использовать новые инструменты, такие как «Точное земледелие» – система управления, позволяющая фермеру точно рассчитать количество зерна, необходимых удобрений, время полива для конкретного поля с точностью до метра. Ранее такие технологии были недоступны. Сервис

▼ Кадастровый учет и инвентаризация строений – задача, решаемая с помощью ДЗЗ



по данным со спутника поможет определить стадию, качество, эффективную скорость роста и развития растений и своевременно предоставить информацию для принятия решения о необходимости внесения удобрений или обработки поля от вредителей. Отдельным цветом подсвечиваются участки, которые необходимо обработать, и благодаря этому своевременно поступает информация, что культуру пора убирать. Если засуха, подтопление либо град нанесут ущерб посевам, сельхозпроизводитель, предоставив полученные данные страховой компании, сможет своевременно получить страховую выплату либо компенсацию.

«Данные услуги доступны уже сейчас – ими может воспользоваться любое предприятие. В настоящее время совместно с нашими партнерами мы формируем библиотеку агропоказателей на основе этой структурированной информации, – отметил Павел Сергеевич. – В дальнейшем с использованием машинного обучения и технологий bigdata можно будет строить прогностические модели и заранее прогнозировать объем урожая по культурам во всем мире, соответственно составлять прогноз спроса и предложений, цен, более эффективно планировать, какую культуру в каком объеме следует сажать. Полный функционал сервиса с элементами искусственного интеллекта можно будет опробовать в 2019 г.»

Третий сервис – Atlas VR – построен на пересечении двух трендов: трансформации образования и развития виртуальной реальности. По прогнозам аналитиков, объем рынка виртуальной реальности к 2020 г. вырастет в 20 раз и превысит 37 млрд \$. TeraTech предлагает построить полный достоверный цифровой двойник реального мира: по данным с КА формируется достоверный рельеф местности, где можно воспроизвести все реальные объекты (вплоть до имеющих деревья и кустарников), а не абстрактную виртуальную проекцию.

Atlas VR может использоваться практически везде: для более точного и безопасного управления беспилотными аппаратами, для моделирования различных природных явлений (таких как пожары, наводнения, извержения вулканов), для отображения данных о погоде и ее прогнозирования в будущем. Одна из возможных сфер применения – это образование: использование виртуального мира повышает качество и доступность усвоения данных. Обучать можно как взрослых, так и детей. Полный функционал Atlas VR будет доступен в 2019 г.



### Инфраструктура, навигация, коммуникации в «Эфире»

Вторая часть презентации была посвящена будущему развитию инфраструктуры для цифровой экономики. Основными докладчиками по этой теме стали представители РКС. Заместитель генерального директора компании Е.А.Нестеров во вступительном слове анонсировал два крупных проекта, в рамках которых «космическая и наземная – по-настоящему цифровая – инфраструктура спровоцирует и колоссально ускорит создание новых продуктов и новых рынков, которые сегодня еще не существуют».

«Мы создадим технологии, которые создадут рынки беспилотного транспорта, беспилотных авиационных систем, таких направлений, как автоматический биллинг и дистанционный онлайн-контроль сложных технических систем и мобильных автономных комплексов», – подчеркнул докладчик, передав затем слово руководителям проектов инфраструктурной навигационной платформы и глобальной спутниковой системы связи нового поколения.

Современную навигацию можно сравнить с цифровым зрением: она позволяет комфортно и надежно перемещаться на любом транспорте по максимально безопасному или самому короткому маршруту. В эпоху высоких скоростей, большой мобильности, колоссального трафика на дорогах, на воде, в воздухе и даже в космосе технологии управления движением приобретают особую важную роль. Многие прикладные навигационные сервисы доступны уже сегодня.

Ожидается, что через 10 лет население нашей планеты составит 8,5 млрд человек, из них 5 млрд будут жить в городах. Ежедневно в мире будет производиться более 300 тысяч транспортных средств, а общий пассажиропоток превысит 80 триллионов пассажиро-километров в год. Такое будущее потребует иных точностей в навигации, из-

меняет принципы и подходы к сервисам, создаваемым на ее основе.

«Перед нами стоит вызов – повышение точности навигационного обеспечения в сто раз: от 10 м сейчас до нескольких сантиметров в будущем, – заявил заместитель начальника центра – начальник отдела РКС К.А.Живихин. – Сейчас данная задача решается локально, с использованием т.н. «сетей высокоточного позиционирования»\*. В нашей стране установлено порядка полсотни тысяч высокоточных навигационных станций, объединенных в различные сети. Конечно потребителю требуется заключать отдельный договор с каждым оператором каждой сети, контролировать различные счета, использовать разный софт, что неудобно, долго, некомфортно и неэффективно».

Решение указанных проблем видится в создании национальной сети высокоточного позиционирования (НСВП), по сути – единого высокоточного поля на территории всей страны. Для конечного потребителя сервис будет доступен через Интернет. Он позволит геодезисту, строителю или фермеру с любого подключенного устройства в несколько кликов получить с сантиметровой точностью данные о своем местоположении, о нахождении своего транспортного средства, о состоянии объекта недвижимости (строения или здания).

Один из элементов будущего – это беспилотный транспорт и, в частности, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), использование которых стремительно развивается.

«В нашей стране для безопасного взаимодействия БПЛА в условиях цифровой экономики требуется новая цифровая навигационная инфраструктура. Ее создание завершается. Уже к концу года на базе навигационной инфраструктуры будут доступны сервисы, в первую очередь транспортной навигационной платформы, которая позволит обрабатывать полтора миллиона сообщений в секунду, а также сервисы логистической платформы, платформы комплексных приложений, сервисы высокоточной картографии, сервисы системы биллинга тор-

\* Обычно под этим словосочетанием подразумевается совокупность элементов, включающих сеть референчных станций, вычислительный центр и защищенные каналы связи, которые создают высокоточное (до 1 см в плане и по высоте) навигационное поле на основе глобальных навигационных спутниковых систем, в том числе ГЛОНАСС, и предоставляют дифференциальные поправки потребителям в заданной системе координат в режиме реального времени.



говой площадки, сервисы метеообеспечения. Большое количество сервисов вокруг использования беспилотных летательных аппаратов. Мы планируем на базе данной инфраструктуры реализовать сеть универсальных зарядных станций для беспилотников, а также технологии управления их "роями", – сообщил Кирилл Алексеевич.

По мнению специалистов РКС, именно навигационная инфраструктура позволит снизить стоимость конечных услуг с использованием беспилотников, потому что, по сути, она является средой и набором возможностей для создания и развития новых бизнесов, внедрения продуктов, сервисов и услуг в широком спектре рыночных сегментов. Уже к концу 2020 г. на базе навигационной инфраструктуры будет реализовано несколько сотен сервисов в интересах потребителей – производителей техники, страховых и финансовых компаний, государственных органов и населения. Данный проект позволит расширить функциональные возможности действующих информационных систем «Эра ГЛОНАСС», «Платон», «Система 112» и «Безопасный город».

В ближайшее время возможности навигационной инфраструктуры планируется продвинуть в гражданскую авиацию. Сейчас одна минута задержки воздушного судна для авиакомпании обходится порядка 60 \$. При парке из 80 воздушных судов в месяц задержка может набежать до 2000 часов – в денежном выражении это колоссальные суммы. Между тем навигационная инфраструктура поможет авиакомпаниям узнать текущее местоположение каждого судна в любой точке мира с требуемой периодичностью, оптимизируя трафик как в воздухе, так и на земле.

Навигационная инфраструктура позволит развивать рынок умного страхования и создавать страховые продукты не только на период поездки, но и более широко – с учетом влияния многих внешних факторов. Возможно решение и одной частной, но очень важной задачи: обеспечить оперативную независимую оценку последствий дорожно-транспортного происшествия путем построения высокоточной 3D модели с использованием ближайшего вызванного беспилотника.

Руководитель проекта «Глобальная многофункциональная информационная спутниковая система» (ГМИСС), начальник центра РКС Ю.В. Мишин рассказал о новой аэрокосмической инфокоммуникационной системе «Эфир». По его словам, к 2022 г. количество объектов, включенных в «Интернет всего» (где каждый индивидуум, транспортное средство, промышленный объект, датчик, робот сможет связаться с каждым), достигнет 1 трлн штук. В мире уже сейчас свыше 500 производителей беспилотных аппаратов, продукты которых революционно влияют на развитие рынков электронной коммерции, мониторинга, логистики. Вскоре беспилотники сами станут носителями базовых станций связи для интеллектуальных подвижных сетей будущего. Полторы тысячи криптовалют созданы за последние пять лет.



В ближайшем будущем нас ждет мир тотальных транзакций, тотальных вычислений.

«В нашу жизнь прочно вошли социальные сети, мессенджеры, видеосвязь, виртуальная дополненная реальность. Для них крайне важны качество, стабильность связи, минимальные задержки, – отметил докладчик. – Находясь в движении (в самолете, поезде), мы уже сегодня смотрим новости или потоковое видео. Следующим шагом будет интерактивная двусторонняя связь, когда мы будем участвовать в играх, получать интерактивные сервисы онлайн. Гибридная связь – это следующий этап развития сетей, когда искусственный интеллект будет сам определять маршрут движения вашего трафика и тот или иной способ связи в каждый конкретный момент времени».



▲ Прототип спутника системы «Сфера»

В этих целях создается «Эфир» – связанная инфраструктура планетарного масштаба, т.н. «орбитальный Интернет». «Мы планируем [развернуть] 288 КА на орбите высотой 870 км. Они образуют космическую шину передачи данных, которая должна заработать к 2025 г. Благодаря многоярусному построению, мы сможем объединить потоки ретрансляции со спутников, беспилотных средств, воздушных судов и наземных объектов, а мир спутниковой линии связи позволит нам «поверху» передавать данные с минимальными задержками в любую точку планеты. Система останется работоспособной даже при отключении наземной инфраструктуры», – сообщил Юрий Вадимович.

В наземном сегменте системы предусмотрено 10 тысяч подвижных объектов транспорта, 10 тысяч коллективных точек доступа широкополосного Интернета, 10 млн абонентов персональной связи, около 100 млн датчиков и обеспечение порядка миллиарда транзакций в сутки по защищенным каналам. При этом важнейший принцип системы – это реальное время задержки от 5 до 15 мс. Система будет открытой с воз-

можностью работы с любыми сегментами связи и масштабируемой. «Глобальность – это тираж. Бизнес там, где тираж, – в этом большой интерес для инвесторов», – подчеркнул докладчик.

РКС уже работает над ключевыми компонентами системы – КА, скоростными радио- и оптическими линиями связи, в том числе защищенными. «Важно, что в данном проекте мы не противопоставляем себя наземным сетям и бизнес-моделям сотовых операторов – мы должны создать союз и дать им вот этот самый, как вы видите, второй ярус – возможность для развития их сервисов», – указал представитель РКС.

Реализация этой системы позволит государству обеспечить подвижную персональную ведомственную чрезвычайную связь на всей территории России и мира, включая северные территории. Управляющие структуры смогут развивать платформы мониторинга и управления, бизнес – новые цифровые сервисы управления своими офисами и производствами. А граждане всегда смогут быть на связи, в том числе в движении, что и является целью проекта.

Отвечая на вопрос о конкурентоспособности «Эфира» относительно аналогичных систем от OneWeb и SpaceX, Е.А. Нестеров заверил: «Мы реализуем проект с учетом вышеуказанных планов, и он больше похож на проект SpaceX. А OneWeb в данном случае скорее является партнером: сегодня есть планы работы этой группировки вместе с планами Роскосмоса. Наш проект является больше дополнением в следующем периоде. Как вы знаете, мы работаем и с Airbus, и мы планируем, что в этом проекте они тоже участвуют». ■

**i** 7 июня в ходе прямой линии Президент РФ Владимир Путин представил проект системы «Сфера», объединяющей 600 спутников связи, навигации и дистанционного зондирования Земли. Программа создается на основе проекта «Эфир». В ноябре 2017 г. Госкорпорация «Роскосмос» выступила с инициативой создания проекта ГМИСС для предоставления Интернета и мобильной связи. Проект, первоначально получивший название «Эфир», был представлен 22 мая 2018 г. в Москве холдингом РКС. Создание системы, на которое потребуется 300 млрд руб инвестиций, предусмотрено в программе «Цифровая экономика», где указано, что к июлю 2018 г. должно быть принято решение о создании консорциума для реализации проекта при участии Роскосмоса, ВЭБа и заинтересованных организаций.



# «Юэгун-1»: годовой эксперимент завершен

И. Лисов.

«Новости космонавтики»

15 мая в Пекинском институте аэронавтики и астронавтики (сокращенно Бэйхан) завершился эксперимент «Юэгун-365». Два экипажа, сменяя друг друга, прожили 370 суток в почти замкнутой искусственной экосистеме.

Экспериментальный комплекс «Юэгун-1» (月宮一号, «Лунный дворец») с биорегенеративной системой жизнеобеспечения был построен по проекту и под руководством профессора Лю Хун (刘红) с использованием опыта создания и эксплуатации комплекса БИОС-3 в Институте биофизики в Красноярске. Китайская установка была введена в строй в октябре 2013 г., а в феврале-мае 2014 г. в «Юэгуне-1» был проведен первый 105-суточный эксперимент (НК №7, 2014), в ходе которого экипаж на 55% обеспечивал себя пищей и осуществлялось полное замыкание биологического цикла по воздуху и воде. После реконструкции комплекс имеет в своем составе один общий модуль и два модуля оранжереи суммарной площадью 150 м<sup>2</sup> и объемом 500 м<sup>3</sup>.

Как мы уже сообщали (НК №7, 2017), целью годового эксперимента было добиться продолжительной и стабильной работы биорегенеративной СЖО и набрать статистику функционирования ее подсистем. Особое внимание уделялось изучению устойчивости по отношению к пребыванию в объеме комплекса лиц с разной скоростью метаболизма, к «ударным» нагрузкам и к чрезвычайным происшествиям, таким как прекращение электропитания и различные отказы. Отрабатывались методы и техники эмоциональной и физиологической адаптации человека к жизни в замкнутой среде.

## Первый этап

Годовой эксперимент был рассчитан на 365 дней и по первоначальному плану делился на три этапа продолжительностью 60, 200 и 105 суток со сменой экипажа между ними.

10 мая 2017 г. в 10:06 пекинского времени в комплекс вошел первый экипаж из четырех сотрудников возглавляемой Лю Хун Лаборатории экологии и технологий жизнеобеспечения в составе Школы биологии и медицинской техники Бэйхана:

Лю Хуэй (刘慧), командир, 29 лет, родом из провинции Хэнань, имеет докторскую степень (2012), в проекте «Юэгун-1» вела систему освещения, в экипаже отвечает за общую координацию работ, посадку и обработку растений в модуле оранжереи №2 и за приготовление пищи;

Лю Дяньлэй (刘佃磊), заместитель командира, доктор (2014), отвечает за переработку твердых и жидких отходов жизнедеятельности, обмолот пшеницы, измельчение соломы, обслуживание культуры мучного червя и грибов;

Гао Хань (高寒), магистр (2015), отвечает за посадку и обработку растений в модуле оранжереи №1;

Ху Цзиньфэй (胡静斐), магистр (2016), помогает Гао Ханю в модуле №1, отвечает за порядок в модулях.

Из-за необходимости постоянного обслуживания оранжерей экипаж работал без выходных и праздников, но по весме щадящему графику, примерно такому:

07:00 – подъем;

08:00 – завтрак;

09:00 – рабочее время;

11:30 – второй завтрак и тихий час;

14:00 – рабочее время;

16:00 – чай, планирование работы;

17:30 – обед;

19:00 – физкультура, обработка данных,

личное время;

23:30 – отбой.

В течение 60 суток физиологическое состояние испытуемых было хорошим, оборудование комплекса работало нормально. В системе культивировались три злака, 30 видов овощей, клубника и грибы-вешенки. Был отмечен хороший рост злаковых культур (соя, чуфа, пшеница), сладкого картофеля (таро), томатов, перца и других овощных

культур. Самыми важными компонентами экосистемы считались пшеница и помидоры; небольшое количество таро выступало источником углеводов, а соя – белка; из чуфы получали растительное масло. Клубника служила главным образом эстетическим и психологическим целям. «Витамин С дают многие растения, но одно дело есть огурец, а другое – клубнику», – пояснила Лю Хун.

Культуры выращивались в режиме постоянного возобновления: например, при 70-суточном цикле развития пшеницы уборка урожая и посадка семян проводилась трижды в неделю. Благодаря этому на 30 «делянках» суммарной площадью 60 м<sup>2</sup> постоянно присутствовали растения всех возрастов, а уровень производства кислорода оставался неизменным.

За исключением небольших запасов свинины и курятины и нескольких видов приправ вся пища готовилась из собственного урожая. Производство питания в целом соответствовало уровню потребления командой из четырех человек: иногда часть собранного приходилось закладывать на хранение, а иногда – добавлять к текущему сбору.

Основой рациона были изделия из пшеничной муки, но участники эксперимента испробовали множество иных кулинарных рецептов, например готовили морковные рулетики и мясные пирожки на пару. Белок в основном поступал с личинками мучного хрущака, вырастающими до 25 мм в длину. После измельчения их замешивали с мукой в хлебцы на пару, а иногда просто жарили в масле в электрической печке. На вопрос о кулинарных качествах насекомых Лю Дяньлэй невозмутимо ответил: «Свежие, ароматные, нежные, хрустящие, горьковатые, с долгим послевкусием».

Испытуемые сами стирали руками свою одежду, причем грязная вода после фильтрации и обработки восстанавливалась и использовалась для полива.

Конечно, бионавты не только сажали, выращивали и собирали растения и записывали экспериментальные данные по работе

биорегенеративной СЖО и по физическому состоянию участников – вплоть до психологических отклонений. Они тренировались на двух велоэргометрах и занимались йогой, вели собственные проекты, отдыхали, читали, пили чай, играли в шахматы и другие игры, а доску для дартса использовали, кроме всего прочего, для успокоения и восстановления душевного равновесия. Доступ в Интернет давал возможность узнавать новости и смотреть фильмы.

## Второй этап

9 июля 2017 г. первый этап успешно завершился. В 09:00 принесли клятву и вошли в экспериментальный комплекс члены второго экипажа, которым предстояло провести в замкнутом пространстве и на самообеспечении 200 суток:

Лю Гуанхуэй (刘光辉), командир, доктор (2014), участвовал в создании комплекса «Юэгу-1», был кандидатом на эксперимент 2014 г., в экипаже отвечает за переработку твердых и жидких отходов жизнедеятельности, обмолот пшеницы, измельчение соломы, обслуживание культуры мучного червя и грибов, сбор образцов микроорганизмов;

И Чжихао (伊志豪), заместитель командира, доктор (2016), отвечает за посадку и обработку растений в модуле оранжереи №1 и за сбор образцов растений;

Чу Чжэнпэй (褚正佩), магистр (2015), отвечает за посадку и обработку растений в модуле оранжереи №2, за подготовку питательного раствора и за приготовление пищи;

Ван Вэй (王伟), магистр (2015), в настоящее время изучает биомедицинские технологии в Столичном медицинском университете, в экипаже контролирует самочувствие членов экипажа, помогает Чу Чжэнпэй в модуле №2, отвечает за порядок и размещение вещей в модулях.

В торжественной церемонии приняли участие и выступили с напутствиями главный конструктор комплекса «Юэгу-1» и научный руководитель эксперимента «Юэгу-365» профессор Лю Хун, главный конструктор китайской пилотируемой программы академик Чжоу Цзяньпин (周建平), заместитель главного конструктора проекта космической станции в Китайской исследовательской академии космической техники CAST Хоу Юнцин (侯永青), секретарь партийного комитета Бэйхана, академик Инженерной академии Китая Чжан Цзюнь (张军), секретарь парткома Школы биологии и медицинской техники Хань Хуэйю (韩慧瑜).

В течение примерно восьми часов в установке находились одновременно восемь человек. Экспериментаторы передава-



▲ Второй экипаж приносит клятву. Слева направо: Чу Чжэнпэй, И Чжихао, Лю Гуанхуэй и Ван Вэй

ли сменщикам свои рабочие и жилые места, а специалисты наблюдали за работой подсистем комплекса в условиях двойной нагрузки. С целью сохранить баланс по кислороду и углекислому газу на время пересменки было усилено освещение растений, что повысило производство кислорода, и снижен темп переработки твердых отходов, что сократило его расход.

Около 17:00 Лю Хуэй и трое ее товарищей в медицинских масках покинули комплекс и были помещены на трое суток в карантин для подробного медицинского обследования с контролем 20–30 физиологических индикаторов.

12 июля новая команда отпраздновала день рождения И Чжихао. По этому случаю бионавты испекли торт, украсив его ягодами клубники и принесенными из дома бобышками стручками, игравшими роль свечек.

Вторая часть эксперимента должна была превзойти по длительности достижение советских специалистов на БИОС-3, где максимальная продолжительность работы экипажа составила 180 суток. Во второй экипаж «Юэгуна» отобрали лиц с более высоким уровнем метаболизма, чем в первый, чтобы убедиться в стабильности установки и набрать статистику по подсистемам в течение 200 суток.

Для второй группы были запланированы эксперименты по изучению долгосрочных психологических изменений в замкнутой обстановке, по воздействию на эмоциональное состояние естественного и искусственного циклов освещения, по связи между микроб-

ной средой организма и эмоциями человека, а также по стабилизации эмоционального состояния с помощью растений разных видов.

Ван Вэй ежедневно контролировала рост и массу тела, кровяное давление и насыщенность крови кислородом у всех участников. Трижды в неделю они собирали для анализа образцы слюны, мочи и кала и заполняли по два опросника. Образцы воды и растений собирались еженедельно.

По итогам 200-суточной смены Лю Хун рассказала, что сложностей со здоровьем экипажа не было, если не считать пары простуд, и добавила, что часть выращиваемых растений имеет лекарственные свойства. Она не стала отрицать психологических проблем, часть которых была связана с ходом экспериментов. Один из них развивался неожиданно, и потребовалась определенное уточнение графика работы, чтобы решить проблему.

Этот эксперимент, считавшийся наиболее сложным, заключался в изоляции комплекса от естественного внешнего освещения: все иллюминаторы в трех его модулях предстояло закрыть на месяц, чтобы жизнь внутри определялась модуляцией искусственного освещения. В течение этого времени записывались такие показатели, как рост, масса, уровень жира в теле, скорость потребления кислорода, частота сердечных сокращений и прочие физиологические показатели, а с использованием специализированного программного обеспечения и биомаркеров оценивалось психологическое состояние участников.

▼ Как много разнообразной еды можно приготовить из ограниченного числа ингредиентов...





▲ Один взмах ножницами – и Лю Гуанхуэй как новенький



▲ Последняя пересменка. Первый экипаж остается на второй срок

Целью исследования было проследить восприятие испытываемыми световых ритмов, выявить психологические и физиологические измерения в полностью изолированном состоянии и проследить за эмоциональным состоянием членов экипажа. В частности, предстояло изучить функционирование ганглионарных клеток типа ipRGC – третьего типа светочувствительных клеток сетчатки глаза помимо общеизвестных палочек и колбочек. Нервные пути от этих клеток ведут порожденное в них светом возбуждение от сетчатки к гипоталамусу, стимулируя секрецию мелатонина и обеспечивая световое управление циркадными ритмами.

Эксперимент с затенением был начат 6 октября, когда все иллюминаторы заклеили снаружи непрозрачной пленкой. Вместо месяца он продолжался целых шесть недель, из которых три первые экипаж был лишен доступа и к солнечному свету, и к виду за окном. Затем освещение было возвращено к естественному состоянию, но без возможности наблюдать происходящее снаружи.

Ван Вэй, отвечавшая за исследования в области психологии, накопила ценный экспериментальный материал, который намерена использовать в своей магистерской работе о влиянии света на физическое и умственное состояние человека. Предварительный вывод состоит в том, что при полном отсутствии солнечного света нарушаются биологические ритмы человека и его эмоциональное состояние. А что касается личного восприятия...

«Для меня это было самое трудное время», – сказала 26-летняя китайка при выходе

из «Юэгуна». – Из-за отсутствия солнечного света, да еще испытывая давление в связи с работой над диссертацией, я чувствовала усталость и была слегка в депрессии». Но на прямой вопрос, заданный 4 ноября, – не жалеет ли она, что приняла участие в эксперименте, – врач экипажа ответила: «Никаких сожалений. О трудностях здесь я буду помнить год, а если бы не пошла в «Юэгун», жалела бы всю жизнь».

Проблемы были не только у нее. В октябре Лю Гуанхуэй столкнулся с ненормальной работой подсистемы регенерации урины, ему пришлось ремонтировать ее и после этого тщательно присматривать за устройством. «В последнее время я плохо спал», – сообщил он 4 ноября.

В общем, отчитываясь 6 декабря за первые 150 суток второй смены, И Чжихао сравнил ее с марафоном: сначала все делается быстро и весело, на пятикилометровой отметке уходит первоначальная легкость, но к середине вновь становится легче, а на 30–35 км дистанции особенно тяжело и некомфортно. Этот «эффект трех четвертей» известен и вновь проявился в эксперименте «Юэгун-365».

Подсистемы комплекса к отметке 260 суток от начала эксперимента продолжали работать штатно, экосистема оставалась в хорошем состоянии. В жилых помещениях поддерживалась температура +25°C при влажности 40%, в оранжереях она составляла от 22° до 24°C при влажности 60%. Помещения с аппаратурой СЖО имели влажность на уровне 30%, а пищевой склад – 20%.

За время жизни второго экипажа произошло два отключения электропитания по

вине городских властей, когда обесточивался весь университетский городок, а один раз вечером сгорел трансформатор, от которого был запитан сам «Юэгун-1», и электричества в общем модуле не было целую ночь. Прерывать эксперимент из-за этого не пришлось, участники просто ушли спать, но аварии запомнились надолго и им, и обеспечивающей команде.

Интересно, что изоляция комплекса не являлась полной: через шлюз могли передаваться некоторые предметы по строго ограниченному списку – в чистом и дезинфицированном состоянии, чтобы не нанести урон экосистеме. Так, накануне завершения вахты второго экипажа Лю Хун передала внутрь... губную помаду, чтобы ее воспитанницы лучше выглядели при выходе.

### Третий этап

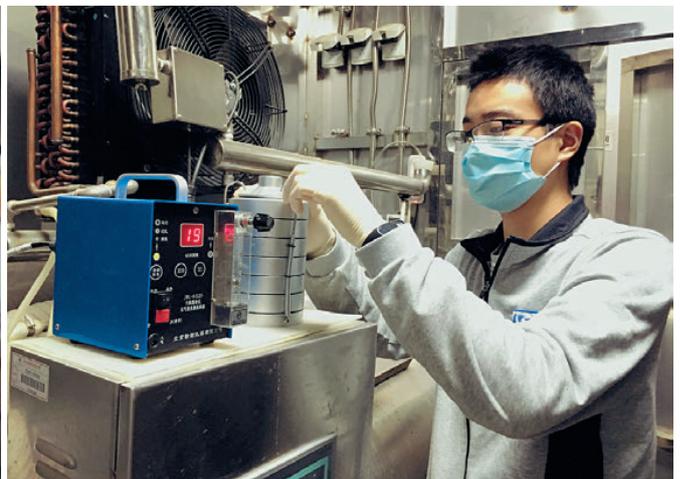
26 января 2018 г. экипаж «Юэгуна» сменился вновь. Команда Лю Гуанхуэя, отработав 200 суток и установив мировой рекорд жизни в замкнутой среде, вышла из комплекса, а экипаж Лю Хуэй заселился в него во второй раз.

Как и в июле, пересменка началась утром с торжественной церемонии перед входом в экспериментальную установку. В числе почетных гостей были главный инженер Государственного управления оборонной науки, техники и промышленности, генеральный секретарь Китайской национальной космической администрации Тянь Юйлу (田玉龙) и вице-президент Бэйхана академик Фан Цзяньчэн (房建成). Лю Хун и гости напутствовали новый экипаж.

▼ Мониторинг глюкозы в крови



▼ Обслуживание системы жизнеобеспечения





▲ Главный конструктор корабля «Шэньчжоу» Ци Фажэнь приветствует участников эксперимента

Лю Хуэй, Лю Дяньлэй, Гао Хань и Ху Цзинфэй произнесли клятву и ответили на вопросы корреспондентов. Был среди них и такой: похожа ли жизнь в «Юэгун-1» на события в нашумевшем фильме «Марсианин»? Лю Хуэй подчеркнула, что в американском сценарии использовалась только одна культура – картофель. «Их система очень проста – только растения и человек. Наша намного более сложная: она включает людей, животных, растения и микроорганизмы. Наша установка самодостаточна: выращиваемые растения удовлетворяют наши потребности, а питание для них поступает из жилого отсека».

С четверкой, которая заканчивала эксперимент, репортерам пришлось общаться по телефону. Ван Вэй сказала, что за время «отсидки» пропустила много возможностей найти хорошую работу и решила сразу заняться докторской диссертацией. «Но сначала хочу поесть апельсинов, – призналась она. – Внутри у нас была только клубника».

Вечером 26 января, между 16:00 и 18:00, группа Лю Гуанхуэ покинула комплекс и на неделю поступила под наблюдение университетских врачей: после длительного пребывания в контролируемой среде контакт с большим количеством патогенных микроорганизмов считался опасным.

Итак, новый экипаж начал работу в «Юэгун-1». Третья смена должна была продлиться 105 суток, захватив китайский

▼ После окончания эксперимента все его участники и приглашенные гости сфотографировались на память

Новый год, или праздник Весны. «Мы все продумали, – сказала Ху Цзинфэй. – В канун Нового года мы слепим пельмени и будем смотреть концерт. Мы сможем поговорить с домашними по видеосвязи. Мы не будем одиноки». Она добавила, что первый экипаж образовали представители северных провинций Китая, которые знают толк в мучных изделиях, а многочисленные овощи отлично дополняют вид праздничного стола.

В итоге 15 февраля одновременно лепили пельмени и отмечали праздник Весны вся лаборатория Лю Хун – в зале перед комплексом «Юэгун-1», а четверо его обитателей – внутри, наблюдая друг за другом по телевизионной трансляции. А 8 марта команда отпраздновала не только Женский день, но и день рождения Ху Цзинфэй.

Лю Хун говорила, что для последней смены предусмотрены наиболее жесткие эксперименты с точки зрения поддержания обитаемости в замкнутом объеме, в том числе отказы электромеханических систем и принудительное отключение электропитания: «Мы будем смотреть, как вся система жизнеобеспечения реагирует на ударные нагрузки».

Руководитель эксперимента умолчала еще об одном испытании для экипажа Лю Хуэй, психологическом: им предстояло находиться в комплексе 110 суток вместо 105 по плану. Об этом бонавтам сообщили лишь в конце апреля, чтобы затем проследить за реакцией испытуемых – как физиологической, так и психологической. Ху Цзинфэй отреагировал записью от 2 мая в духе «ну мы же испытатели, и к тому же можно собрать больше данных».

15 мая 2018 г. в торжественной обстановке Лю Хуэй, Лю Дяньлэй, Гао Хань и Ху Цзинфэй вышли из экспериментального комплекса, неся в руках лукошко клубники, свежие овощи из оранжереи – морковь, перцы, баклажаны, помидоры, огурцы, а также образцы пшеницы и сои. Дверь им открывали профессор Лю Хун и четыре академика Инженерной академии Китая: главный конструктор пилотируемого корабля «Шэньчжоу» Ци Фажэнь (戚发劼), специалист по человеко-машинному взаимодействию Ван Цзюнь (王澐), эксперт в области виртуальной реальности и искусственного интеллекта Чжао Циньпин (赵沁平) и вице-президент Бэйхана Фан Цзяньчэн.

В зале присутствовали заместитель директора департамента системного проектирования ГУОНТП Чжао Цзянь (赵坚),

член Национального экспертного совета по космической науке профессор Лю Чжихэн (刘志恒), заместитель командующего проектом китайской космической станции Пань Пин (潘平), начальник испытательного отделения проекта космической станции Ли Вэй (李卫), заместитель директора Центра исследования Луны и космических проектов Лю Тунцзе (刘彤杰). Церемонии освещали ведущие СМИ Китая: газета «Жэньминь жибао», новостное агентство Синьхуа, Центральное радио и телевидение, газеты «Гуанмин жибао» и China Daily, а также около 50 зарубежных корреспондентов.

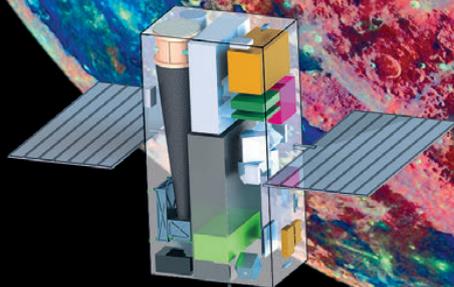
Командир экипажа Лю Хуэй доложила об окончании работы в комплексе и поблагодарила всех, кто ее обеспечивал. Главный конструктор Лю Хун отметила успешное завершение самого длительного эксперимента в замкнутой биорегеративной системе жизнеобеспечения с демонстрацией длительного стабильного существования искусственной экосистемы при изменяющихся нагрузках и в чрезвычайных ситуациях. Она рассказала об истории проекта «Юэгун-1» и напомнила, что в нем достигнут 98-процентный уровень самообеспечения – опять же наиболее высокий в мире. Такие технологии являются ключевыми для долгосрочного проживания людей на Луне и на других планетах, сказала Лю Хун.

Профессор Лю сообщила, что ее следующим проектом должна стать миниатюрная экспериментальная установка с биорегеративной СЖО, которую можно будет доставить на космическую станцию или на поверхность Луны или Марса. Контрольный экземпляр установки останется на Земле, чтобы можно было сравнить состояние систем в различных условиях.

В январе во время последней перемены Лю Хун заговорила об этом впервые и отметила, что за реализацию этого плана предстоит упорная борьба. 12 апреля было объявлено, что эксперимент с микробиосферой действительно будет проведен на посадочном аппарате «Чань-4» в конце 2018 г., но его главным разработчиком назван Чунцинский университет, объединивший усилия 27 других вузов. В алюминиевом контейнере массой 3 кг и объемом всего 0,8 л будут проращивать картофель и арабидопсис, возможно, будут развиваться и яйца шелкопряда. ■

Автор благодарен профессору Лю Хун за предоставленные информационные материалы и фотоснимки





## Навигация и флуоресценция в рентгеновском диапазоне

И. Афанасьев.

«Новости космонавтики»

3 мая NASA сообщило о намерении Смитсоновской астрономической обсерватории запустить к Луне кубсат CubeX, оснащенный инновационной системой навигации по рентгеновским пульсарам (сокращенно XNAV) – космическим источникам рентгеновского излучения, приходящего на Землю в виде периодически повторяющихся импульсов.

Интерес к новой технологии, пригодной для определения местоположения КА в дальнем космосе, вспыхнул после того, как научные специалисты Центра космических полетов имени Годдарда, работавшие под руководством Кейта Джендро (Keith Gendreau), успешно продемонстрировали метод рентгеновской навигации в ходе эксперимента SEXTANT (Station Explorer for X-ray Timing and Navigation Technology). Аппаратура NICER (Neutron star Interior Composition Explorer) на МКС, включающая 52 рентгеновских телескопа и служащая для исследования внутреннего состава нейтронных звезд, использовалась для регистрации рентгеновского излучения с четырех миллисекундных пульсаров. Полученные временные данные были введены в бортовые алгоритмы, которые автономно выдали решение навигационной задачи определения местоположения NICER на околоземной орбите.

Эксперимент SEXTANT, проведенный в 2017 г. и профинансированный Директоратом космических технологий NASA как одна из «программ, меняющих правила игры» (Game Changing Development), подтвердил, что миллисекундные пульсары могут служить для определения точного местоположения объекта, движущегося с космической скоростью.

Ожидается, что команда сможет осуществить еще одну демонстрацию метода XNAV до начала лета 2018 г., чтобы получить ответ на вопрос: можно ли улучшить и без того впечатляющую точность этой технологии? Об этом сообщил менеджер проекта SEXTANT Джейсон Митчелл (Jason Mitchell), сотрудник Центра Годдарда.

Тем временем ученые группы SEXTANT разработали для Космического центра имени Джонсона в Хьюстоне специальный стенд для имитации слабых сигналов, получаемых от пульсаров, – так называемый «пульсар на столе». Дело в том, что пилотируемая программа проявляет интерес к методам рентгеновской навигации: соответствующие измерения пригодятся для проверки алгоритмов, разрабатываемых для будущих пилотируемых миссий в дальний космос, например в проекте окололунной станции DSG (НК № 12, 2017, с.20-23). Более того, соответствующие датчики, дополняя оптическое навигационное оборудование, послужат для автономного определения местоположения КА в случае потери связи с Землей и для снижения навигационной нагрузки Сети дальней космической связи NASA.



Летные испытания метода XNAV намечены в ходе миссии кубсата CubeX, который разрабатывают Сюзанн Ромейн (Suzanne Romaine) из Смитсоновской астрофизической лаборатории и Джэсуб Хон (JaeSub Hong) из Гарвардского университета и их сотрудники. Джендро и Митчелл являются членами команды проекта, в котором также участвуют Массачусеттский технологический институт и Институт Карнеги из Вашингтона.

CubeX, представляющий собой аппарат на базе 12-блочного (12U) кубсата, в своей первой миссии полетит к Луне в качестве попутного полезного груза вместе с аппаратом, который будет запущен на высокую окололунную орбиту (4000×6000 км). На кубсате будет размещен спектрометр для получения

изображений в мягком рентгеновском диапазоне (0.2–8 кэВ), в котором используется миниатюрная рентгеновская оптика MiXO (Miniature lightweight x-ray optics) и комбинация рентгеновских датчиков типа КМОП и кремниевого дрейфового детектора в фокальной плоскости.

По замыслу авторов проекта, CubeX будет измерять и фиксировать моменты прихода сигнала от миллисекундных пульсаров из списка SEXTANT, после чего бортовой алгоритм использует эти данные для расчета траектории спутника. Команда затем сопоставит решение CubeX с данными, полученными с помощью Сети дальней связи DSN.

В частности, новая конструкция фокальной плоскости CubeX позволяет проводить дельта-коррекцию с использованием пульсаров в Крабовидной туманности и PSR B1937+21 и оценивать характеристики абсолютной навигации путем последовательных наблюдений нескольких миллисекундных пульсаров на «темной» стороне орбит.

«[Миссия CubeX] – это толчок к тому, чтобы перевести технологию на рабочие рельсы, – полагает Митчелл. – Это большая возможность для подтверждения ценности метода для навигации в дальнем космосе».

Конечно, демонстрация метода рентгеновской навигации – лишь попутная цель полета CubeX. Основной задачей является определение состава нижнего слоя коры Луны и верхнего слоя мантии для понимания происхождения и эволюции естественного спутника Земли. Новые знания о мантии Луны могут дать ключ к пониманию того, как сформировалась наша единая система из двух планетных тел.

CubeX сможет составить карту элементного состава поверхности ближайшего к нам небесного тела с использованием рентгеновской флуоресценции XRF (X-ray Fluorescence), широко применяемой в науке и промышленности. Метод основан на возникновении рентгеновских фотонов при возбуждении отдельных атомов в лунных материалах под влиянием внешнего источника энергии, такого как рентгеновское излучение Солнца. После того как набор «флуоресцентных» фотонов будет обнаружен миниатюрным бортовым рентгеновским оптико-спектральным анализатором, ученые смогут сказать, из каких элементов состоит внешний слой лунной мантии, местами выходящий на поверхность ударных метеоритных кратеров, а также покрывающая ее кора.

Высококачественная обработка изображений, полученных CubeX, позволит использовать гибкие условия наблюдения с относительно стабильными эллиптическими полярными лунными орбит. В течение года CubeX будет изучать свыше восьми ключевых регионов геологических интересов на Луне, чтобы создать элементную карту высокого разрешения (0.6–2.3 км) для каждого региона размером примерно 35–140 км.

Миссия CubeX стартует не ранее 2023 г., чтобы использовать преимущества следующего максимума солнечной активности: он обеспечит устойчивую бомбардировку Луны рентгеновскими лучами высокой энергии и вызовет флуоресценцию подлежащей интенсивности. ■

11 мая NASA объявило, что готово включить в состав миссии Mars 2020\* «Марсианский вертолетный разведчик» (Mars Helicopter Scout, или просто Mars Helicopter) – демонстратор технологий полета в атмосфере чужой планеты, который сможет послужить прототипом поисковых аппаратов, полезных для будущих посадочных миссий.

«Способность заглянуть за лежащий впереди холм имеет решающее значение для будущих исследователей, – полагает заместитель администратора NASA по космической науке Томас Цурбухен (Thomas Zurbuchen). – Можно представить, чего в будущем смогут достичь аппараты, способные оценить свой путь с высоты птичьего полета...»

«Марсианский коптер» – миниатюрный летательный аппарат-дрон массой около 1.8 кг с соосными несущими винтами диаметром 1.1 м. Его фюзеляж выполнен в форме куба с ребром 14 см: в крайне разреженной атмосфере Красной планеты аэродинамическое сопротивление слишком мало, чтобы «вылизывать» аэродинамику. Роторы вращаются со скоростью до 3000 об/мин, что в 10 раз превышает частоту вращения винта наземных вертолетов. Винты приводятся во вращение электродвигателем мощностью 220 Вт, питаемым от литий-ионного аккумулятора. Последний подзаряжается от солнечных батарей и используется также для нагрева аппарата, чтобы механизм не замерз марсианской ночью.

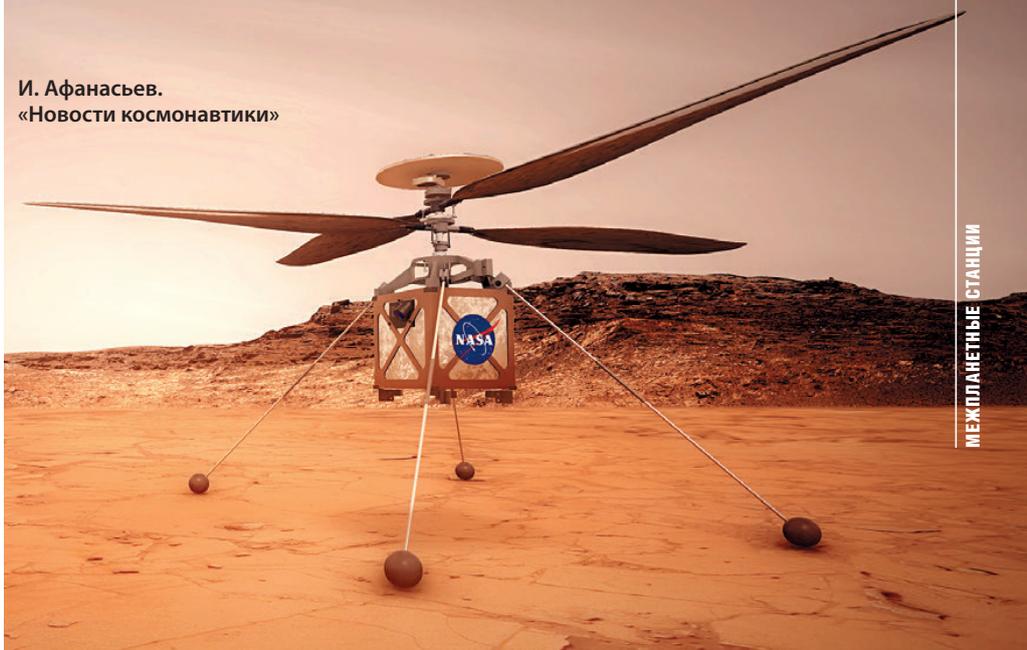
Основная полезная нагрузка коптера – цветная видеокамера с высоким разрешением. Для визуальной навигации используется солнечный датчик вкупе с инерциальной навигационной системой, устройствами визуальной одометрии, датчиками наклона, выотомером и детектором опасного сближения.

Коптер десантируется вместе с ровером и в течение месяца после посадки совершит до пяти коротких полетов, проводя рекогносцировку расчетной трассы движения планетохода, помогая в планировании маршрутов поездок, предотвращая возможные опасности (скрытые неровности местности) и выявляя точки, интересные для исследователей. В первом полете коптер поднимется на высоту 3 м и зависнет на 30 сек. Дальность и высота последующих полетов будут последовательно увеличиваться до 600 и 400 м соответственно, их продолжительность достигнет 90 сек.

Несмотря на сравнительно небольшие масштабы, проект коптера является средоточием технических проблем. Например, с возможностью получения подъемной силы в воздухе, плотность которого на два порядка ниже земной.

«Чтобы заставить его летать в атмосфере со столь низкой плотностью, нам пришлось тщательно изучить все, чтобы сделать его максимально легким и при этом настолько мощным, насколько это возможно», – рас-

И. Афанасьев.  
«Новости космонавтики»



## Коптер для Марса

Разработка коптера началась в августе 2013 г. в Лаборатории реактивного движения JPL (Jet Propulsion Laboratory). Проектирование велось отдельно от основного аппарата, но было скоординировано так, чтобы в нужный момент добавить коптер к марсоходу. В 2017 г. аппарат прошел испытания в Арктике, но тогда запрашиваемые на проект 15 млн \$ не были выделены. В марте 2018 г. проект получил 23 млн \$, а 1 мая на заседании Комитета по научным исследованиям Национальной академии США исполняющий обязанности заместителя администратора NASA Стив Юрчик (Steve Jurczyk) сообщил, что решение о целесообразности использования коптера в этой миссии будет принято до конца мая.

сказывает Мими Аунг (Mimi Aung), менеджер проекта Mars Helicopter в JPL. Кроме того, коптер должен будет иметь возможность работать автономно, учитывая длительный лаг при связи с Землей.

«[Аппарат] не имеет пилота, а Земля будет в нескольких световых минутах [от Марса], поэтому нет возможности джойстиком управлять этой миссией в режиме реального времени, – поясняет Аунг. – Вместо этого у нас есть возможность автономно принимать и интерпретировать команды с Земли, а затем самостоятельно решать задачу».

Помимо технических сложностей, есть и проблемы организационного характера. Несмотря на формальное объявление и выделение финансирования, проекту еще предстоит доказать свою значимость, поскольку у него есть противники. Так, 3 мая на заседании Совета по изучению космоса Национальной академии наук Кен Фарли (Ken Farley), научный руководитель проекта Mars 2020, предупредил, что он и другие сотрудники миссии обеспокоены: «Я не сторонник

вертолета и не верю, что команда Mars 2020 выступает за него».

Фарли пояснил, что команда Mars 2020 отработала размещение мини-вертолета и не беспокоится о каких-либо технических рисках для миссии: «Все согласны, что это не поставит миссию под угрозу. Все решения, которые принимаются, должны соответствовать этому принципу». Однако проблема заключалась в том, что добавление коптера может помешать основным научным операциям ровера, пусть даже и лишь в течение 30-дневного испытательного периода.

В то же время у «марсианского коптера» есть и сильные сторонники. «Идея вертолета, летающего в небесах другой планеты, вдохновляет, – заявил администратор NASA Джеймс Брайденштейн (James Bridenstine). – «Марсианский коптер» имеет большие перспективы для наших будущих исследований в области науки, открытий и разведки на Марсе». И Брайденштейн, и член Палаты представителей, республиканец от штата Техас, председатель подкомитета по ассигнованиям Джон Калберсон (John Culberson) подчеркивают, что в случае успеха «марсианский коптер» станет первым аппаратом тяжелее воздуха\*\*, который будет летать в другом мире. «Это захватывающее и увлекательное достижение вдохновит молодых людей по всей территории США становиться учеными и инженерами, прокладывая путь для еще больших открытий в будущем», – агитирует Калберсон.

Аналогичной точки зрения придерживается Томас Цурбухен. «Изучение Красной планеты с помощью «марсианского коптера» разработки NASA свидетельствует об успешном влиянии инноваций в области науки и техники и является уникальной возможностью для продвижения исследований Марса, – считает заместитель администратора NASA. – После того, как братья Райт 117 лет назад доказали, что на Земле возможен устойчивый и контролируемый моторный полет, другая группа американских пионеров сможет доказать, что то же самое можно сделать и в другом мире». ■

\* Проект запуска автоматического планетохода, предназначенного для астробиологических исследований древней среды на Марсе, поверхности планеты, геологических процессов, а также изучения истории, в частности оценки прежней обитаемости планеты, поиска доказательств жизни в пределах доступных геологических материалов. Плановый срок старта – июль-август 2020 г., время прибытия к цели – февраль 2021 г.

\*\* Первыми аппаратами, совершавшими длительный полет в инопланетной атмосфере, стали азростатные зонды советских межпланетных станций «Вега-1» и «Вега-2», дрейфовавшие в атмосфере Венеры 11–13 и 15–17 июня 1985 г.



Cygnus

Orbital ATK

ANTARES

Antares