

# 08 НОВОСТИ 2014 КОСМОНАВТИКИ



ИЗДАЕТСЯ ПОД ЭГИДОЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА  
И ВОЙСК ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ

Журнал для профессионалов  
и не только



ISSN 1561-1078

9 771561 107002 >

Журнал основан в 1991 г. компанией «Видеокосмос». Издается Информационно-издательским домом «Новости космонавтики» под эгидой Роскосмоса и Войск воздушно-космической обороны Информационный партнер: журнал «Космические исследования» 太空探索, КНР

#### Редакционный совет:

**А. В. Головкин** – командующий Войсками воздушно-космической обороны,  
**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»,  
**О. Н. Остапенко** – руководитель Роскосмоса,  
**Р. Пишель** – глава представительства ЕКА в России,  
**Б. Б. Ренский** – директор «R&K»,  
**В. А. Шабалин** – президент Страхового центра «Спутник»

#### Редакционная коллегия:

**Главный редактор:** Игорь Маринин  
**Обозреватель:** Игорь Лисов  
**Редакторы:** Игорь Афанасьев, Сергей Шамсутдинов, Александр Ильин, Андрей Красильников  
**Специальный корреспондент:** Екатерина Землякова  
**Дизайн и верстка:** Олег Шинькович, Татьяна Рыбасова  
**Литературный редактор:** Алла Синицына  
**Редактор ленты новостей:** Константин Иванов

#### Распространение:

Валерия Давыдова  
**Подписка на НК:**  
по каталогу «Роспечать» – 79189  
по каталогу «Почта России» – 12496  
по каталогу «Книга-Сервис» – 18496  
через агентство «Урал-Пресс» (495) 961-23-62

#### Адрес редакции:

105318, Москва, ул. Ткацкая, д. 7  
Тел.: (499) 912-84-02, факс: (499) 912-82-14  
E-mail: nk@novosti-kosmonavtiki.ru  
Web: www.novosti-kosmonavtiki.ru  
Тираж 8500 экз. Цена свободная  
Отпечатано в Патриаршем ИПЦ, Зак. № 304  
Подписано в печать 29.07.2014  
Журнал издается с августа 1991 г.  
Зарегистрирован в Государственном комитете РФ по печати № 0110293

© 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.

### В номере:

#### ЮБИЛЕИ

1 Маринин И.  
Алексея Архиповича с юбилеем!

#### ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

3 Красильников А., Хохлов А.  
Полет экипажа МКС-40  
Июнь 2014 года

12 Красильников А.  
Итоги полета 39-й основной экспедиции на МКС

13 Красильников А.  
ВКД-38,  
или «Весело сегодня было»

#### КОСМОНАВТЫ. АСТРОНАВТЫ. ЭКИПАЖИ

16 Шамсутдинов С.  
Кандидаты в космонавты завершили общекосмическую подготовку

#### ЗАПУСКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

18 Красильников А.  
2500-й спутник «Космос»

21 Афанасьев И., Кучейко А.  
Первый российский частный спутник на орбите.  
«Днепр» вывел более 30 аппаратов

34 Чёрный И.  
PSLV запускает прикладные и исследовательские спутники

#### ПРЕДПРИЯТИЯ. ОРГАНИЗАЦИИ

39 Афанасьев И.  
Празднование 100-летия  
Владимира Челомея

#### СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ

40 Чёрный И.  
«Своя игра – 2»

#### ПРОЕКТЫ. ПЛАНЫ

42 А.И. Григорьев, К.А. Труханов,  
И.Б. Ушаков, О.И. Орлов  
Цели и задачи освоения Луны

#### СОВЕЩАНИЯ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВЫСТАВКИ

44 Ильин А.  
Новые идеи для нашей промышленности.  
Круглый стол МГУ – Роскосмос

#### АСТРОНОМИЯ. ПЛАНЕТОЛОГИЯ

46 Ильин А.  
Hubble смотрит в бездну

#### МЕЖПЛАНЕТНЫЕ СТАНЦИИ

53 Афанасьев И.  
Испытан надувной тормоз для посадки на Марс

#### СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

54 Афанасьев И., Воронцов Д.  
Несостоявшаяся «Заря»

58 Лисов И.  
Величайший межпланетный проект К 30-летию юбилею «Вояджеров»

68 Декстер В.  
Ленинградские двигатели

#### СТРАНИЦА ПАМЯТИ

72 Памяти Владимира Поповкина

### ОБЪЯВЛЕНИЕ

У Ассоциации музеев космонавтики (АМКос) изменился адрес офиса и контактный телефон.



Новый адрес: **129090, г. Москва,  
ул. Каланчевская, д. 47, пом. V**

Проезд:

- М. «Проспект Мира» (кольцевая), далее пешком или на трамвае №7, 19 до остановки «Большой Балканский переулок».
- М. «Комсомольская», далее пешком или на трамвае №7, 19 до остановки «Пантелеевская улица»;
- троллейбусом №14 до остановки «Большой Балканский переулок» (туда), остановка «Пантелеевская улица» (обратно).

Телефон: **(495) 680-22-10**  
E-mail: amcos50@mail.ru

**30** мая дважды Герою Советского Союза, летчику-космонавту СССР, генерал-майору авиации запаса Алексею Архиповичу Леонову исполнилось 80 лет!

Алексей Архипович – человек-легенда: член первого отряда космонавтов, друг Юрия Алексеевича Гагарина, первый человек, шагнувший в открытый космос, участник первого в мире международного космического полета... В нашей стране, пожалуй, не найдется никого, кто не знал бы Алексея Леонова.

А начиналось все в Кемеровской области, в селе Листвянка, где в 1934 г. в многодетной семье (шесть сестер и два брата) электрослесаря-железнодорожника родился Леша Леонов. В 1937 г. семья переехала в Кемерово, а в 1947 г. – в Калининград (бывший Кёнигсберг). Здесь он стал заниматься спортом, причем на хорошем уровне: получил 3-й разряд по фехтованию, 2-й по велоспорту. Еще любил бег и метание копья.

Видимо, в этом только что ставшем русским городе и зародилась у Алексея мечта стать летчиком, и он, закончив десятилетку в 1953 г., по комсомольскому набору поступил в 10-ю Военную авиационную школу первоначального обучения летчиков в Кременчуге, так называемую «первоначалку». Там он «получил крылья» (как говорили позже его друзья американские астронавты) и стал пилотом. Через два года, в 1955 г., он поступил в Чугуевское высшее авиационное училище летчиков, по окончании которого в звании лейтенанта продолжил службу в 113-м истребительном авиаполке 10-й гвардейской истребительной авиадивизии 69-й воздушной армии, дислоцировавшейся в Киевском военном округе.

Когда в дивизию прибыла комиссия отбирать лучших летчиков для полетов на «новой технике», Алексей оказался в числе первых. В октябре 1959 г. его вызвали в Москву в ЦВНИАГ, где он прошел углубленное медицинское обследование и был «признан годным к спецподготовке» (про космические полеты вслух никто не говорил). Именно там, в ЦВНИАГе, он познакомился и подружился с будущим первым космонавтом планеты Юрием Гагариным.

По возвращении в полк Алексея ждала новость: его переводят с повышением на должность старшего летчика в 294-й отдельный разведывательный авиаполк 24-й воздушной армии, дислоцировавшейся в Германии. Но служить летчиком-разведчиком пришлось недолго. 7 марта 1960 г. вышел приказ Главкома Военно-воздушных сил №267 о зачислении Леонова и еще 11 летчиков на должность «слушатель-космонавт» в в/ч 26266, ставшую Центром подготовки космонавтов Военно-воздушных сил. Еще восемь летчиков были отобраны в марте–июне. Таким образом, Алексей Леонов оказался в первой двадцатке кандидатов на первый космический полет.

Сборы в дорогу были быстрыми, и уже 14 марта 1960 г. он приступил к подготовке в составе группы. Летом 1960 г. была сформирована и начала готовиться по ускоренной программе первая шестерка космонавтов. В нее Алексей не попал, но старался делать все, чтобы приблизить и свой будущий старт.



## Алексея Архиповича с юбилеем!

30 марта 1961 г. он сдал экзамены и получил квалификацию «космонавт». Тогда же его включили в группу подготовки для полетов на КК «Восток», так как в то время было не ясно, сколько будет изготовлено кораблей этого типа и сколько их закажет ВВС.

В апреле 1963 г. он стал одним из четверых слушателей, назначенных для подготовки к длительному полету на «Востоке-5», но не полетел, потому что был на 15 кг тяжелее Валерия Быковского (а при длительном полете корабль перегружен) и потому что полный курс его подготовки не успевал завершиться до 15 июня – планируемая крайняя дата старта.

А в августе 1964 г. Леонова назначили вторым пилотом – выходящим первого экипажа корабля «Выход», или ЗКД (так назывался корабль для выхода в открытый космос, сделанный на базе «Востока») и получивший после старта название «Восход-2»). Вместе со старшим товарищем Павлом Беляевым он прошел полную подготовку к выходу в открытый космос, отрабатывая все операции во время короткой невесомости в самолете-лаборатории Ту-104 (12 полетов) и Ил-14 (6 полетов).

Первый космический полет Алексея Леонова состоялся 18–19 марта 1965 г. Он стал

легендарным не только из-за первого в мире выхода в открытый космос, но и из-за огромного числа нештатных ситуаций, многие из которых угрожали жизни космонавтов и из которых с честью выбрались Леонов и Беляев. Там было и падение давления, и перенасыщение кислородом атмосферы корабля, и увеличение объема скафандра, и отказ автоматической ориентации и, как следствие, посадка вместо степи Казахстана в Пермской тайге, и двое суток в снежном лесу, и поход на лыжах к вертолету...

Полет Алексея Архиповича продолжался всего одни сутки, и менее 24 минут провел он в условиях космического вакуума, но опасных ситуаций хватило бы другому человеку на целую жизнь. Звание Героя Советского Союза и орден Ленина, а также высшие награды Народной Республики Болгарии, Германской Демократической Республики, Демократической Республики Вьетнам, Венгерской Народной Республики и Сирии – подтверждение тому. В день старта ему досрочно присвоили очередное звание «подполковник» и внеочередное «Военный летчик 1-го класса».

Но почивать на лаврах герой космоса не собирался. Параллельно с обязательной программой поездок по Советскому Союзу



и в дружественные страны Алексей Леонов (об этом мало кто помнит) был делегатом съездов КПСС, ВЛКСМ и действующим депутатом Моссовета (с 1966 по 1970 г. и с 1979 по 1984 г.).

В январе 1967 г. была образована группа для подготовки к облету Луны на двухместном корабле Л-1 «Зонд», запускавшемся челомеевской ракетой УР-500К (позже получившей название «Протон-К»). Конечно, как один из наиболее подготовленных космонавтов в группу был назначен Леонов. Вскоре был сформирован экипаж для первого облета Луны: командир – Алексей Леонов, бортинженер – Олег Макаров, еще нелетавший космонавт ЦКБЭМ.

Одновременно с программой облета Луны в нашей стране разрабатывалась и программа высадки космонавта на ее поверхность – Н-1–Л-3. На орбиту Селены, как предусматривалось программой, доставлялись два космонавта. Один из них оставался

бы в лунном орбитальном корабле (ЛОК) на орбите Луны, другой через открытый космос переходил в лунный корабль (ЛК, посадочный), расстыковывался, совершал посадку на поверхность, проводил там эксперименты и фотографирование. Затем он вручную стыковал лунный корабль с ЛОКом и – вновь через открытый космос – возвращался в кабину. Такой «кордебалет» с тремя подряд очень сложными работами в открытом космосе и на поверхности в громоздком скафандре мог выполнить только очень сильный, смелый и находчивый человек. Таким и был Алексей Леонов. И вновь его вместе с очень квалифицированным инженером и мягким, покладистым Олегом Макаровым назначили в первый экипаж. Это случилось 21 января 1968 г.

Таким образом, Алексей готовился сразу по двум лунным программам. Интересный факт: он отрабатывал ручную посадку на лунную поверхность в кабинах вертолетов Ми-4 и Ми-8. Проходило это следующим образом: летчик-инструктор с Леоновым поднимал вертолет на определенную высоту. В это время остекление перед космонавтом было занавешено. Затем инструктор выключал двигатель – и вертолет в режиме авторотации снижался по траектории, близкой к посадке на Луну. На высоте около 70 метров штору отдергивали – и Алексей должен был за оставшиеся 30–40 секунд выбрать место посадки и посадить вертолет. Именно столько времени у него было бы для посадки реального лунного корабля.

Всего А. А. Леонов выполнил девять самостоятельных посадок, и все удачно. Он также провел множество тренировок по переходу в лунный корабль и обратно в новом, специально разработанном для Луны скафандре «Орлан-94», прообразе нынешних скафандров «Орлан МКС».

Однако из-за преследовавших программу УР-500К–Л-1 неудач пилотируемый облет нашего естествен-

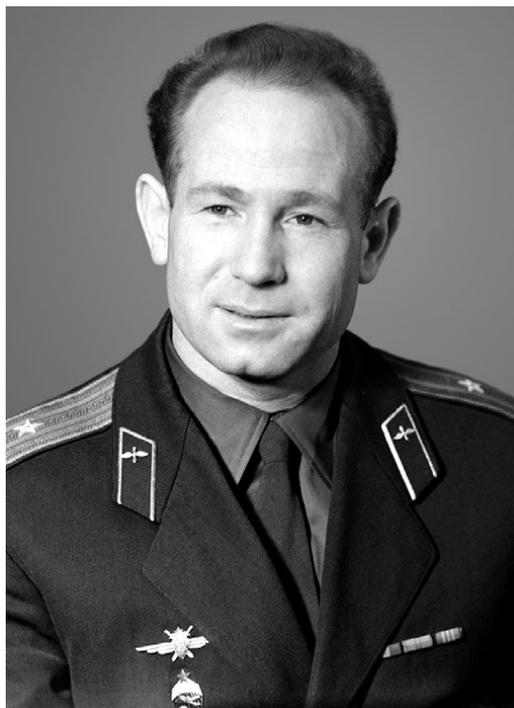
ного спутника многократно откладывался. В декабре 1968 г. американские астронавты на «Аполлоне-8» облетели Луну первыми – и полет Л-1 потерял актуальность.

Не шла и программа Н-1–Л-3. 21 февраля 1969 г. при первом пуске на 69-й секунде полета произошла авария. 95-метровая ракета упала в степи. 3 июля того же года при втором пуске Н-1 упала на стартовый комплекс, который был сильно поврежден взрывом. В том же месяце американские астронавты высадились на Луну и успешно вернулись обратно. Стало ясно, что наш лунный полет будет нескоро, если вообще состоится, и в мае 1970 г. Алексея Леонова перевели в группу для подготовки к первому полету на первую в мире долговременную орбитальную станцию ДОС-1 «Заря» (после вывода на орбиту названа «Салют») в качестве командира второго экипажа – вместе с Валерием Кубасовым и Петром Колодиным.

23 апреля 1971 г. к станции «Салют» стартовал «Союз-10» с экипажем: В. Шаталов, А. Елисеев, Н. Рукавишников. Они успешно состыковались со станцией, но стягивания не произошло. Механизм стыковочного узла корабля сломался из-за несовершенства конструкции и неправильной логики работы двигателей причаливания и ориентации. С большим трудом при помощи «Земли» космонавты отстыковали «Союз-10» от негостеприимной станции и через сутки вернулись на Землю.

Настал черед дублеров выполнить программу первой экспедиции на ДОС-1. Пуск корабля «Союз-11» был назначен на 6 июня 1971 г., но... Во время предстартового медобследования у бортинженера Валерия Кубасова обнаружили затемнение в легком. Врачи перестраховались и запретили ему лететь. Алексей был вне себя. Срывался столь долгожданный второй полет! Госкомиссия рассматривала варианты: заменить Кубасова на бортинженера дублирующей командира Волкова или заменить целиком экипаж. Леонов настаивал на замене Кубасова и вроде договорился с членами Госкомиссии, но тут проявил характер Владислав Волков, тоже уже летавший и знавший себе цену. Он категорически настоял на замене всего экипажа. За два дня до старта, сразу после вывоза ракеты с кораблем на стартовый комплекс, госкомиссия приняла решение заменить весь экипаж.

6 июня «Союз-11» с Георгием Добровольским, Владиславом Волковым и Виктором Пацаевым стартовал. А Леонов в экипаже с Николаем Рукавишниковым, заменившим Кубасова, и Петром Колодиным начал готовиться по программе второй экспедиции на «Салют». Чем закончился полет экипажа Добровольского, мы знаем: из-за разгерметизации корабля космонавты погибли. Как потом выяснилось, спасти себя экипаж не мог. Клапан выравнивания давления между кабиной и «улицей» был закручен не до конца и открылся еще в космосе – сразу после разделения отсеков корабля. Весь воздух вышел за несколько минут. Скафандры у космонавтов не было. Исследование показало, что у следующего корабля, на котором должен был лететь Леонов во вторую экспедицию на «Салют», клапан тоже был не закручен, так что экипаж ждала бы та же участь. Однако полет второй экспедиции



во главе с Леоновым отменили. Так судьба в очередной раз спасла Алексея Леонова от неминуемой гибели. А затемнение в легком у В. Кубасова пропало само по себе и без последствий.

Несмотря на трагедию, Алексей Архипович наперекор судьбе вновь стремился в космос. Уже в октябре 1971 г. вместе со «спасителем» Кубасовым он начал готовиться к полету в качестве командира первой экспедиции на следующую станцию ДОС-2 с испытанием двухместного варианта корабля «Союз» со скафандрами «Сокол-К». Но и этот полет не состоялся. 29 июля 1972 г. «Протон» с ДОС-2 на борту потерпел катастрофу.

И вот новая подготовка... Так как готовых «Салютов» больше не было, решили проверить модифицированный «Союз» в автономном полете. И вновь экипаж Леонова первый в очереди. И опять не судьба: госкомиссия решила запустить этот корабль в беспилотном режиме.

У кого-то другого могли опуститься руки, но только не у Леонова. Он вновь добился включения в первый экипаж на следующую, третью ДОС и начал подготовку 25 октября 1972 г. с необычайным упорством. Полет близился. 11 мая 1973 г. успешно выведена на орбиту ДОС-3, но... из-за технических неполадок на борту станция выработала все топливо для ориентации и коррекции и стала неуправляемой. Полет Леонова опять не состоялся...

За 12 лет Алексей Архипович прошел девять непосредственных подготовок к полетам, восемь из них – в качестве командира первого (основного) экипажа, а из этого числа – четыре подготовки вместе с В. Кубасовым! И всего один космический полет! Кто выдержит такую нагрузку? Но он ведь выдержал...

И вот судьба наконец улыбнулась. С конца 1970 г. между АН СССР и NASA (США) шли переговоры о совместном полете американского и российского кораблей со стыковкой и взаимным посещением экипажей. Эта программа получила название «Экспериментальный полет Аполлон–Союз» (сокращенно ЭПАС). Когда дело дошло до назначений, естественно, как самый подготовленный первым был назначен экипаж Леонов–Кубасов. Полет на корабле «Союз-19» прошел 15–21 июля 1975 г. очень удачно, если не считать отказ цветной телекамеры незадолго до старта, которую космонавтам удалось отремонтировать уже на орбите. Вторая Звезда Героя, второй орден Ленина и звание генерал-майора авиации стали признанием подвига Алексея Архиповича.

Больше к космическим полетам Алексей Леонов не готовился. Космические подготовки он совмещал с успешной учебой, активной службой в ЦПК. В 1968 г. с успехом окончил Военно-воздушную инженерную академию имени профессора Н.Е. Жуковского и там же – в 1981 г. – адъюнктуру. В марте 1969 г. его назначили заместителем начальника 1-го управления Центра, занимавшегося непосредственной подготовкой экипажей. В феврале 1970 г. он стал начальником этого управления. В декабре 1972 г. Леонов уже заместитель начальника ЦПК по космической подготовке, а с марта 1976 г.

еще и командир отряда космонавтов.

В 1982 г. прошла реструктуризация Центра, и А.А. Леонов с назначением на должность первого заместителя начальника Центра по летной и космической подготовке потерял летный статус. Почти девять лет Алексей Архипович прослужил в этой должности и 9 марта 1992 г. в возрасте 58 лет был уволен с действительной воинской службы.

Параллельно с подготовкой Леонов всегда активно занимался общественной работой. С целью увековечивания памяти друга – первого космонавта – Алексей Архипович организовал на его родине в Гжатске общественно-научные чтения. Первые Гагаринские чтения прошли 9 марта 1974 г. – в год 40-летия Юрия Алексеевича. До сих пор А.А. Леонов является председателем этих чтений.

Благодаря его энергии г. Гжатск был объявлен ударной комсомольской стройкой. Студенческие стройотряды построили много пятиэтажных домов, завод, дом для Анны Тимофеевны Гагариной... Уже в новом веке Алексей Леонов организовал неподалеку от г. Гагарина строительство фанерного завода и целого коттеджного поселка для специалистов завода. В городе появилось много новых рабочих мест, а на рынок стала поступать высококачественная слоеная фанера, ламинированная плита различных цветов и оттенков. При этом завод совершенно экологически чистый.

С целью пропаганды достижений космонавтики в мире и, в частности, в странах – участницах пилотируемых полетов Алексей Леонов в конце 1980-х провел большие ор-



ганизационные работы по созданию Международной ассоциации участников космических полетов (АУКП). Туда принимаются только летавшие космонавты и астронавты, а ежегодная конференция проводится в одной из стран, отправивших в космос своего посланца. Конференция длится несколько дней, проходит в школах, вузах, на предприятиях. Участников принимают высшие государственные деятели – президенты, министры и другие руководители. С января 1988 г. Леонов был сопредседателем, а с 1991 по 1997 г. – председателем АУКП.

Кипучий характер А.А. Леонова не мог не проявиться и после отставки. В начале 1990-х он стал одним из руководителей международной компании «Четек», директором фирмы «Четек-космос», а в 1993 г. – президентом чекового инвестиционного фонда «Альфа-капитал». Сейчас он, несмотря на немалые годы, является советником первого заместителя председателя совета директоров «Альфа-банка».

Нужно отметить и творчество Алексея Архиповича. Он стал первым художником, побывавшим на орбите. Его работы на тему космоса знают во всем мире. Менее известны его пейзажи, графика. Он был дизайнером многих значков, марок и главного приза АУКП – хрустального шлема космонавта.

И все это лишь малая толика того, что совершил и продолжает вершить этот легендарный человек. За свою деятельность он уже в российское время удостоен орденов «За заслуги перед Отечеством» IV и III степеней.

Редакция «Новостей космонавтики» от души поздравляет Алексея Архиповича с юбилеем, желает ему здоровья и долгих творческих лет.

А. Красильников, А. Хохлов.  
«Новости космонавтики»  
Фото NASA и из блога  
Олега Артемьева

# Полет экипажа МКС-40

Июнь 2014 года

## Экипаж МКС-40:

**Командир** – Стивен Свонсон  
**Бортинженер-1** – Александр Скворцов  
**Бортинженер-2** – Олег Артемьев  
**Бортинженер-4** – Максим Сураев  
**Бортинженер-5** – Рейд Уайзман  
**Бортинженер-6** – Александр Герст

## В составе станции на 01.06.2014:

<b>ФГБ «Заря»</b>	<b>МИМ-2 «Поиск»</b>
<b>Node 1 Unity</b>	<b>Node 3 Tranquility</b>
<b>СМ «Звезда»</b>	<b>Cupola</b>
<b>LAB Destiny</b>	<b>МИМ-1 «Рассвет»</b>
<b>ШО Quest</b>	<b>РММ Leonardo</b>
<b>СО «Пирс»</b>	<b>«Союз ТМА-12М»</b>
<b>Node 2 Harmony</b>	<b>«Союз ТМА-13М»</b>
<b>АРМ Columbus</b>	<b>«Прогресс М-21М»</b>
<b>JPM Kibo</b>	<b>«Прогресс М-23М»</b>

## Перенос грузов

В начале июня Максим Сураев продолжил разгрузку пилотируемого корабля «Союз ТМА-13М», на котором он вместе с Ридом Уайзманом и Александром Герстом прибыл на МКС в конце мая. **1 июня** Максим демонтировал из корабля видеокамеры GoPro Hero 3, которые записывали действия экипажа при полете к станции, и переписал файлы на жесткий диск. 6 июня он вынул из «Союза ТМА-13М» телекамеры КЛ-152М и световые блоки СГ2-14В: первые перенес в «Союз ТМА-12М» для возвращения на Землю, вторые – в грузовой корабль «Прогресс М-21М» на выброс.

В начале месяца российские космонавты укладывали удаляемое оборудование в корабль «Прогресс М-21М». 4 июня они попытались перекачать шесть емкостей с уриной американского сегмента в питьевой бак «Прогресса М-21М», но по каким-то причинам опустошить удалось только две емкости. 6 июня после анализа ситуации получилось перекачать еще шесть емкостей с уриной. 27 июня Олег Артемьев отправил урину из трех емкостей в бак «Прогресса М-23М».

5 июня Александр Скворцов и Максим Сураев смонтировали стыковочный механизм на «Прогресс М-21М». На следующий день Александр вместе с Олегом расконсервировали корабль, убрали воздуховод, сняли быстросъемные винтовые зажимы со стыка и в 15:25 UTC закрыли переходные люки между Служебным модулем «Звезда» и «Прогрессом М-21М».

В конце июня Олег и Максим проводили надув станции воздухом и кислородом, используя запасы «Прогресса М-23М».

## Исследование артерий и замер мышц

В июне на российском сегменте проводились следующие медицинские эксперименты:

◆ «Мотокард» (изучение механизмов сенсомоторной координации в невесомости);

◆ «Хроматомасс спектр-М» (оценка микробиологического статуса человека методом хроматомасс-спектрометрии);

◆ «Виртуал» (получение новых данных о механизмах сенсорных взаимодействий и сенсорных адаптаций, динамики устойчивости адаптивных сдвигов в коротких и длительных космических полетах);

◆ «Взаимодействие» (изучение закономерностей поведения экипажа в длительном космическом полете);

◆ «Спланх» (получение данных, которые отражают специфику изменений различных отделов желудочно-кишечного тракта, возникающих в условиях космического полета).

**2 июня** экипаж измерил массу тела. В этот же день Максим оценил состояние своей сердечно-сосудистой системы путем ношения в течение суток монитора Холтера.

▼ **2 июня** – день рождения космодрома Байконур

**4 июня** Александр и Олег сделали биохимический анализ мочи и исследовали уровень физической тренированности на бегущей дорожке БД-2. На следующий день россияне и немец определяли гематокритное число крови.

10 июня в рамках эксперимента «Матрешка-Р» (исследование радиационной обстановки на трассе полета и на борту МКС) Сураев инициализировал детекторы «бэбл-дозиметр» и разместил их на места экспонирования. Через неделю он собрал детекторы и снял показания.

25 июня Артемьев отрабатывал навыки ответственного за медицинские операции. А 30 июня Сураев, Уайзман и Герст провели тренировку по оказанию первой медицинской помощи.

Тем временем на американском сегменте 2–4 июня Стивен Свонсон и Александр Герст по очереди обследовали друг друга глаза при помощи офтальмоскопа и тоно-



метра, а также провели сопутствующее ультразвуковое исследование сердца в ходе эксперимента Ocular Health (поиск причин нарушения зрения в условиях невесомости). 11 июня Стивен еще раз обследовал глазное дно и сетчатку у Александра.

4–5 июня Герст взял образцы крови, слюны и пота со своей кожи для эксперимента Microbiome (исследование влияния космического полета на иммунную систему человека и его микробиом). 9 июня он отобрал кровь, слюну и мочу для эксперимента Salivary Markers с похожей задачей – изучение причин и симптомов нарушений иммунной системы в космосе.

6–8 июня Свонсон взял образцы крови и мочи для биохимического анализа и контроля здоровья во время орбитальной вахты. 14–16 июня то же самое проделал Уайзман.

10 июня Рид и Александр осуществили совместную сессию эксперимента Body Measures: измерили и сфотографировали объем мышц в начале экспедиции. Замеры будут продолжаться вплоть до возвращения на Землю, чтобы определить изменения под действием невесомости. 17 июня Рид подсобил Стивену в аналогичных замерах.

11 и 24 июня Герст провел европейский эксперимент Skin-B, изучающий изменение эластичности кожи, капиллярного кровотока и глубоких структур кожи под влиянием микрогравитации.

11 июня Уайзман в качестве оператора сделал УЗИ артерий Герста в рамках эксперимента Cardio Ox (изучение риска воспалительных и окислительных повреждений от радиации, психологического стресса, снижения физической активности, изменения норм питания и содержания кислорода в атмосфере станции или скафандра во время выхода в открытый космос). Спустя два дня астронавты поменялись местами.

12 июня Свонсон помог Уайзмону провести первое УЗИ мышц для эксперимента Sprint. А на следующий день Стивен измерил объем потребляемого кислорода во время бега на дорожке Colbert в Узловом модуле Tranquility, параллельно снимая данные по уровню артериального давления и электрокардиограмму. В дальнейшем Стивен и Рид поменялись местами. Эксперимент Sprint оценивает физические упражнения высокой



ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

интенсивности как инструмент для минимизации атрофии мышц, костей и сердечно-сосудистой системы во время длительных полетов в невесомости.

30 июня Уайзман собрал образцы мочи и крови для эксперимента Pro-K (исследование возможности профилактики потери костной массы астронавтов с помощью специальной диеты).

В этом месяце Рид и Александр активно участвовали в двух похожих экспериментах: Circadian Rhythms (исследование изменений циркадных ритмов в длительном космическом полете) и Biological Rhythms (изучение длительного воздействия микрогравитации на функциональность сердца). В первом исследовании носимые электроды и устройство записи не снимались 36 часов, во втором – 48 часов.

### По проторенной дорожке

5 июня с американского сегмента станции через оборудование OPALS (НК №6, 2014, с.30) по лазерной линии связи были успешно переданы на Землю одинаковые файлы размерами 175 Мбит с видео высокой четкости под названием «Hello, World!» («Здравствуй, мир!»). Сеанс связи длился 148 сек, скорость передачи достигала 50 Мбит/с. Сброс одного файла занял 3.5 сек.

### Почем билет на МКС?

10 июня президент компании Space Adventures Томас Шелли (Thomas Shelley) сообщил, что британская певица Сара Брайман, которая планирует в октябре 2015 г. отправиться в 10-суточный полет на МКС, заплатит за это путешествие 52 млн \$.

По его словам, следующим космическим туристом, вероятнее всего в 2017 г., может стать основатель компании Google Сергей Брин. «Он заплатил нам залог, и как только у нас появится место, он будет первым на него претендовать», – сказал Шелли.

В этой связи интересным совпадением можно назвать сообщение «Интерфакс» от 5 июня, в котором источник агентства в ракетно-космической промышленности заявляет, что Роскосмос и NASA приняли принципиальное решение об осуществлении второго годового полета на МКС, который должен начаться в первой половине 2017 г. Ведь именно годовые полеты позволяют России высвободить два места на кораблях «Союз» для кратковременных визитов космических туристов.

Через неделю на Земле получили текстовый файл, который был послан лазером на более низкой частоте, чем прежде, и при нахождении станции на 15° над горизонтом, вместо обычных 25°.

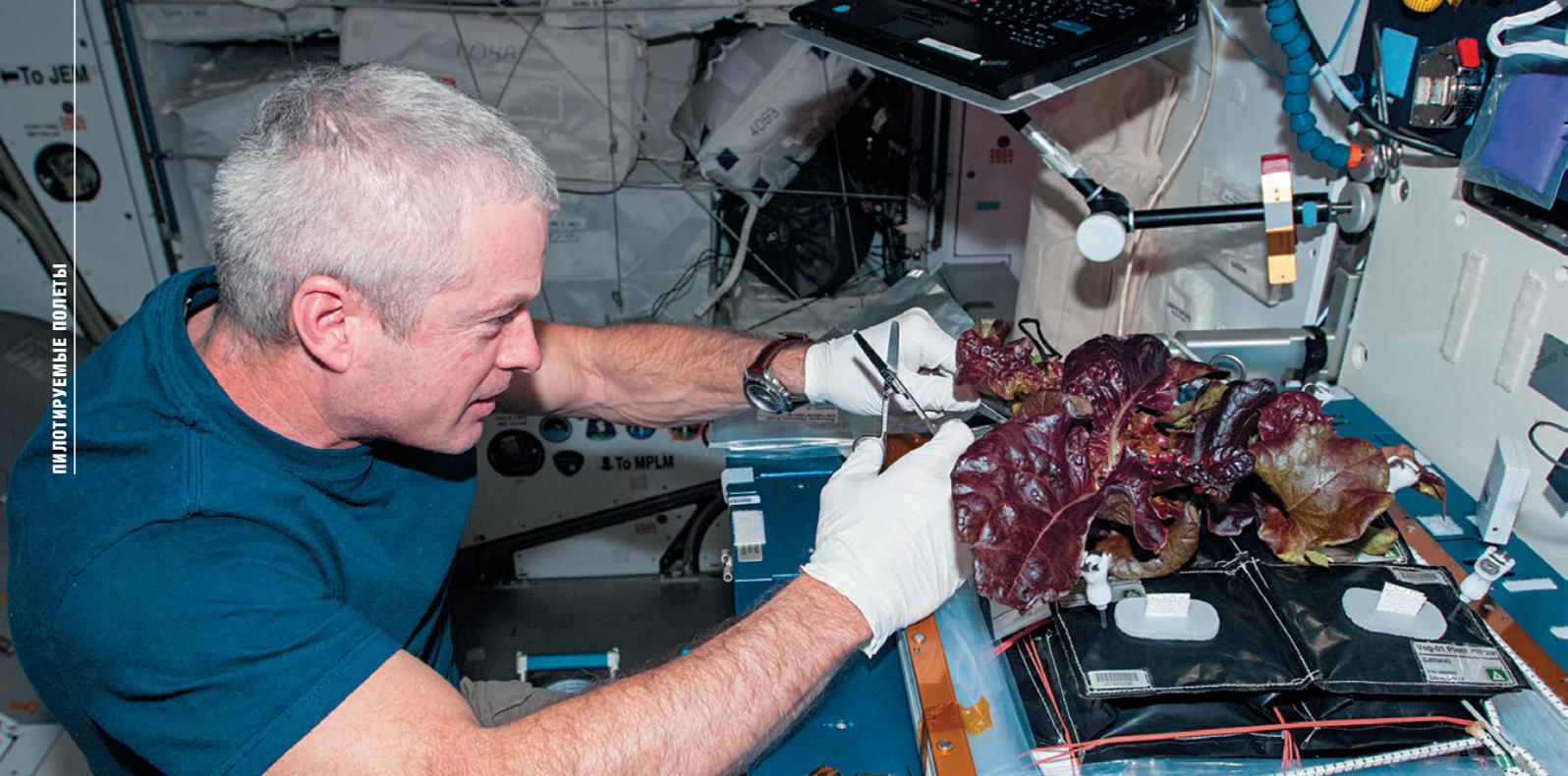
Стоит напомнить, что американская сторона в этом направлении деятельности отстала от российской... Ведь еще 2 октября 2012 г. в рамках эксперимента по отработке системы лазерной связи (СЛС) с российского сегмента МКС было отправлено 2.8 Гбайт информации на скорости 125 Мбит/с (НК №12, 2012, с.20). На Земле приняли 1022 одинаковые фотографии орбитального комплекса «Мир» размером 800×800 пикселей каждая. При этом общий полезный объем информации составил 732 Мбайта, а наибольший принятый безошибочно блок – 4.65 Мбайта.

25 января 2013 г. при помощи СЛС на скорости 125 Мбит/с были посланы на Землю 38 снимков земной поверхности размером 6034×4032 пикселей каждый и сохранный телеметрия (НК №3, 2013, с.36). Примечательно, что вся отправленная информация объемом 420 Мбайт была получена полностью и без ошибок.

Наконец, 25 июля 2013 г. информация передавалась лазером на максимальной скорости 622 Мбит/с (НК №9, 2013, с.6).

▼ Из блога Олега Артемьева: «Любимое занятие всех космонавтов и астронавтов — наблюдение Земли и ее окрестностей. Я бы тоже присоединился, но все места заняты. Кто не успел, тот опоздал...»





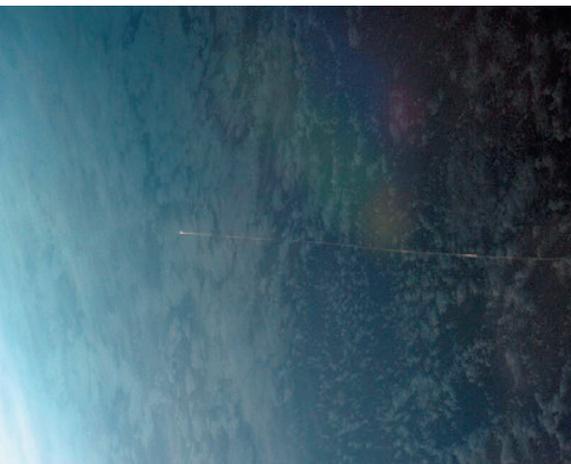
### Уход «Прогресса»

9 июня космонавты закрыли крышки иллюминаторов модуля «Звезда» для защиты поверхностей стекол от возможного загрязнения при расстыковке «Прогресса М-21М».

Корабль массой 5514 кг отчалил от агрегатного отсека модуля «Звезда» в 13:29:49 UTC. Скворцов, вооружившись фотоаппаратом, провел из иллюминатора №26 съемку стыковочного агрегата грузовика, чтобы специалисты убедились в целостности кольцевых резиновых уплотнителей на нем.

В 13:32:50 двигатели причаливания и ориентации «Прогресса М-21М» выполнили 15-секундный маневр увода от МКС. Станция массой 402935 кг продолжила полет по орбите наклонением 51.66°, высотой 413.49×435.38 км и периодом обращения 92.80 мин.

В 16:34:00 сближающе-корректирующий двигатель корабля осуществил тормозной маневр длительностью 193 сек и величиной импульса 104.9 м/с. В результате «Прогресс М-21М» сошел с орбиты и разрушился в плотных слоях атмосферы. Несгоревшие элементы конструкции грузовика упали в южной части Тихого океана в 3637 км юго-восточнее города Веллингтон (Новая Зеландия) в точке с координатами 48.2° ю.ш., 139.6° з.д.



Примечательно, что хьюстонский ЦУП заранее предупредил астронавтов о времени входа корабля в атмосферу, поэтому Герсту удалось заснять этот момент.

### Уборка урожая

3 июня Сураев извлек из холодильника «Криогем-03» прибор «Флюор-К», где находятся образцы клеток. В рамках эксперимента «Биосигнал» изучается влияние микрогравитации на внутриклеточные характеристики.

6 июня Свонсон достал два контейнера с растениями японского биологического эксперимента Resist Tubule из холодильника MELFI и напоил ростки водой. Спустя некоторое время он вернул их обратно в MELFI. 9 июня Стивен перенес часть растений в инкубатор установки CBEF, а остальные – 10 июня – в центрифугу CBEF. Иными словами, одни растения продолжили рост в невесомости, а другие – при искусственной силе тяжести. 12–13 июня Свонсон поместил образцы растений в микроскоп для изучения.

Эксперимент Resist Tubule исследует механизмы устойчивости земных растений к силе тяжести, которые сформировались примерно 450 млн лет назад, когда растения вышли из воды на сушу.

10 июня Стивен собрал шесть кустов листового салата *Lactuca sativa*, выращенных в оранжерее эксперимента Veggie в стойке Express-3, и уложил их на хранение в морозильник MELFI для последующего возвращения на Землю на грузовом корабле Dragon (миссия SpX-4) в октябре.

26–27 июня Герст провел тестовое включение биологического прибора Kubik-3 в Лабораторном модуле Columbus. После сброса данных на лэптоп европейской научной стойки EDR и на Землю немец убрал Kubik-3 на хранение. Тестирование делалось для будущего эксперимента T-Cell по изучению процесса старения лимфоцитов в условиях микрогравитации. Само исследование начнется после доставки на станцию нового клеточного материала на одном из кораблей Dragon.

### Подготовка к российскому выходу

3 июня Артемьев установил лэптоп (или так называемое удаленное рабочее место) на американском сегменте для обеспечения поддержки операций в предстоящем выходе в открытый космос. 18 июня Сураев его протестировал.

4 июня Александр и Олег ознакомились с предварительной циклограммой ВКД-38. На следующий день они подготовили выносимое оборудование, инструменты, сменные элементы скафандров «Орлан-МК», вспомогательное и индивидуальное снаряжение. 6 и 8 июня космонавты освободили от ненужных грузов стыковочный отсек «Пирс» и переходный отсек (ПХО) модуля «Звезда».

### На МКС появится кофемашинка

Компании Lavazza и Argotec совместно с Итальянским космическим агентством создали кофемашину ISSpresso, благодаря которой экипаж МКС сможет варить итальянский кофе «эспрессо». Сейчас на станции астронавты пьют только быстрорастворимый кофе.

Кофемашинка ISSpresso имеет габариты 43×42×36 см и массу 20 кг. Помимо «эспрессо», она способна делать «лунго» (напиток из кофе), а также чай и бульон. В отличие от земного собрата, в космической кофемашине пластиковые трубки заменены на стальные.

Примечательно, что доставка ISSpresso совпадет с прибытием на МКС первой итальянской женщины-астронавта Саманты Кристофоретти в ноябре.



7 июня Артемьев высушил свой «Орлан-МК» № 4. 9 июня он вместе со Скворцовым изучил порядок выполнения отдельных операций выхода, получил от американских коллег инструменты, подготовил радиационные дозиметры и оценил мышечный аппарат своих рук.

10 июня Александр и Олег через иллюминаторы станции ознакомились с трассами перехода и рабочими зонами во время ВКД-38, расконсервировали и осмотрели «Орланы-МК» № 5 и № 4, установили в них сменные элементы, проверили блоки стыковки скафандров и пульта обеспечения выхода в Пх0 и «Пирсе» и провели сепарацию гидросистем скафандров.

«Проверили костюм водяного охлаждения (КВО). Его мы будем надевать перед входом в скафандр. КВО – это комбинезон с капюшоном, вязаный как сеть. Сквозь крупные ячейки пропущены прозрачные пластмассовые трубки, их длина составляет около 100 м. По трубкам комбинезона, который плотно облегает тело, циркулирует вода контура водяного охлаждения, и в скафандре поддерживается комфортный тепловой режим организма», – поведал Олег Артемьев на своем сайте.

11 июня космонавты подогнали скафандры по росту, проверили их герметичность и работу клапанов, проштудировали процедуры шлюзования и исследовали состояние сердечно-сосудистой системы при дозированной физической нагрузке на велоэргометре ВБ-3М. 13 июня Скворцов и Артемьев смонтировали навесное оборудование на «Орланах-МК», а затем Александр с Максимом установили стыковочный механизм на «Прогресс М-23М», висящий на модуле «Пирс».

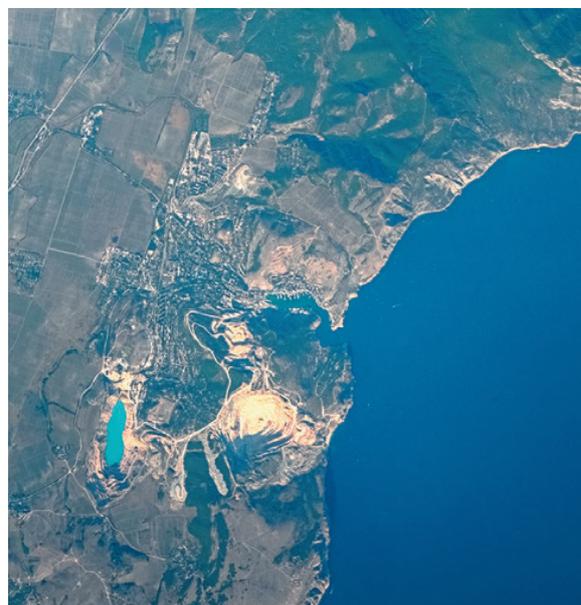
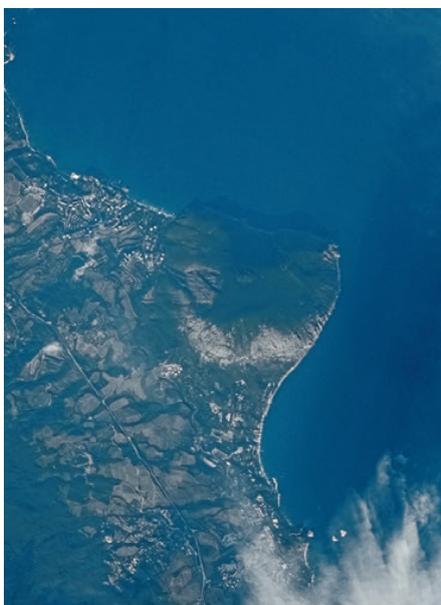
16 июня экипаж подготовил к выходу медицинские укладки и бортовую аптечку, смонтировал на шлемах «Орланов-МК» американские светильники ЕНІР и видеокамеры ERCA, позаимствованные со скафандров EMU, проверил по телеметрии системы «Орланов-МК», наличие связи и поступление медицинских параметров, установил переносные блоки наддува в рабочем отсеке модуля «Звезда» и в модуле «Пирс».

Скворцов и Артемьев выполнили тренировочные люки. На следующий день после выхода (с.13-15) Скворцов и Артемьев высушили скафандры и доправили их водяные баки, а также поставили на разрядку аккумуляторные батареи 825М3. Правда, зарядно-разрядное устройство пришлось подключить к другой розетке, нежели указана в бортовой документации.

В этот же день в 09:21:30 UTC Сураев закрыл переходные люки между модулем «Пирс» и «Прогрессом М-23М».

17 июня Александр и Олег проверили органы управления скафандров и подгонку «Орланов-МК» при давлении в них 0.4 атм и потренировались перемещаться в скафандрах. Затем они заменили кислородные баллоны БК-3М в «Орланах-МК». Назавтра космонавты изучили уточненную циклограмму ВКД-38, подготовили средства защиты от продуктов неполного сгорания топлива (проще говоря, полотенца), расконсервировали «Союз ТМА-12М» и отнесли кабели для подключения ноутбука SSC в Малый исследовательский модуль «Поиск», в котором предстояло провести весь выход Стивену Свонсону.

19 июня перед ВКД-38 экипаж переключил сигнализацию на пульт обеспечения вы-



▲ Полуостров Крым, вид с Международной космической станции. Слева внизу – знаменитая гора Аю-Даг (Медведь-гора) на южном берегу Крыма, с расположенным ниже международным детским лагерем «Артек». Справа внизу, по центру кадра – Балаклавская бухта

хода, убрал воздухопроводы и закрыл переходные люки. На следующий день после выхода (с.13-15) Скворцов и Артемьев высушили скафандры и доправили их водяные баки, а также поставили на разрядку аккумуляторные батареи 825М3. Правда, зарядно-разрядное устройство пришлось подключить к другой розетке, нежели указана в бортовой документации.

Тем временем Максим снова открыл люки в «Прогресс М-23М».

### В объективе – Крым и Керченский пролив

В этом месяце российские космонавты фотографировали земную поверхность для оценки экологической обстановки (эксперимент «Экон-М»), исследования характеристик излучения Земли («Альбеда»), выявления природных катаклизмов («Ураган»), изучения промышленно-продуктивных районов Мирового океана («Сейнер») и исследования естественной крупномасштабной грозовой деятельности в верхних слоях атмосферы в ультрафиолетовом диапазоне спектра («Ре-

лаксация»). В частности, снимались Крым и Керченский пролив.

Также проводились эксперименты «Обстановка 1-й этап» (исследование в приповерхностной зоне МКС плазменно-волновых процессов взаимодействия сверхбольшой космических аппаратов с ионосферой) и «Сейсмопрогноз» (экспериментальная отработка методов мониторинга электромагнитных и плазменных предвестников землетрясений, чрезвычайных ситуаций и техногенных катастроф). При этом задачей экипажа было сбросить информацию с научной аппаратуры через лэптоп RSS-1 на Землю.

В июне, как и в прошлом месяце, тестировались двухосная платформа наведения (ДПН) и камеры среднего и высокого разрешения канадской компании UrtheCast, находящиеся на внешней поверхности модуля «Звезда» (НК № 3, 2014, с.37-39). 2 июня Артемьев обновил программное обеспечение (ПО) в блоке запоминающего устройства БЗУ-М. 3–4 июня «Земля» испытывала камеры.



▲ Александр и Олег замерили акустический фон (эксперимент «Бар») в переходном отсеке модуля

6 июня Олег перепрошил ПО в постоянном запоминающем устройстве резервного канала контроллера приводов ДПН, а также ПО в блоке БЗУ-М. Тестовые проверки ДПН и камер продолжались до конца месяца.

### Проиграли? Побейтесь налысо!

Чемпионат мира по футболу, начавшийся 13 июня в Бразилии, привлек особое внимание экипажа МКС – ведь в нем выступали сборные России, США и Германии. К сожалению, игра российской команды оставляла желать лучшего, чего нельзя было сказать об американской и немецкой командах.

«Мы хотели бы пожелать всем командам и фанатам на бразильской земле великолепного Чемпионата мира. Весело проведите время, и пускай победит лучшая команда», – сказал Герст. «Играйте энергично – мы будем смотреть на МКС», – добавил Уайзман.

С учетом того, что сборные США и Германии попали в одну группу, Стивен и Рид решили заключить пари с Александром насчет исхода матча между этими сборными 26 июня. Они договорились, что если аме-

риканская команда выиграет у немецкой, то астронавты нарисуют флаг США на лысине Герста, а если наоборот – то Свонсон и Уайзман побреются налысо. Насчет ничейного результата речи не шло...

Поскольку Германия победила США со счетом 1:0, то Александр на правах победителя постриг Стивена и Рида.

– Приятно сознавать, что я могу работать парикмахером после своего полета, – пошутил немец.

– Неплохо было встать этим утром и не беспокоиться о своей прическе. Волос-то больше нет, – радостно заявил Рид Уайзман.

### Клейкая лента помогла

2 июня Уайзман смешал образцы эксперимента ACE-M-2 (исследование поведения жидкостей и газов вблизи критической точки с помощью так называемого процесса спинодального распада). 4 июня Рид настроил микроскоп LMM в стойке FIR и поместил под него один из образцов. 16 июня Свонсон отремонтировал треснувший контейнер с другим образцом. 17 и 23 июня Уайзман помещал очередные образцы в стойку FIR.

3 июня Уайзман проверил работу установки для эксперимента VCAT-KP по изучению коллоидных составов. 17 июня он подготовил образец и начал его исследование, рассчитанное на две недели. В этот же день Рид перемешал новую смесь для эксперимента VCAT-Canada 1, содержащую более вязкую жидкость и требующую более серьезного взбалтывания на орбите, чем предыдущие образцы.

4 июня Скворцов включил научную аппаратуру эксперимента «Отклик», цель которого регистрировать удары метеороидных и техногенных частиц по внешним элементам конструкции станции при помощи пьезоэлектрических датчиков (НК № 6, 2014, с.16).

9–11 июня Стивен и Рид заменили сменные элементы в установке CIR для изучения горения в невесомости. 12 июня Уайзман провел эксперимент в ней с использованием капли изооктана. 18 июня опыт повторил Герст. А 27 июня Свонсон поджигал и снимал на видео горение капель смеси из изооктана и гептана.

12 июня в ходе эксперимента «Бар» Александр и Олег измерили акустический фон в зонах вентиляторов, воздуховодов и светильников в модуле «Звезда».

13 июня Александр провел тест горения в установке эксперимента BASS-II (изучение зависимости горения в невесомости от концентрации кислорода и скорости потока вентиляции). 16 июня он осуществил четыре операции с черными акриловыми стержнями при низком уровне кислорода и слабой вентиляции. Во время последней из них наземные специалисты перестали получать видео из установок. На следующий день Герст вместе с «Землей» разбирался в причине пропадания сигнала с камер. Перегрузка предохранителя не помогла.

19 июня к немцу присоединился Уайзман – прозвонил видеокабель. На следующий день проблема была устранена... путем закрепления кабеля в устойчивом положении клейкой лентой. 23 июня Александр успешно протестировал установку BASS-II и на следующий день начал жечь в ней различные материалы: стекловолокно с хлопком и свечу из японского воска. 26–27 июня Рид сделал еще несколько контролируемых горений.

18 июня Свонсон и Уайзман использовали микроспутники SPHERES для образовательного эксперимента по изучению свойств жидкости в невесомости. Для этого два спутника были прикреплены к раме с емкостями, наполненными зеленой водой (SPHERES-Slosh; НК № 3, 2014, с.34), и управлялись с помощью программ, написанных школьниками.

24 июня со «сферами», работающими на углекислом газе, развлекались Рид и Олег, причем последний принимал участие в эксперименте по соглашению между американской и российской сторонами о совместном использовании ресурсов МКС. В рамках подготовки к летнему студенческому турниру Zero Robotics (НК № 3, 2014, с.34), проводимому совместно с Массачусетским технологическим институтом, космонавты загрузили на микроспутники и протестировали новые алгоритмы, созданные учащимися для выполнения «сферами» различных заданий.

▼ Результат матча Германия – США налицо





ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ



▲ Олег Артемьев: «Все игрушки, которые живут на станции, были собраны вместе в честь Международного дня защиты детей»

18 июня немец демонтировал контейнер эксперимента FASES (изучение поведения эмульсий в невесомости) из стойки изучения жидкостей FSL и установил аппаратуру GeoFlow. Он также прозвонил кабель между стойкой и контейнером. Инженеры планируют провести серию тестов для обнаружения проблемы с контролем температуры в эксперименте FASES.

19–20 июня было подготовлено и настроено оборудование эксперимента CFE (изучение капиллярных потоков в сосудах со сложной геометрией), и неделю спустя Герст запустил эксперимент с прямоугольным вариантом сечения.

25 июня Александр убрал аппаратуру эксперимента Ice Crystal из научной стойки Ryutai в японском модуле Kibo. На следующий день он поместил в стойку оборудование нового эксперимента Soret Facet, исследующего переохлажденные жидкости.

25 июня была запущена недельная сессия эксперимента Hicari в печи GHF. Основная цель исследования – выращивание высококачественных полупроводниковых кристаллов кремния-германия SiGe.

**Общение в масках**

2 июня Стивен на правах командира провел тренировку экипажа по чрезвычайным ситуациям на борту МКС. 6 июня он продемонстрировал недавно прилетевшим Максиму, Риду и Александру месторасположение оборудования и положение клапанов, использующихся при авариях на станции. «Цефеи» также потренировались вести связь с ЦУП-М из «Союза» с кислородными масками на лице.

26 июня Сковорцов, Артемьев и Свонсон отработали срочный спуск на корабле «Союз ТМА-12М» в случае аварии на станции. С целью восстановления и поддержания навыков «Утесы» просмотрели документацию по посадке и потренировались на ноутбуке возвращаться на Землю в режиме ручного управляемого спуска.

**Перепела полетят на станцию**

6 июня заместитель директора Института медико-биологических проблем Владимир Сычѳв сообщил, что в 2016 г. на станцию планируется привезти мини-инкубатор для эксперимента с перепелиными яйцами – «Инкубатор-2». Это название уже знакомо нашим читателям, так как аналогичные эксперименты делались на российском орбитальном комплексе «Мир» (HK №4, 1999, с.24-25).

Владимир Николаевич напомнил, что на «Мире» было осуществлено восемь экспериментов с перепелами, в ходе которых в космосе впервые удалось вывести птенцов. «Полностью прошел цикл эмбриогенеза. Выяснилось, что птенцы не могут адаптироваться к условиям невесомости, а взрослая птица смогла адаптироваться. Кроме того, было выявлено достаточно большое количество аномалий и отклонений, причина которых до конца не ясна», – отметил он.

По словам Сычѳва, для эксперимента «Инкубатор-2» создается совершенно новое оборудование, позволяющее сохранять определенную температуру и влажность в инкубаторе. На МКС будет отправлено 16 перепелиных яиц, половину из которых поместят в центрифугу, а другая будет находиться в статическом состоянии под воздействием температуры. Выводить птенцов в космосе ученые не планируют. На орбите яйца проведут чуть более 16 суток, после чего будут зафиксированы и возвращены на Землю.

**Манипулятор подготовил место для насоса**

2 июня специалисты с удивлением обнаружили, что поворотная телекамера со светильником CLPA, дистанционно установленная в конце мая на локтевом суставе плеча В манипулятора SSRMS, перестала «шалить», закрыв свою диафрагму по команде с Земли (HK №7, 2014, с.16).

18 июня мобильный транспортер с манипулятором SSRMS был перемещен по поперечной ферме американского сегмента МКС из рабочей точки WS7 в точку WS2. 23–24 июня манипулятор, экипированный ловкой насадкой Dextre, по командам ЦУП-Х перенес механизм крепления FRAM с платформы ESP-3, находящейся на секции S3, на платформу ESP-2, установленную на Шлюзовом отсеке Quest.



### С Днем России!

12 июня космонавты поздравили с борта МКС жителей России с государственным праздником.

Александр Скворцов: «Сегодня наша страна и мы здесь на МКС отмечаем День России. Этот праздник символизирует свободу и справедливость, объединяет всех, кто любит свое Отечество, гордится его тысячелетней историей, богатейшим культурным и духовным наследием».

Максим Сураев: «Величие государства начинается с любви каждого гражданина к своей Родине, поэтому нельзя забывать, что именно на нас с вами лежит ответственность за настоящее и будущее нашей страны, и мы с вами в силах сделать Россию сильным, благополучным и процветающим государством».

Олег Артемьев: «Замечательно, что этот день празднуется летом и объявлен выходным. Желаю вам провести его на природе с друзьями, родными и просто хорошо отдохнуть».



Зачем это делалось? Как наверняка помнят внимательные читатели, в декабре 2013 г. у «соседей» был заменен отказавший модуль насосов РМ контура А внешней системы терморегулирования ЕАТРС (НК № 2, 2014, с.9-10, 14-15). Неисправный РМ был временно размещен на Мобильной базовой системе МБС. По первоначальному плану впоследствии его намечалось транспортировать на платформу ESP-3, где до этого располагался новый РМ. Однако планы менялись: NASA решило поместить отказавший модуль насосов на ESP-2. Поэтому пришлось переставлять механизм его крепления. Сам неисправный РМ будет перенесен на платформу ESP-2 во время выхода Уайзмана и Герста в открытый космос (29 августа).

25 июня по завершении работ с механизмом FRAM транспортер переехал в точку WS4, благодаря чему манипулятор SSRMS смог расположить концевой захват-эффектор своего плеча А над верхним иллюминатором Узлового модуля Нагпопу. На следующий день Уайзман сфотографировал захват, чтобы специалисты могли разобраться с причинами его нештатной работы в мае. Затем манипулятор не без проблем поставил плечо А на модуль Нагпопу и поднес захват плеча В к Обзорному модулю Сиола для аналогичной фотосессии, которую Рид провел 27 июня.

▼ Техобслуживание системы жизнеобеспечения — замена контейнера твердых отходов

25 июня астронавты выполнили тренировку по предстоящему захвату манипулятором грузового корабля Cygnus (полет Orb-2), запуск которого был отложен с 10 июня на 11 июля из-за взрыва одного из двигателей AJ26-62 при огневых стендовых испытаниях (НК № 7, 2014, с.49).

### Станция подстроилась под «Прогресс»

25 июня в 10:41:00 UTC двумя корректирующими двигателями модуля «Звезда» была осуществлена коррекция орбиты МКС. Двигатели проработали 63.9 сек и выдали импульс величиной 1 м/с. В результате средняя высота орбиты станции увеличилась на 1.8 км, и МКС перешла на орбиту наклоном 51.67°, высотой 413.50×433.75 км и периодом обращения 92.82 мин.

Маневр проводился с целью обеспечить условия для реализации четырехвитковой схемы сближения со станцией корабля «Прогресса М-24М», запуск которого намечен на 24 июля.

### Участие в земных делах с орбиты

12 июня Олег с использованием любительской радиостанции в модуле «Звезда» вышел на связь с Сочи. 20 июня Александр из

модуля Columbus поговорил с музеем европейского космоса в бельгийском Трансенне. 21 июня Максим побеседовал со студентами Уфимского государственного авиационного технического университета. 28 июня Герст ответил на вопросы гимназистов из немецкого Маркт-Индерсдорфа.

16 июня Сураев принял участие в первом пленарном заседании Общественной палаты (ОП) РФ нового состава. «Удалось-таки поучаствовать в первом пленарном заседании ОПРФ – выйти на связь по телефону», – написал он в твиттере (<https://twitter.com/Msuraev>).

18 и 20 июня Александр снял образовательное видео: в первый день – наблюдение через модуль Сиола ландшафтов Земли, во второй – поведение мыльных пузырей в невесомости внутри станции.

25 июня российские космонавты уделили внимание символической деятельности: подписывали и штемпелевали конверты и флаги, которые будут возвращены на Землю на «Союзе ТМА-12М» в сентябре. (Интересно, куда это все потом девается?..)

### Немного подымыло

10 июня в 18:37 UTC Александр Скворцов обнаружил поступление дыма из блока раздачи и подогрева воды БРП-М в модуле «Звезда». Экипаж оперативно отключил БРП-М и систему регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М. Поскольку датчики – сигнализаторы дыма не сработали, космонавты вручную активировали аварийный сигнал «Пожар», по которому автоматически вырубилась межмодульная вентиляция и основные системы МКС.

Пробы воздуха, взятые анализатором CSA-CP, показали отсутствие в атмосфере вредных примесей, поэтому стало возможным не надевать средства индивидуальной защиты. Дым в модуле «Звезда» развеялся через полчаса благодаря применению вентилятора и очистителей воздуха. После того как БРП-М остыл, его демонтировали и уложили в «Прогресс М-23М». Работа систем станции была восстановлена, и экипаж отправился спать.

На следующий день Артемьев проверил герметичность и установил новый БРП-М.



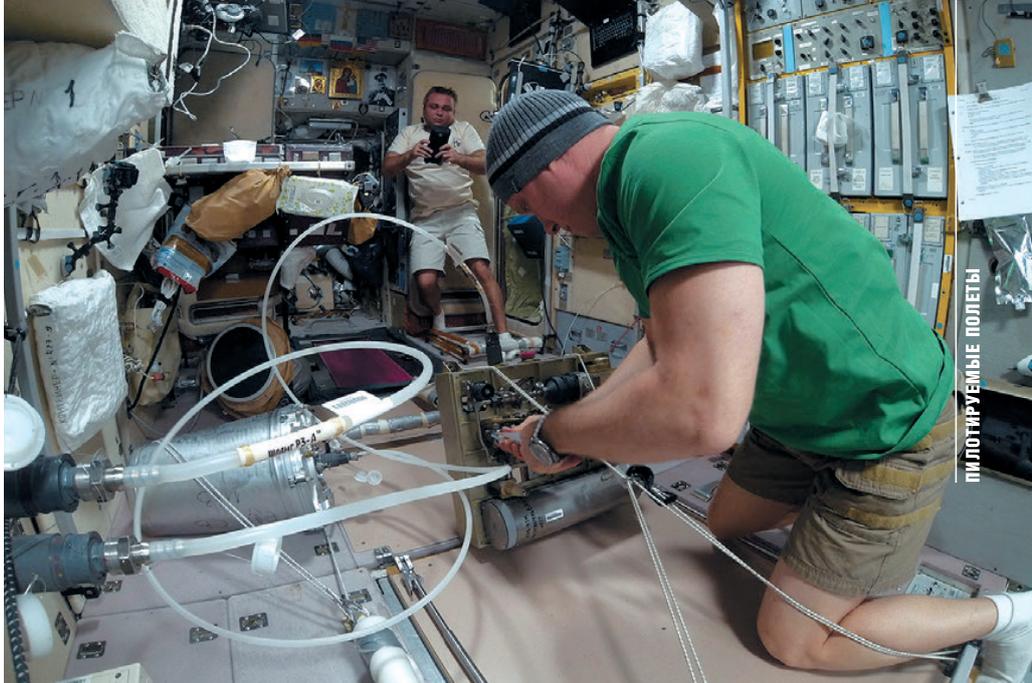
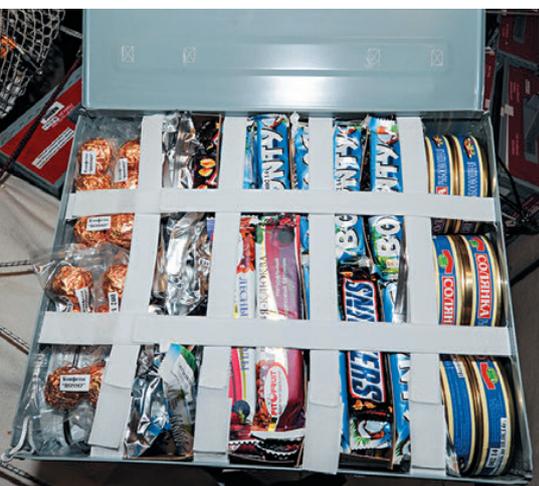
«Земля» порекомендовала включать режим непрерывного подогрева воды только на время приготовления и приема пищи. 12 июня космонавты разобрали, осмотрели и сфотографировали отказавший БРП-М и отправили снимки в ЦУП-М для анализа.

### Поиски виновника продолжаются

В конце июня на МКС продолжили разбираться с причинами давнишней нештатной ситуации, произошедшей 24 июля 2012 г., когда из-за повышенного значения тока сработал автомат защиты RBI-5 в блоке подключения электропитания MBSU-2, через который подается электричество с американского сегмента в российский модуль «Звезда». Судя по всему, два года поиска так и не выявили виновника скачков тока (НК № 9, 2012, с. 19; № 10, 2012, с. 27; № 4, 2013, с. 14-15; № 5, 2013, с. 22; № 6, 2013, с. 12).

23 июня Стивен приготовил необходимое оборудование, включая осциллограф. В последующие два дня он вместе с Александром проводил замеры выходных токов в различных кабелях системы электропитания модуля «Звезда» и сбрасывал полученные осциллограммы на Землю. На корабле Soyuz (миссия Orb-2) планируется доставить дополнительную аппаратуру для исследования работы российских стабилизаторов напряжения и тока.

#### ▼ Бонусный рацион перед выходом в открытый космос



▲ Олег Артемьев разбирается в блоке раздачи и подогрева воды БРП-М

### Ох уж эти контроллеры питания!

3 июня ЦУП-Х попытался включить один из дистанционных контроллеров питания в блоке RPCM на секции Р6, отвечающий за подачу электроэнергии на блок управления насосами PFCS канала 4В ранней внешней системы терморегулирования EEATCS. Как и 26 мая, он снова вырубился из-за превышения допустимой величины тока. Повторная попытка 10 июня также закончилась ничем.

5 июня Уайзман сменил два отказавших блока RPCM в Лабораторном модуле Destiny. В первом еще в мае 2013 г. вышел из строя контроллер, обеспечивающий питание светильников. Во втором блоке в феврале 2014 г. отказал контроллер, питающий клапан в стойке CIR. Правда, после замены перестал отзыватьсь лэптоп эксперимента SAMS (измерение микроскоростей на МКС), и в итоге пришлось сменить его жесткий диск.

25 июня отключился контроллер в еще одном блоке RPCM в модуле Destiny, который отвечает за подачу питания на воздушные клапаны системы удаления углекислого газа CDRA. Это повторение истории, случившейся 1 апреля (НК № 6, 2014, с. 22). Как и тогда, проблему удалось решить быстро. Но 27 июня контроллер вновь отказал по той же самой причине – повышенный ток...

### Неправильно подсоединенный патрубок

2 июня Александр проверил срабатывание контактного устройства привода герметизации крышки стыковочного агрегата корабля «Союз ТМА-12М». На следующий день он осмотрел механизм герметизации крышки стыковочного узла на агрегатном отсеке модуля «Звезда» и прочистил привод.

2 июня Олег выполнил ежемесячную очистку поверхности блока размножения интерфейсов (БРИ) с помощью пылесоса. 3 июня он, как и в марте–апреле, помогал «Земле» диагностировать кабельный тракт между БРИ и компьютером центрального поста КЦП2 для выявления причин непоступления информации от системы радиационного контроля (НК № 6, 2014, с. 22).

3 июня из-за отказа в компьютере MDM PL1 перестала поступать информация о со-

стоянии полезной нагрузки на американском сегменте. Многократная перезагрузка платы, отвечающей за передачу информации по высокоскоростной связи в Ки-диапазоне, к успеху не привела. Пришлось переключиться на компьютер MDM PL2.

3 июня ЦУП-М не смог получить данные с записывающего устройства ЗУ-25 бортовой информационно-телеметрической системы БИТС2-12 модуля «Звезда». Поскольку другое устройство (ЗУ-15) неработоспособно с 17 ноября 2013 г. и на станции отсутствуют запасные блоки, то было рекомендовано использовать в режимах записи и воспроизведения телеметрии блок БПИ-НЧ, передающий низкочастотную информацию через американские средства связи.

4 июня Свонсон проложил кабель к антенне на выходном скафандре EMU №3010. Во время работ по замене сборки вентилятор/насос/сепаратор 12 мая на нем не удалось проложить этот кабель. 5 июня Стивен протестировал 3010-й на герметичность и отсутствие утечек воды.

11–13 июня Александр скрупулезно проверил системы нового скафандра EMU № 3003, доставленного на станцию кораблем Dragon (полет SpX-3) в апреле, подогнал его под... Свонсона и заправил водой баки скафандра.

10 июня Максим проконтролировал герметичность двух контуров обогрева в модуле «Звезда» и определил объем воздуха в теплоносителе.

### Новая оранжерея для российского сегмента

6 июня заместитель директора Института медико-биологических проблем Владимир Сычёв рассказал, что в 2015 г. предполагается доставить на МКС оранжерею «Лада-2» для выращивания растений. «Технологически выращивание растений не меняется, за исключением одной составляющей: в качестве светильников будут использоваться светодиоды», – отметил ученый.

Он напомнил, что в 2002–2012 гг. на станции работала оранжерея «Лада», в которой состоялось 17 экспериментов с растениями. «На «Ладе» были выдающиеся результаты: мы получили четыре поколения гороха, выращивали ячмень, пшеницу, салат», – поведал Владимир Николаевич.



▲ Подготовка к предстоящему выходу: Александр готовит антенну АФАР

12 июня астронавты почистили воздуховод в гермоадаптере РМА-1, через который воздух подается с Функционально-грузового блока «Заря» в модуль Tranquility. Измерение параметров потока воздуха 30 мая показало, что его скорость упала до 1.95 м³/мин. Специалисты считают, что в воздуховод попал посторонний предмет.

13 июня при проверке аппаратуры «Экосфера» Артемьев обнаружил выход из строя блока питания. В этот же день Стивен и Рид заменили отказавший теплообменник в системе кондиционирования воздуха в модуле Tranquility. В ходе работ они выявили неправильную подстыковку патрубка к водяному сепаратору: выходное быстроразъемное соединение находилось на входе патрубка, а входное соединение – на выходе патрубка. Поэтому 26 июня Свонсон и Герст выломали ключи на быстроразъемных соединениях и патрубке, что позволило подсоединить патрубков штатным образом.

17 июня россияне сообщили в ЦУП-М о неработоспособности динамика пульта абонента ВСБ-95 в модуле «Пирс». Запасные пульты абонента на борту нет... 17–18 июня были заменены неисправные светильники СД1-7 в «Пирсе».

18 июня российский туалет в модуле Tranquility «порадовал» астронавтов сигналом «Проверь насос-сепаратор». Они не заметили никаких посторонних звуков или изменений в потоке воздуха, и после выполнения определенных процедур транспарант погас. Однако 23 июня сигнал появился вновь – экипаж опять проверил разъемы шланга. В конце концов ЦУП-Х пришел к выводу, что необходимо заменить насос-сепаратор, что и было проделано экипажем 29 июня. Кроме того, на следующий день Рид сменил емкость с консервантом.

22 июня в 23:30 UTC «Земля» зафиксировала уменьшение расхода воздуха в системе удаления углекислого газа «Воздух»

и закрыла аварийный вакуумный клапан. На следующий день был отключен датчик расхода воздуха в установке, а саму ее перевели в другой режим работы.

23 июня Скворцов нашел потерявшийся в мае передатчик цифрового телевидения КЛ-108/109Ц и подключил его в модуле «Звезда» для тестирования.

24–25 июня Сураев установил на лэптоп RSK-1 обновленное ПО версии 4.0 для бортовых тренажеров по ручному управляемому спуску и сближению европейского грузового корабля ATV-5 с МКС. 24 июня он также осуществил мониторинг состояния поверхности элементов конструкции корпусов российских модулей с использованием многофункционального вихретокового прибора МВП-2К.

26 июня Максим заменил гироскопический измеритель вектора угловой скорости (прибор КИНД34-020), который стал «завираться» 27 мая (НК № 7, 2014, с.17).

28 июня из-за скачка тока в моторе отказал блок перекачки жидкости FCPA в системе переработки урины UPA. Попытки включить систему не удались. Необходимо замена блока FCPA – один запасной имеется на МКС, еще один привезет грузовик ATV-5 в середине августа.

30 июня в модуле Tranquility Стивен при поддержке Герста почистил фильтр в осушителе-поглотителе DAB № 202 системы удаления углекислого газа CDRA.

В июне наблюдались частые перезагрузки питания блока последовательно-шунтирования SSU канала 3В системы электропитания американского сегмента станции. Немного тревожно за этот канал, так как после майского отказа блока SSU в канале 3А (НК № 7, 2014, с.15) на канал 3В были переведены потребители канала 3А.

## Итоги полета 39-й основной экспедиции на МКС

### Основные события и участники

**39-я экспедиция** на МКС началась 11 марта 2014 г. после расстыковки со станцией и приземления пилотируемого корабля «Союз ТМА-10М» с экипажем в составе: командир корабля Олег Валериевич Котов, бортинженер-1 Сергей Николаевич Рязанский и бортинженер-2 астронавт NASA Майкл Скотт Хопкинс.

На МКС продолжили полет командир станции астронавт JAXA Коити Ваката, бортинженер-4 Михаил Владиславович Тюрин и бортинженер-5 астронавт NASA Ричард Алан Мастракио.

27 марта на МКС с двухсуточной задержкой прибыл «Союз ТМА-12М» с экипажем в составе: командир корабля Александр Александрович Скворцов, бортинженер-1 Олег Германович Артемьев и бортинженер-2 астронавт NASA Стивен Рей Свонсон. На станции они стали соответствующими бортинженерами-1, -2 и -3.

7 апреля от МКС отчалил грузовой корабль «Прогресс М-22М». Он был сведен с орбиты 18 апреля после участия в геофизическом эксперименте «Радар-Прогресс». 9 апреля к станции пристыковался «Прогресс М-23М». 20 апреля дистанционным манипулятором SSRMS был пойман и присоединен к нижнему узлу модуля Harmony коммерческий грузовик Dragon.

23 апреля Мастракио и Свонсон выполнили внеплановый выход в открытый космос длительностью 1 час 36 мин из модуля Quest для замены отказавшего 11 апреля мультиплексора-демультиплексора EXT-2 на секции S0 поперечной фермы ITS американского сегмента МКС.

Итоги подвел А. Красильников

23 апреля «Прогресс М-21М» покинул станцию и 25 апреля снова причалил к ней с целью испытания новой радиотехнической системы сближения «Курс-НА».

В ходе 39-й экспедиции были осуществлены шесть коррекций орбиты МКС, из них две – для уклонения станции от «космического мусора». Экипаж провел эксперименты по российской, американской, европейской, канадской и японской научным программам.

**13 марта** «Союз ТМА-11М» отчалил от МКС и вернулся на Землю с экипажем в составе: командир корабля Михаил Тюрин, бортинженер-1 Ричард Мастракио и бортинженер-2 Коити Ваката. Продолжительность полета «Востоков» составила **187 сут 21 час 43 мин 51 сек.**

На МКС остался экипаж 40-й экспедиции в составе: командир станции Стивен Свонсон, бортинженер-1 Александр Скворцов и бортинженер-2 Олег Артемьев.

### Основные динамические операции

Дата и время, UTC	Корабль	Событие
11.03.2014, 00:02:32	TK «Союз ТМА-10М» (11Ф732А47 № 710)	Отстыковка от МИМ-2 «Поиск»
11.03.2014, 03:23:50	TK «Союз ТМА-10М»	Посадка в 153 км юго-восточнее Джезказгана (Казахстан): 47°20'22.215" с. ш., 69°38'12.902" в. д.
13.03.2014, 04:07:00	TKF «Прогресс М-21М» (11Ф615А60 № 421)	Коррекция орбиты МКС
17.03.2014, 01:37:00	TKF «Прогресс М-22М» (11Ф615А60 № 422)	Коррекция орбиты МКС (уклонение)
25.03.2014, 21:17:23.053	TK «Союз ТМА-12М» (11Ф732А47 № 712)	Запуск с Байконура (Казахстан), площадка № 1, ПУ № 5
27.03.2014, 23:53:28	TK «Союз ТМА-12М»	Стыковка к МИМ-2 «Поиск» в автоматическом режиме
28.03.2014, 22:38:00	TKF «Прогресс М-21М»	Коррекция орбиты МКС
03.04.2014, 20:42:00	TKF «Прогресс М-21М»	Коррекция орбиты МКС (уклонение)
07.04.2014, 13:58:22	TKF «Прогресс М-22М»	Отстыковка от СО «Пирс»
09.04.2014, 15:26:27.129	TKF «Прогресс М-23М» (11Ф615А60 № 427)	Запуск с Байконура (Казахстан), площадка № 1, ПУ № 5
09.04.2014, 21:14:18	TKF «Прогресс М-23М»	Стыковка к СО «Пирс» в автоматическом режиме
12.04.2014, 15:16:00	TKF «Прогресс М-21М»	Коррекция орбиты МКС
18.04.2014, 14:53:30	TKF «Прогресс М-22М»	Сведение с орбиты
18.04.2014, 19:25:22	TKF Dragon (полет SpX-3)	Запуск из CCAFS (США), СК SLC-40
20.04.2014, 11:14	TKF Dragon	Захват манипулятором SSRMS
23.04.2014, 08:58:20	TKF «Прогресс М-21М»	Отстыковка от АО СМ «Звезда»
25.04.2014, 12:13:11	TKF «Прогресс М-21М»	Стыковка к АО СМ «Звезда» в автоматическом режиме
29.04.2014, 07:45:00	TKF «Прогресс М-21М»	Коррекция орбиты МКС
13.05.2014, 22:35:56	TK «Союз ТМА-11М» (11Ф732А47 № 711)	Отстыковка от МИМ-1 «Рассвет»
14.05.2014, 01:58:06	TK «Союз ТМА-11М»	Посадка в 145 км юго-восточнее Джезказгана (Казахстан): 47°20'59.459" с. ш., 69°31'25.117" в. д.

## ВКД-38, или «Весело сегодня было»

**19** июня бортинженеры МКС Александр Скворцов и Олег Артемьев выполнили выход в открытый космос. Для обоих космонавтов он был первым в карьере, однако это не помешало им отлично справиться с заданием.

В российской программе выход имел обозначение ВКД-38 и был рассчитан на 6 час 26 мин. В него включили следующие задачи на внешней поверхности Служебного модуля «Звезда»:

- ◆ монтаж активной фазированной антенной решетки (АФАР) Единой командно-телеметрической системы (ЕКТС);

- ◆ перемещение второго комплекта плазменно-волнового комплекса эксперимента «Обстановка 1-й этап»;

- ◆ проверка рабочего состояния замков на универсальном рабочем месте УРМ-Д;

- ◆ взятие проб-мазков с иллюминатора № 2 в рамках эксперимента «Тест»;

- ◆ замена несущей фермы на переходную балку с переустановкой антенны системы высокоскоростной передачи информации и приемопередатчика телеметрии и команд ТМ/ТС и выбрасыванием несущей фермы.

Командира станции Стивена Свонсона во время выхода, как того требуют правила безопасности, пришлось «запереть» в Малом исследовательском модуле «Поиск» с доступом к пилотируемому кораблю «Союз ТМА-12М».

Александр и Олег надели выходные скафандры «Орлан-МК» № 5 и № 4 и приступили к разгерметизации стыковочного отсека «Пирс», выполняющего роль шлюзовой камеры. Улучив момент, Максим Сураев попросил подмосковный ЦУП прислать еще одну книгу бортовой документации, посвященную подготовке к выходам: «Одна [книга] совсем потрепанная, вторая – более или менее нормальная. Было бы неплохо, чтобы на борту их три штуки было».

Артемьев начал открывать выходной люк №1.

– Олежек, обязательно смотри, снег пойдет или нет, – посоветовал Максим.

– Хорошо. Пыль выходит наружу, – ответил Олег.

– Олег, желательно, чтобы мановакуумметр не улетел, – забеспокоился специалист по ВКД Сергей Киреевичев.

– Нет, он привязан.

Люк был открыт в 17:10 ДМВ (14:10 UTC).  
– Олег, смотри, салфетки какие-то [наружу] полетели, – отметил Скворцов. Туда же, как потом выяснилось, отправилась и накладка ручки толкателя выходного люка.

– Мужики, я вас поздравляю, вы теперь в вакууме, – сказал Сураев.

– Что тебе принести из вакуума? – шутиливо спросил Артемьев.

– Принеси мне, дяденька, звездочку!

Олег вышел на выходное устройство и не без труда вместе с Александром вынес наружу кронштейн с антенной ЕКТС. Последний аж запыхался от усилий, и «Земля» предложила ему передохнуть.

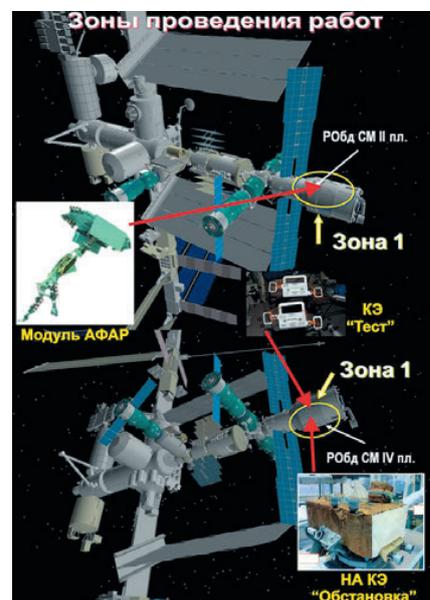
Космонавты аккуратно транспортировали габаритное оборудование до кольцевых поручней рабочего отсека большого диаметра модуля «Звезда». Схема была такая: первый продвигается вперед, берет и держит груз, второй перемещается дальше, принимает груз и так далее. При этом ЦУП-М благодаря американским камерам, установленным на скафандрах, внимательно следил за передвижением, а также вращал панели солнечных батарей модуля «Звезда», чтобы Александру и Олегу было удобнее проходить.

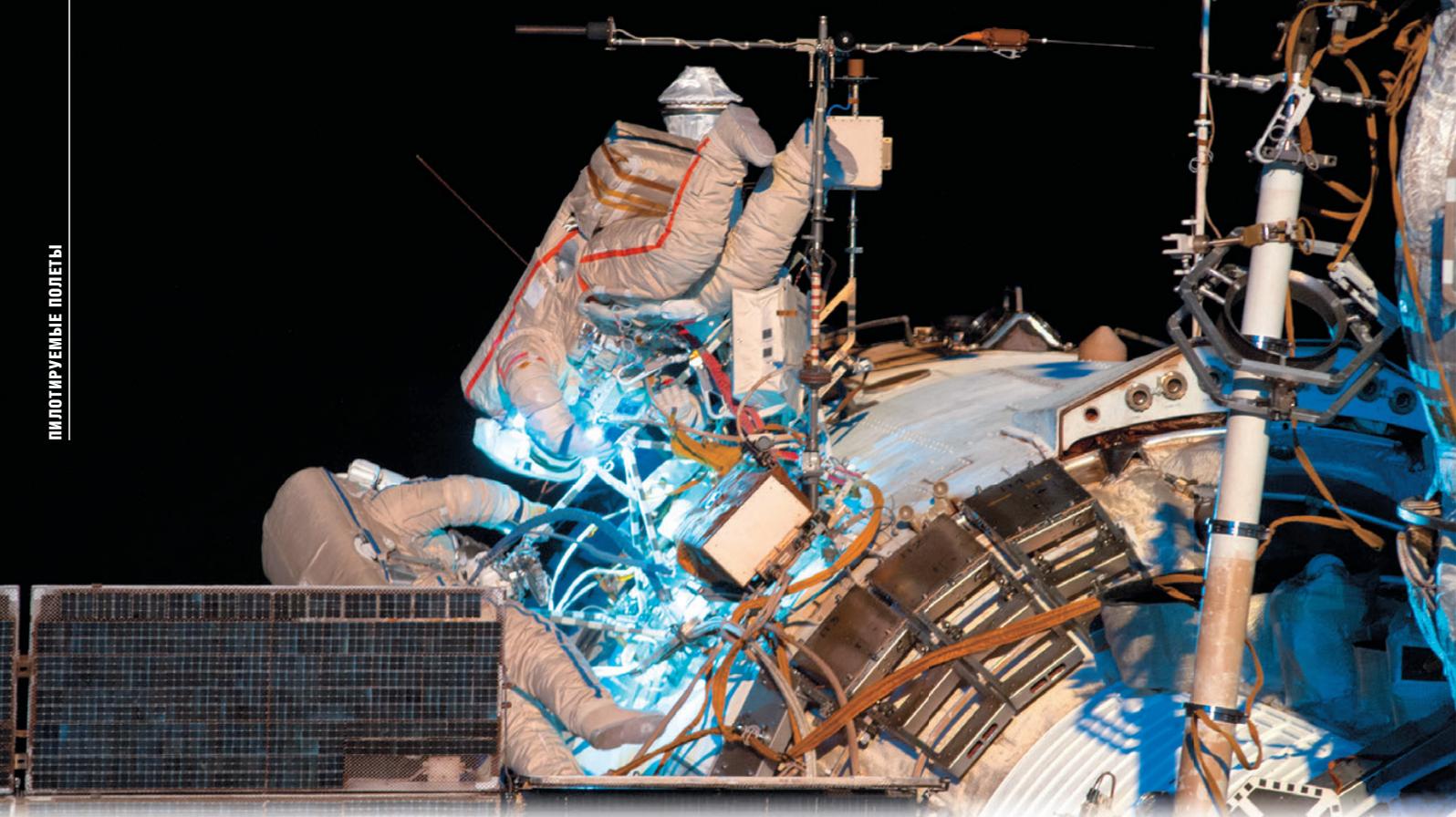
Напомним, антенна АФАР системы ЕКТС предназначена для обеспечения радиоканала связи в S-диапазоне между российским сегментом МКС и спутниками-ретрансляторами «Луч-5», когда станция находится вне зоны радиовидимости российских на-

земных командно-измерительных комплексов (НК № 6, 2014, с.15-16). Антенна будет использоваться для приема командно-программной информации с Земли, передачи телеметрической информации и малокадрового телевидения на Землю, а также радиоконтроля орбиты и телефонной связи. Между собой космонавты прозвали антенну «бабочкой». Есть определенное сходство...

Кронштейн антенны имел три опоры с замками, две из которых устанавливались на поручень 2432, а одна – на 2431. Сами замки надо было завести под поручни, да так, чтобы закручиваемые винты смотрели вверх.

Очень скоро выяснилось, что один замок не ставится на поручень 2432 – мешал разъем кабеля в фиксирующей плате ФП-6. «Земля» предложила отсоединить разъем, завести замок и снова подстыковать разъем. А разъем оказался завязан и заклеен... Доставайте-ка кусачки! «Меньше всего ожи-





дал, что их придется использовать, поэтому уложил в самый низ укладки [с инструментом]», – признался Скворцов.

Тем временем Артемьев поделился своим наблюдением: «На агрегатном отсеке лист загнулся и колеблется возле антенны радилюбительской связи между третьей и четвертой плоскостью [модуля «Звезда»]. Антенна стоит на поручне, поручень крепится к агрегатному отсеку, и белый лист агрегатного отсека раскрылся и колеблется. Разошелся он в сторону ПхО (переходной отсека. – А.К.) где-то на полтора метра».

ЦУП-М попросил заснять это на камеру GoPro Hero 3, закрепленную на левом рукаве скафандра Олега, и подробнее рассказать после выхода...

А что же с замком антенны АФАР? Обнаружилось, что, помимо разъема, его установка также мешает кронштейн платы ФП-6...

– В гидролаборатории маленько не так было, – заметил Артемьев.

– Да, Олег, не только в гидролаборатории, но и в КИСе (Контрольно-испытательная станция Завода экспериментального машиностроения РКК «Энергия». – А.К.) тоже, – грустно вздохнул Киреевичев.

Космонавты попытались завести замок под поручень с применением физической силы. С орбиты доносились тяжелое дыхание и громкие восклицания: «Так, стоп! По-моему есть. Давай-давай, еще чуть-чуть, еще! Сантиметр какой-то остается! Раз-два, взяли! Он уже почти встал! Может ногой?!»

Но до конца установить замок так и не получилось, а поскольку другие два замка стояли нормально, то Александр предложил выйти из сложившейся ситуации так: «В крайнем случае [замок] можно прикрутить проволокой. По большому счету этот замок не важен. Самое главное, что два остальных встали и завернуты. Антенна стоит мертво. Два проволочных держателя примотать – и все! И волки сыты, и овцы

цели. Эх, полсантиметра еще – и встал бы [замок]».

«Земля» согласилась с ним.

Вот, что поведал об этом руководитель научно-технического центра РКК «Энергия» Александр Калери: «Третья опора встала на поручень жестко, но замок фиксатора до конца не защелкнулся. Не стали искать причину и прикладывать слишком большие усилия, напрягать космонавтов, терять время и к тому еще подвергать излишнему нагружению поручень. Решили, что замок уже сидит и обратно просто так самопроизвольно не выскочит. Но чтобы застраховать от вибраций или каких-то тепловых деформаций, чтобы опора вдруг не соскочила, просто замотали еще проволочным фиксатором. Для уверенности.

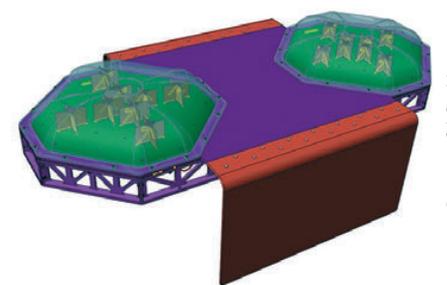
Проволочный фиксатор – это медная проволока разной длины с двумя кольцами, в которые входит либо скафандровый карабин, либо карабин от транспортировочного фала, либо пальцы перчатки. Фиксатор одет во фторопластовый кембрик. Это позволяет обмотать его вокруг чего-то и организовать быструю точку фиксации космонавта в неудобном месте или что-то им привязать».

Когда космонавты закончили с установкой антенны, то отставание от циклограммы выхода составляло один час. «Да, хорошо мы с ней продолбались», – прокомментировал Скворцов.

ЦУП-М по требованию медиков настоятельно порекомендовал пустолазам отдохнуть в «тени»: «Саш, отдыхаем, значит отдыхаем. Олег, и тебя это тоже касается». Пока отдыхали, Артемьев обнаружил, что повалась одна из лент, фиксирующих камеру GoPro к рукаву...

Подключение кабелей антенны к плате ФП-2 и снятие двух защитных чехлов с АФАР прошло без проблем.

Космонавты переместили второй комплект плазменно-волнового комплекса экс-



▲ Испытания АФАР ЕКТС в термобарокамере

Рисунок ЗАО «Меркурий»

Фото ЗАО «Меркурий»

перимента «Обстановка 1-й этап» (НК №6, 2013, с.16) вдоль поручней на 40 см в направлении агрегатного отсека. О том, зачем это делалось, рассказал Александр Калери: «Когда установили канадскую камеру среднего разрешения [MRC] в прошлом выходе (НК №3, 2014, с.37-39) и начали снимать, то оказалось, что в одном из цветных каналов антенна [плазменно-волнового комплекса] мешаает, дает засветку. Поэтому подвинули, чтобы увести из поля зрения».

Александр и Олег также проверили рабочее состояние замков и подтянули винты на универсальном рабочем месте УРМ-Д по четвертой плоскости модуля «Звезда», на котором расположены канадские камеры среднего и высокого разрешения. Удивительно, но факт: к этому времени космонавты уже нагнали график выхода!

В рамках эксперимента «Тест» (исследование возможности развития микродеструкции элементов конструкции российских модулей под влиянием составляющих собственной внешней атмосферы) Артемьев двумя пробниками взял мазки-пробы с поверхности иллюминатора №2 модуля «Звезда», который находится в каюте, занимаемой Скворцовым.

– По металлической оправе иллюминатора, между болтами и по болтам – боковой поверхности первого пробника, не касаясь стекла. По стеклу можно только торцом пробника, – проинструктировал ЦУП-М. – Олег, посмотри на стекло иллюминатора. Если четко видишь, где пятна, то по этим пятнам – боковой поверхностью второго пробника.

– Там в середине пятно одно было, – подсказал Александр, удерживая Олега за ноги.

– Да. Есть еще пятна такие мощные, но маленькие, – доложил Артемьев.

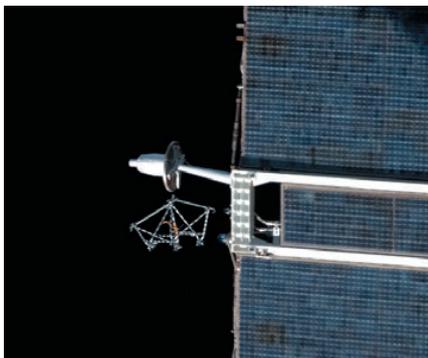
– Олег, постарайся, чтобы не навредить иллюминатору, только боковой поверхностью [пробника] по видимым пятнам.

– Это ж Шашин иллюминатор, мне ж летать с ним еще. Буду стараться.

Во время очередного отдыха Олег попытался закрепить проволокой камеру GoPro на рукаве, но она не держала...

Последней задачей ВКД-38 было снятие и выбрасывание несущей фермы и монтаж на ее место переходной балки. Ферма была установлена Владимиром Дежуровым и Михаилом Тюриним 15 октября 2001 г. (НК №12, 2001, с.19-20). На нее тогда смонтировали три панели японского эксперимента MPAC&SEED с образцами материалов и покрытий. Впоследствии панели были поочередно сняты: в августе 2002 г., феврале 2004 г. и августе 2005 г. В январе 2005 г. на ферму установили приемопередатчик ТМ/ТС для эксперимента «Контур», а в январе 2011 г. – антенну X-диапазона российской системы высокоскоростной передачи информации.

Переходная балка была вынесена еще в декабре 2013 г. (НК №2, 2014, с.16-17), но возникшие проблемы с канадскими камерами помешали выполнению задачи по монтажу балки, и ее тогда просто закрепили снаружи. Теперь же Александр и Олег установили балку и перенесли на нее приемопередатчик ТМ/ТС и антенну X-диапазона с несущей фермы.



▲ Ферма отправлена в свободный полет

Затем надо было открутить четыре замка, крепящие ферму к модулю «Звезда».

– Самое тяжелое это будет их сорвать, – задумчиво сказал Артемьев.

– Думаешь, закисли? – поинтересовался напарник.

– Володя [Дежуров] сказал тогда, что я вам сделаю от души. Поэтому без ключа-трещотки можете не подходить, – донесся голос Сергея Киреевича.

Особые проблемы доставил четвертый замок, но Скворцов, кряхтя и тяжело дыша, все-таки его сдернул. Космонавты демонтировали ферму. Последовали инструкции «Земли» по ее отбрасыванию: «Олег, ты уходишь за [аппаратуру] «Сейсмопрогноз». И самое главное – плавно, не броском, а именно отталкивать».

В 23:31 Артемьев выбросил ферму. В каталоге Стратегического командования США она получила номер 40051 и международное обозначение 1998-067ER.

После этого Александр и Олег передвинули балку на место фермы. 20 июня в 00:07 они, протерев перчатки скафандров, выкинули полотенца. ЦУП-М поторапливал космонавтов домой. Этому способствовало появление предупреждающих сообщений «Патрон» и «Контроль CO<sub>2</sub>» на жидкокристаллических дисплеях скафандров, свидетельствующих, что литиевые патроны, поглощающие углекислый газ, по времени (10 часов) подходят к насыщению.

Захватив с собой два защитных чехла от антенны АФАР, Скворцов и Артемьев возвратились в модуль «Пирс».

– Весело сегодня было. Первый раз в первый класс, – подытожил выход Александр.

– Это точно, – ответил ЦУП. – По рукам у вас сейчас как состояние?

– Руки-то у меня в конце забились очень хорошо. Устали кисти и руки, потому что долго. Плюс движения пальцев, когда с этой трещоткой начинаешь работать. [С перчатками] все нормально, не натерли.

– У меня все вроде нормально, только руки ушли [из перчаток]. Когда я тянул [антенну] АФАР, когда ставили замок, чего-то там подраспустилось, и она (перчатка. – А.К.) на три сантиметра ушла. Тяжеловато перецепляться было, а так ничего, терпимо. Бывало и хуже. Левая сильно ушла, а правая чуть-чуть, где-то сантиметра полтора, – признался Олег.

В 00:33 Артемьев закрыл выходной люк. ВКД-38 продолжалась 7 час 23 мин.

– Семь с половиной часов – ну вы почти рекордсмены, ребята! – удивился Сураев.

– Да какое там – у нас есть рекордсмены, – ответил Александр, имея в виду, что это третий по длительности российский выход.

Состоялся 369-й выход в мире и 141-й выполненный в российских скафандрах. Кроме того, это 180-й выход по программе МКС (суммарная продолжительность 1130 час 53 мин).

В 2014 г. планируется осуществить еще четыре ВКД: две по российской программе – 18 августа (Александр Скворцов и Олег Артемьев) и 22 октября (Александр Самокутяев и Максим Сураев) и две по американской – 21 августа (Стивен Свонсон и Рид Уайзман) и 29 августа (Рид Уайзман и Александер Герст).

Задачами российских выходов являются: запуск спутника «Часки-1», замена антенны межбортовой связи WAL6, защитных крышек на антеннах WAL1–5 и съемной кассеты-контейнера СКК №1-М2 на СКК №2-М2, установка аппаратуры Expose-2 и блока контроля давления и осаднения, демонтаж третьего контейнера оборудования «Биориск-МСН» и выбрасывание радиометрического комплекса РК-21-8. Оба выхода будут выполняться в скафандрах «Орлан-МК». Первый скафандр новой модификации «Орлан-МКС» (НК №10, 2013, с.21) появится на станции только в 2015 г.

Во время американских ВКД намечается заменить отказавший блок последовательного шунтирования SSU канала электропитания 3А (НК №7, 2014, с.15) и перенести неисправный модуль насосов с Мобильной базовой системы MBS на платформу ESP-2 (НК №2, 2014, с.14-15).





## Кандидаты в космонавты завершили общекосмическую подготовку

**С. Шамсутдинов.**  
«Новости космонавтики»  
Фото ЦПК

В начале июня 2014 г. восемь кандидатов в космонавты-испытатели завершили курс общекосмической подготовки (ОКП) в ЦПК. Напомним, что они прошли отбор в 2012 г. в рамках первого в нашей стране открытого конкурса по набору в отряд космонавтов. В состав группы ОКП-2012 вошли:

- 1 Блинков Олег Владимирович;
- 2 Дубров Петр Валерьевич;
- 3 Игнатов Игнат Николаевич;
- 4 Кикина Анна Юрьевна;
- 5 Корсаков Сергей Владимирович;
- 6 Петелин Дмитрий Александрович;
- 7 Федяев Андрей Валерьевич;
- 8 Чуб Николай Александрович.

В качестве кандидатов в космонавты-испытатели были отобраны 8 октября 2012 г. решением Межведомственной комиссии (МВК) по отбору космонавтов. В то время председателем МВК был В.А. Поповкин. 26 октября 2012 г. приказом начальника ЦПК С. К. Крикалёва семеро из них были зачислены в отряд космонавтов Центра на должности кандидатов в космонавты-испытатели, а восьмой претендент – А.В. Федяев – был зачислен в отряд 25 апреля 2013 г. К общекосмической подготовке на базе ЦПК кандидаты приступили в январе 2013 г.

Программа ОКП включала следующие разделы:

- ◆ теоретические основы космонавтики;
- ◆ техническая подготовка по бортовым системам и оборудованию пилотируемых космических аппаратов (ПКА);
- ◆ подготовка к выполнению научно-прикладных исследований и экспериментов на ПКА;
- ◆ подготовка к внекорабельной деятельности (ВКД);
- ◆ подготовка к действиям при посадке в экстремальных условиях различных климато-географических зон (выживание в зимнем лесу и на воде);
- ◆ медико-биологическая подготовка;
- ◆ специальная летная и парашютная подготовка;
- ◆ физическая подготовка;
- ◆ гуманитарная подготовка;
- ◆ изучение английского языка.

5 и 6 июня 2014 г. в ЦПК прошел государственный экзамен, целью которого являлось

определение уровня подготовки кандидатов в космонавты по результатам ОКП. К экзамену были допущены все восемь кандидатов, несмотря на то что Главная медицинская комиссия (ГМК) решением от 22 апреля 2014 г. признала Игнатова не годным по состоянию здоровья к спецподготовке.

Кандидаты тянули жребий: кому экзаменоваться в первый день, кому – на следующий. В итоге **5 июня** экзамен сдавали Дубров, Кикина, Корсаков и Чуб, а **6 июня** – остальные четверо.

Каждый экзаменационный билет включал в себя вопросы по следующим дисциплинам общекосмической подготовки:

- ✦ конструкция, компоновка и системы транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз ТМА»;

▼ Николай Чуб отвечает на вопросы председателя экзаменационной комиссии Валерия Корзуна



▲ Фото сверху:  
Олег Блинков, Николай Чуб, Сергей Корсаков,  
Юрий Лончаков, Дмитрий Петелин, Андрей Федяев,  
Петр Дубров



▲ Кандидат в космонавты Игнат Игнатов

- ❖ система управления движением и навигации (СУДН) ТПК;
- ❖ конструкция, компоновка и системы РС МКС (российский сегмент Международной космической станции);
- ❖ основы научных исследований и экспериментов в космических полетах.

В состав экзаменационной комиссии (около 40 человек) входили представители ЦПК, РКК «Энергия», ГНЦ ИМБП РАН, ГКНПЦ имени М. В. Хруничева и других организаций. Председателем комиссии являлся Валерий Григорьевич Корзун – заместитель начальника ЦПК (по подготовке космонавтов) – командир отряда космонавтов. Сопредседатели комиссии – Александр Юрьевич Калери (начальник Летно-космического центра РКК «Энергия») и Андрей Иванович Кондрат (и. о. начальника 1-го управления ЦПК).

Ответы кандидатов оценивались по каждому вопросу. Оценки выставляли экзаменаторы по соответствующим дисциплинам. В конце экзаменационного дня подводились его итоги и для кандидатов вычислялась общая оценка за экзамен.

**16 июня** в ЦПК состоялось заседание Межведомственной квалификационной комиссии (МВКК) под председательством начальника Центра Ю. В. Лончакова. В состав комиссии входят представители Федерального космического агентства, ЦПК, РКК «Энергия», ГКНПЦ и других организаций.

На заседании комиссии рассматривались документы, характеризующие результаты выполнения программы общекосмической подготовки группой кандидатов в космонавты-испытатели 2012 года набора, а также результаты сданного ими государственного экзамена. На МВКК были представлены только семь кандидатов. Игнат Игнатов на эту комиссию не вызывался, потому что, как уже говорилось, у него нет допуска от ГКК.

Члены комиссии еще раз пообщались с каждым из семи кандидатов. После этого было проведено тайное голосование. Каждый член комиссии бросал в урну лист, в котором отмечал, кому из кандидатов, по его мнению, следует присвоить квалификацию «космонавт-испытатель», а кому пока преждевременно.

По результатам тайного голосования МВКК приняла решение присвоить квали-

фикацию космонавта-испытателя шести кандидатам в космонавты: Олегу Блинову, Петру Дуброву, Сергею Корсакову, Дмитрию Петелину, Андрею Федяеву и Николаю Чубу. Большинство членов комиссии проголосовало за то, чтобы не присваивать квалификацию космонавта Анне Кикиной.

Вот как прокомментировал эту ситуацию заместитель председателя МВКК Александр Калери: «На комиссии всесторонне рассматривались итоги общекосмической подготовки – не только результаты госэкзамена, но и результаты всех остальных тренировок. Все кандидаты выполнили программу общекосмической подготовки, но...»

Когда их отбирали в 2012 г., то отбор был произведен с избытком. Я хочу напомнить, что тогда планировалось набрать пять человек. Было предложение взять шестерых, а потом посмотреть. Но в результате МВК в октябре 2012 г. решила принять кандидатами всех восьмерых. Им было сказано, что их дальнейшее будущее зависит от них самих, то есть по результатам учебы. И отсев вероятен. Это как бы предыстория.

Результаты сдачи государственного экзамена кандидатами в космонавты:

О.В. Блинов	– 4.0
П.В. Дубров	– 4.9
И.Н. Игнатов	– 4.0
А.Ю. Кикина	– 4.5
С.В. Корсаков	– 4.8
Д.А. Петелин	– 4.8
А.В. Федяев	– 4.2
Н.А. Чуб	– 4.9



▲ Кандидат в космонавты Анна Кикина

Сейчас же комиссия (МВКК) внимательно рассмотрела итоги всей подготовки, проанализировала все и в конце концов большинством голосов приняла решение квалификацию [Анне Кикиной] не присваивать. Это решение комиссии.

Тут дело не только в государственном экзамене, а еще и в результатах тренировок. Было очень серьезное и длительное обсуждение. Были доложены результаты, потом было обсуждение каждого кандидата, затем с каждым кандидатом провели беседу, комиссией были заданы вопросы. После этого

комиссия решила провести тайное голосование по каждому кандидату. Его провели, подвели итоги. По результатам тайного голосования были положительные решения по всем, кроме Кикиной.

А вот мнение Павла Виноградова, который также входил в состав МВКК: «Ребята прошли только начальный уровень подготовки. Теперь им предстоит углубленная подготовка в составе групп с участием опытных космонавтов. Физическая подготовка у ребят отменная. Однако по уровню знаний они пока, к сожалению, не дотягивают до космонавтов. Им еще предстоит многому научиться.

В рамках следующего всероссийского отбора космонавтов, который запланирован на 2015–2016 гг., мы не повторим ошибок первого открытого конкурса. В частности, в 2012 г. мы набирали универсальных специалистов. В следующем наборе упор будет сделан на специализации кандидатов. В первую очередь будем отбирать выпускников летных училищ, инженеров, медиков».

По окончании заседания Межведомственной квалификационной комиссии начальник ЦПК Юрий Лончаков поздравил кандидатов в космонавты с присвоением квалификации: «Поздравляю вас с успешным прохождением курса общекосмической подготовки и сдачей государственного экзамена! Желаю работать над собой и идти к своей цели! Все в ваших руках!»

После этого Ю. В. Лончаков и А. Ю. Калери вручили кандидатам удостоверения космонавтов-испытателей. Петр Дубров получил удостоверение № 214, Николай Чуб – № 215, Сергей Корсаков – № 216, Дмитрий Петелин – № 217, Андрей Федяев – № 218 и Олег Блинов – № 219. Как видно, документы были выданы в очередности, соответствующей оценкам кандидатов за госэкзамен.

Во исполнение решения Межведомственной квалификационной комиссии приказом начальника ЦПК кандидаты в космонавты О. В. Блинов, П. В. Дубров, С. В. Корсаков, Д. А. Петелин, А. В. Федяев и Н. А. Чуб с **15 июля 2014 г.** переведены на должности космонавтов-испытателей.

А. Ю. Кикина осталась в отряде космонавтов на должности кандидата в космонавты. Для нее будет составлена индивидуальная дополнительная программа подготовки, по завершении которой Анна Юрьевна вновь будет представлена на МВКК.

8–9 июля на базе 179-го учебного центра МЧС в г. Ногинске кандидат в космонавты Анна Кикина в составе группы космонавтов участвовала в тренировках по подъему на борт вертолета, находящегося в режиме висения. 16 июля Анна в числе других участников испытаний отправилась на Байконур для прохождения тренировок по выживанию в условиях пустыни.

На основании решения ГКК от 22 апреля 2014 г. И. Н. Игнатов в скором времени будет отчислен из отряда космонавтов. Он остается работать в ЦПК и, скорее всего, вернется на свою прежнюю должность – ведущего инженера-испытателя по ВКД в гидролаборатории Центра.

С использованием сообщений пресс-службы ЦПК, агентств ИТАР-ТАСС и Интерфакс

# 2500-й спутник «Космос»

**14** июня в 20:16:48.211 ДМВ (17:16:48 UTC) с 4-й пусковой установки 43-й площадки Государственного испытательного космодрома Плесецк боевой расчет Войск воздушно-космической обороны при участии специалистов ракетно-космической промышленности осуществил пуск ракеты-носителя «Союз-2.1Б» (14А14-1Б №Т15000-023) с разгонным блоком «Фрегат-М» (14С44 №112-02) и навигационным спутником «Глонасс-М» (14Ф113 №55).

В 20:26 «Фрегат-М» с аппаратом отделился от третьей ступени «Союза-2.1Б» и оказался на незамкнутой орбите. Дальнейшее выведение «Глонасса-М» на целевую орбиту было выполнено за счет трех включений маршевой двигательной установки разгонного блока. В 23:48 спутник отделился от «Фрегата-М» и вышел на орбиту с параметрами (по данным Стратегического командования США):

- наклонение – 64,77°;
- минимальная высота – 19 135,8 км;
- максимальная высота – 19 162,7 км;
- период обращения – 676,2 мин.

Военнослужащие Главного испытательного космического центра имени Г.С. Титова (Краснознаменск) и сотрудники Информационно-вычислительного комплекса ОАО «Информационные спутниковые системы»

имени М.Ф. Решетнёва (ИСС, Железногорск) проконтролировали раскрытие механических систем «Глонасса-М», провели его успокоение и ориентацию на Солнце и Землю и проверили системы ориентации, стабилизации и терморегулирования аппарата.

В каталоге Стратегического командования США «Глонасс-М» получил номер **40001** и международное обозначение **2014-032A**. Он был единственным представителем блока №49с аппаратов российской Глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС. В группировке системы аппарату присвоили №755.

Осуществленный пуск стал 1596-м проведенным с космодрома Плесецк с целью выведения полезной нагрузки на орбиту, 280-м со стартового комплекса 17П32-4 (включая два пуска по суборбитальной траектории) и 12-м для ракеты-носителя «Союз-2.1Б».

По договору между ИСС и компаниями «Ингосстрах» и СОГАЗ запуск и летно-конструкторские испытания «Глонасса-М» были застрахованы на сумму 928,6 млн руб.

Навигационный спутник был доставлен на космодром Плесецк 15 мая. Разгонный блок «Фрегат-М» заправили компонентами топлива к 3 июня, а общая сборка ракеты космического назначения завершилась к 10 июня. **12 июня** «Союз-2.1Б» был вывезен из монтажно-испытательного корпуса на первый стартовый комплекс площадки 43.

## Юбилейный аппарат

Как сообщили *НК* в Министерстве обороны РФ и в Роскосмосе, спутнику «Глонасс-М» №55 присвоено официальное название «Космос-2500». Предыдущий юбилейный аппарат, «Космос-2400», стартовал 19 августа 2003 г. Таким образом, следующая сотня «Космосов» набиралась почти 11 лет. В *НК* №10, 2003, с.30 приведена таблица запусков всех юбилейных «Космосов».

## «Глонасс-М» с новым навигационным сигналом

Запуск 14 июня стал 51-м выполненным в интересах ГЛОНАСС, в том числе шестым с Плесецка. На орбиту отправился 131-й аппарат семейства «Глонасс» и 42-й спутник «Глонасс-М».

Он стал первым серийным аппаратом, на котором установили экспериментальный бортовой источник навигационного сигнала (БИНС) с кодовым разделением в частотном диапазоне L3 (1202.025 МГц). Таким образом, по количеству излучаемых навигационных сигналов (пять) этот аппарат сравняется с экспериментальным «Глонассом-К1» (*НК* №4, 2011, с.31-33).

По уточненным данным, аппарат «Глонасс-М» №54, выведенный на орбиту 24 марта 2014 г. (*НК* №5, 2014, с.39-40), получил наименование «Космос-2492».

На «Глонасс-М» №55 аппаратура БИНС Л3 пройдет летную квалификацию. В дальнейшем ее планируется установить еще на шести «Глонассах-М» (№56–61). Использование в системе ГЛОНАСС диапазона Л3 наряду с диапазонами Л1 и Л2 увеличит помехозащищенность навигационного сигнала и повысит точность определения координат быстро движущихся объектов.

### Космический сегмент

По состоянию на 14 июля 2014 г., в орбитальную группировку системы ГЛОНАСС входят 30 спутников (табл.), из них 24 работают по целевому назначению, два находятся в орбитальном резерве (аппараты с системными № 712 и № 714), два – на исследовании главного конструктора (№ 722 и № 724), один проходит летные испытания (№ 701) и один готовится к вводу в эксплуатацию (№ 754).

19 июня спутник № 755 поднял свою орбиту до 19148×19280 км, а к 29 июня снизил ее до рабочей 19128×19159 км. 19 июня спутник № 755 поднял свою орбиту до 19148×19280 км, а к 29 июня снизил ее до рабочей 19128×19159 км. В июле аппарату предстоит заменить 725-й аппарат в 21-й рабочей точке третьей орбитальной плоскости системы. Старый спутник продолжает функционировать штатно, однако в его полезной нагрузке используется не радиационно-стойкая тайваньская микросхема памяти, из-за которой уже пострадали пять «Глонассов-М» (№ 724, 726–729). Поэтому было принято решение не дожидаться возможного выхода из строя микросхемы и заранее отправить 725-й в орбитальный резерв.

### «Глонасс-К1» будет больше

В октябре–ноябре 2014 г. планировалось запустить тройку «Глонассов-М» (№51–53) ракетой-носителем «Протон-М» с разгонным блоком ДМ-03. Спутники изготовлены и

Орбитальная группировка системы ГЛОНАСС					
Позиция	Номер «Космоса»	Системный номер	Частотный канал	Дата запуска	Ввод в эксплуатацию
<b>1-я плоскость</b>					
1	2456	730	01	14.12.2009	30.01.2010
2	2485	747	-4	26.04.2013	04.07.2013
3	2476	744	05	04.11.2011	08.12.2011
4	2474	742	06	02.10.2011	25.10.2011
5	2458	734	01	14.12.2009	10.01.2010
6	2457	733	-4	14.12.2009	24.01.2010
7	2477	745	05	04.11.2011	18.12.2011
8	2475	743	06	04.11.2011	20.09.2012
8	2413	712		26.12.2004	06.10.2005
<b>2-я плоскость</b>					
9	2464	736	-2	02.09.2010	04.10.2010
10	2426	717	-7	25.12.2006	03.04.2007
11	2436	723	00	25.12.2007	22.01.2008
12	2465	737	-1	02.09.2010	11.10.2010
13	2434	721	-2	25.12.2007	08.02.2008
14	2424	715	-7	25.12.2006	03.04.2007
14	2435	722		25.12.2007	25.01.2008
15	2425	716	00	25.12.2006	12.10.2007
16	2466	738	-1	02.09.2010	12.10.2010
<b>3-я плоскость</b>					
17	2478	746	04	28.11.2011	23.12.2011
17	2419	714		25.12.2005	31.08.2006
18	2492	754	-3	24.03.2014	14.04.2014
18	2442	724		25.09.2008	26.10.2008
19	2433	720	03	26.10.2007	25.11.2007
20	2432	719	02	26.10.2007	27.11.2007
20	2471	701	-5	26.02.2011	
21	2443	725	04	25.09.2008	05.11.2008
21	2500	755		14.06.2014	
22	2459	731	-3	02.03.2010	28.03.2010
23	2460	732	03	02.03.2010	28.03.2010
24	2461	735	02	02.03.2010	28.03.2010

находятся на хранении в ИСС. Однако в мае произошла авария «Протона» (НК № 7, 2014, с. 28-33), которая потребовала перепроверки всех рулевых двигателей третьих ступеней, поэтому старт был перенесен на начало 2015 г.

В мае 2014 г. завершилось производство аппаратов «Глонасс-М» № 56 и № 57. До конца года ИСС собирается сдать заказчику спутники № 58 и № 59, а в 2015 г. – № 60 и № 61. Эти шесть «Глонассов-М» будут выведены на орбиту в 2015–2016 гг.

В октябре 2014 г. планируется запуск второго спутника «Глонасс-К1», изготовление которого в настоящее время заканчивается в Железногорске. При его создании специалисты ИСС учли промежуточные итоги летных испытаний первого «Глонасса-К1», выведенного на орбиту в феврале 2011 г., и внесли в аппарат изменения, касающиеся, в частности, частотно-временного обеспечения.

6 июня первый заместитель генерального директора ИСС Виктор Косенко сообщил на форуме «Технопром–2014», что до 2020 г. в рамках Федеральной целевой программы ГЛОНАСС предстоит отправить в космос десять спутников «Глонасс-К1» и четыре «Глонасс-К2». Напомним, что по первоначальному плану предусматривалось изготовить всего два «Глонасса-К1», а затем перейти к производству «Глонассов-К2».

### Корректирующие станции за рубежом

Россия с целью увеличения точности навигационных определений у потребителей и оценки целостности систем ГЛОНАСС и GPS создала систему дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), аналогичную системам WAAS (США), EGNOS (Европа), SNAS (Китай), MSAS (Япония) и GAGAN (Индия).

Космический сегмент СДКМ представлен тремя геостационарными спутниками «Луч-5», которые ретранслируют пользователям корректирующие сигналы (поправки) к навигационным определениям. Наземный сегмент СДКМ включает: станции сбора измерений (ССИ) с аппаратов «Глонасс» и GPS; центр системы в Москве, который обрабатывает эти измерения и формирует поправки; комплексы закладки и контроля, передающие данные поправки на спутники «Луч-5».





На российской территории находятся 18 ССИ. Кроме того, три станции расположены в Антарктиде и одна в столице Бразилии. Планируется создание ССИ в Крыму и еще одной в Антарктиде.

В настоящее время Россия активно ведет переговоры о размещении полусотни станций в 36 зарубежных странах, в том числе в Аргентине, Бразилии, Вьетнаме, Индии, Иране, Китае, Кубе, Никарагуа и ЮАР.

В частности, обсуждается строительство трех станций в Индии. Есть обоюдное желание разместить несколько станций СДКМ в Китае и несколько станций SNAS в России. В Бразилии должны появиться еще две станции – в штатах Пернамбуку и Риу-Гранди-ду-Сул.

Однако с некоторыми государствами переговоры идут очень сложно. Среди них – Австралия и США. Россия хотела поставить на американской территории пять станций СДКМ – в Гонолулу, Денвере, Лос-Анжелесе, Гринбелте и на острове Гуам. Поначалу это предложение заинтересовало американцев, и Госдепартамент США даже собирался выдать разрешение российской стороне. Но затем в дело вмешалась политика: представители Пентагона и ЦРУ выразили свою обеспокоенность, и озаботившиеся этой проблемой республиканцы добились внесения специального положения в закон об оборонных расходах США на 2014 г., подписанный Барак Обама в конце декабря 2013 г. Данным положением фактически запрещалось размещение станций СДКМ на территории США.

Подчеркивая политическую подоплеку в отказе США, Россия решила ответить тем же самым. 13 мая вице-премьер России Дмитрий Rogozin «занес дамоклов меч» над приемниками GPS, установленными на десяти сейсмических станциях, принадлежащих

Геофизической службе РАН, и работающими в интересах консорциума IRIS.

Эти станции находятся в Обнинске (Калужская обл.), поселке Арти (Свердловская обл.) областях, Норильске (Красноярский край), Якутске и Тикси (Якутия), Иркутске, Магадане, Билибино (Чукотский автономный округ), Южно-Сахалинске и Петропавловске-Камчатском. Оборудование GPS на них используется для определения медленных движений земной поверхности. Информация передается на серверы Международной службы глобальных навигационных спутниковых систем IGS в Пасадену и Сан-Диего: с восьми приемников – в режиме реального времени, с трех – каждые час и сутки.

Так вот Дмитрий Олегович пригрозил, что с 1 июня работа оборудования GPS на российских сейсмических станциях будет приостановлена, и добавил, что если США и дальше будут отказывать России в установке станций СДКМ, то с 1 сентября приемники GPS будут выключены окончательно.

Наступило 1 июня, и на сайте Роскосмоса появилось следующее сообщение: «В соответствии с поручением Правительства РФ Роскосмосом совместно с Федеральным агентством научных организаций 1 июня 2014 г. реализованы меры, исключающие использование информации от станций глобальной сейсмографической сети, работающих по сигналам системы GPS и расположенных на территории РФ, в целях, не предусмотренных действующими соглашениями, в том числе в военных целях».

Что имеется в виду? Это означает, что информация с оборудования GPS перестала поступать в США в режиме реального времени. Иными словами, измерения потеряли свою актуальность. До 1 сентября осталось недолго...

## Чувствительные сбои ГЛОНАСС

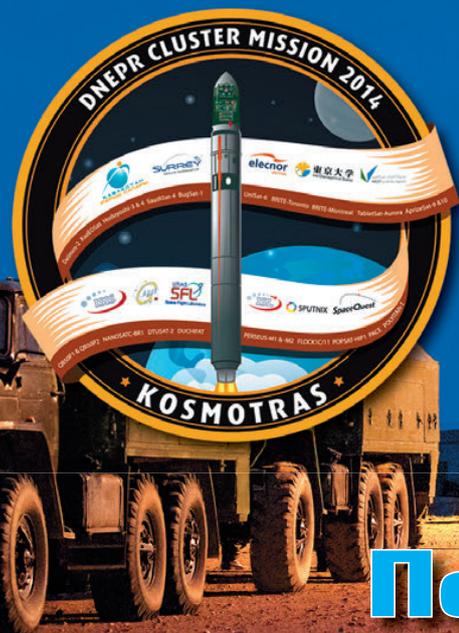
В апреле 2014 г. случились два резонансных отказа в работе системы ГЛОНАСС. 2 апреля в 00:00 ДМВ все спутники «Глонасс» стали передавать навигационные сигналы с ошибочными информационными сообщениями, что привело к неправильному определению местоположения у пользователей системы. Нештатная ситуация была вызвана загрузкой на аппараты некорректных эфемерид, а ее устранение заняло 11 часов.

23 мая глава компании JAVAD GNSS Джавад Ашджаи (Javad Ashjaee) сообщил, что разговаривал с российской стороной об этой проблеме. «Один специалист сделал ошибку [в расчетах] и [затем] загрузил некорректное программное обеспечение», – отметил он.

15 апреля в 00:00 появился второй сбой: восемь «Глонассов» начали излучать сигналы с ошибочными сообщениями. «Произошел полчасовой сбой, и нам его удалось оперативно устранить», – сказал генеральный директор ИСС Николай Тестоедов. – Мы сейчас переходим на обновленный контур управления: это огромная и длительная работа, с новыми средствами, новой математикой. Поэтому иногда возникают сбои. Что можем, мы отлаживаем на Земле, но, к сожалению, не все можно выловить наземными средствами. Сейчас, полагаю, мы свели на нет допустимое количество ошибок».

Для расследования отказов была образована государственная комиссия, результаты работы которой представлены Президенту РФ Владимиру Путину.

*По материалам Роскосмоса, Министерства обороны, ИСС, Интерфакс, газет «Известия» и «Комсомольская правда», журналов GPS World и InsideGNSS и сайта СДКМ*



# Первый российский частный спутник на орбите

## «Днепр» вывел более 30 аппаратов

Фото Г. Беденко

**19** июня в 22:11:17 ДМВ (19:11:17 UTC)\* из ШПУ № 1/3 на территории позиционного района Домбаровский в Оренбургской области (объект 370, пусковая база «Ясный») боевые расчеты РВСН по заказу ЗАО «Космотрас» выполнили успешный пуск РН «Днепр» (№ 108). На орбиту были доставлены казахстанский спутник KazEOSat-2, первый российский частный МКА «ТаблетСат-Аврора», испанский Deimos-2 и еще 34 (!) космических аппарата.

Подготовка началась в первых числах апреля, и уже тогда датой пуска было назначено 19 июня. В день старта все шло по плану, и в расчетное время «Днепр» был выброшен из шахты мощным газогенератором. Уже в полете запустились маршевые двигатели первой ступени – и ракета умчалась в ночное небо. Спустя 16 минут после старта спутники отделились от третьей ступени РН.

▼ Фонтан на базе подготовки космических аппаратов «Ясный»

Процесс отделения занял всего 22 секунды – от 950-й до 972-й от старта. Оно осуществлялось на фоне работы двигателя 3-й ступени, поэтому объекты распределены по высоте в соответствии с порядком отделения. Ниже всего оказался газодинамический экран (ГДЭ), за ним первые три КА, платформа А с нижней частью обтекателя и пятью пусковыми установками наноспутников и так далее. Из двух канадских аппаратов BRITE-Toronto и BRITE-Montreal, которые должны были отделиться последними, на орбите был обнаружен только один.

Для КА и элементов запуска, идентификация которых не вызывает сомнений, в таблице приведены номера и международные обозначения в каталоге Стратегического командования США и начальные параметры орбит.

Между объектами 2014-033D и 2014-033A американцы обнаружили в общей

Наименование	Номер	Межд. обозн.	Параметры начальной орбиты			
			i	Hr, км	Ha, км	P, мин
ГДЭ	40048	2014-033AQ	98.00°	555.9	620.4	96.43
BugSat-1	40014	2014-033E	98.00°	573.6	622.9	96.61
ТаблетСат-Аврора	40017	2014-033H	98.00°	587.3	625.5	96.76
Deimos-2	40013	2014-033D	97.99°	603.3	630.0	96.91
Платформа А	40049	2014-033AR	97.99°	617.3	636.1	97.04
KazEOSat-2	40010	2014-033A	97.99°	619.4	647.1	97.25
Hodoyoshi-4	40011	2014-033B	97.99°	619.3	658.1	97.41
Hodoyoshi-3	40015	2014-033F	97.99°	618.8	671.1	97.57
SaudiSat-4	40016	2014-033G	97.99°	618.6	685.3	97.74
Unisat-6	40012	2014-033C	97.98°	618.5	701.2	97.92
AprizeSat-9	40018	2014-033J	97.98°	617.1	717.5	98.08
AprizeSat-10	40019	2014-033K	97.97°	616.8	736.0	98.28
BRITE-Toronto	40020	2014-033L	97.97°	617.0	741.2	98.33
BRITE-Montreal	нет	нет	не отделился			
3-я ступень	40047	2014-033AP	97.90°	611.9	1456.4	105.85

сложности 22 объекта с номерами 40021-40033, 40035-40042, 40049 и обозначениями от 2014-033M до 033Z, от 033AB до 033AJ и 033AR. Этим обозначениям соответствуют платформа А и наноспутники Flock 1C № 1-11, Duchifat-1, PACE, NanosatC BR1, QB50P1, QB50P2, POPSAT-HIP-1, DTUSat 2, Perseus M1 и M2, PolyITAN-1.

Кроме того, на орбитах, близких к орбите КА Unisat-6, было зарегистрировано еще пять отделенных от него малых КА с номерами 40043-40046 и 40034 и обозначениями от 033AK до 033AN и 033AA. Этим обозначениям соответствуют КА Tigrisat, Lemur 1, Aerocube 6A и 6B и Antelsat.

Таким образом, в результате пуска 19 июня РН «Днепр» на орбиту было выведено рекордное количество объектов – 40, в том числе 37 отделившихся спутников. По состоянию на 24 июля какие-либо маневры этих КА не зарегистрированы.

Вскоре первый российский частный спутник «ТаблетСат-Аврора» передал на Землю первый сигнал: все системы КА работают в штатном режиме.

\* Момент окончания точного приведения – 22:11:10.717.



Фото И. Маринина



Конверсионная программа «Днепр», разработанная в 1990-х годах, предусматривает использование снятых с боевого дежурства МБР РС-20Б (15А18, Р-36М УТТХ, по классификации НАТО – Satan) для запусков КА.

Исходная ракета Р-36М была создана днепропетровским КБ «Южное» имени М. К. Янгеля в 1973 г. под руководством генерального конструктора В. Ф. Уткина и принята на вооружение Советской армии в 1975 г. Ракета РС-20А способна доставлять до десяти боевых блоков частей на дальность, превышающую 10 000 км. Целями боеголовок являются укрепленные объекты, такие как пусковые шахты и командные пункты. В дальнейшем были созданы модернизированные изделия РС-20Б и РС-20В, причем последняя стоит на боевом дежурстве уже четверть века. По заявлению главнокомандующего РВСН С. В. Каракаева, ракеты будут находиться на вооружении до 2022 г., затем их заменят наземные стратегические комплексы «Тополь-М», «Ярс», а также морская МБР «Булава».

Трехступенчатая жидкостная РН «Днепр» имеет в своем составе две нижние штатные ступени МБР РС-20Б без доработок. Третья ступень – доработанный блок разведения (боевая ступень). Стартовая масса носителя составляет 211 т, длина – 34 м, диаметр – 3 м. Ракета способна вывести на орбиту высотой от 300 до 900 км КА или группу спутников различного назначения стартовой массой до 3,7 т. Ракета «выстреливается» из шахтной пусковой установки минометным способом – давлением пороховых газов.

▼ Бугели, отстреливающиеся от ракеты после выхода ее из шахты

Одно из главных достоинств шахтного старта – независимость от скорости ветра.

Пуски выполняются с Байконура и из позиционного района дивизии РВСН России в Оренбургской области. Эксплуатирует ракету международная компания «Космотрас» – совместный российско-украинско-казахстанский проект. Подготовка КА к нынешнему запуску и интеграция с космической головной частью (КГЧ) выполнялись на Базе подготовки космических аппаратов (БП КА) «Ясный» в г. Ясный Оренбургской области. Здесь имеется высокотехнологичный монтажно-испытательный комплекс (МИК), включающий чистовые помещения: зал автономной подготовки КА, зал для операций по интеграции КА с КГЧ и станция для заправки КА с собственным чистовым помещением. МИК оснащен оборудованием и системами, удовлетворяющими современным требованиям, предъявляемым к подготовке спутников к запуску.

Июньский старт стал первым пуском РН «Днепр» из трех запланированных на 2014 г. Начиная с 1999 г. выполнено 20 пусков этого носителя, в том числе восемь – из позиционного района Домбаровский. За все время реализации программы «Днепр» только один пуск был аварийным – 26 июля 2006 г. (НК № 9, 2006, с. 44-51). Но это событие практически не повлияло на программу: уже в следующем году состоялось три старта «Днепра». Технология запусков при этом отработана до мелочей. Российское Минобороны отправляет снятую с боевого дежур-

ства РС-20Б в украинский Днепропетровск: там ее дорабатывают и отправляют обратно в Россию или Казахстан (РК). На космодромах космические аппараты интегрируют с ракетой и запускают. Расходы, с учетом того, что сама ракета-носитель уже фактически готова к использованию, минимальны. Зато каждый запуск «Днепра» приносит сторонам, по некоторым данным, около 31 млн \$.

Прошедший пуск был поистине международным. Как сообщил президент МКК «Космотрас» В. А. Андреев, ракета «Днепр» вывела на орбиту спутники 17 стран мира. «Участником запуска, обладающим 10 % акций МКК «Космотрас», а также главным заказчиком, отправляющим на орбиту национальный спутник ДЗЗ, является Казахстан», – отметил он. Присутствовавший на заседании госкомиссии председатель Национального космического агентства РК Талгат Мусабаев пожелал всем участникам запуска успешного старта и хороших результатов.

### Первый российский «частный» спутник

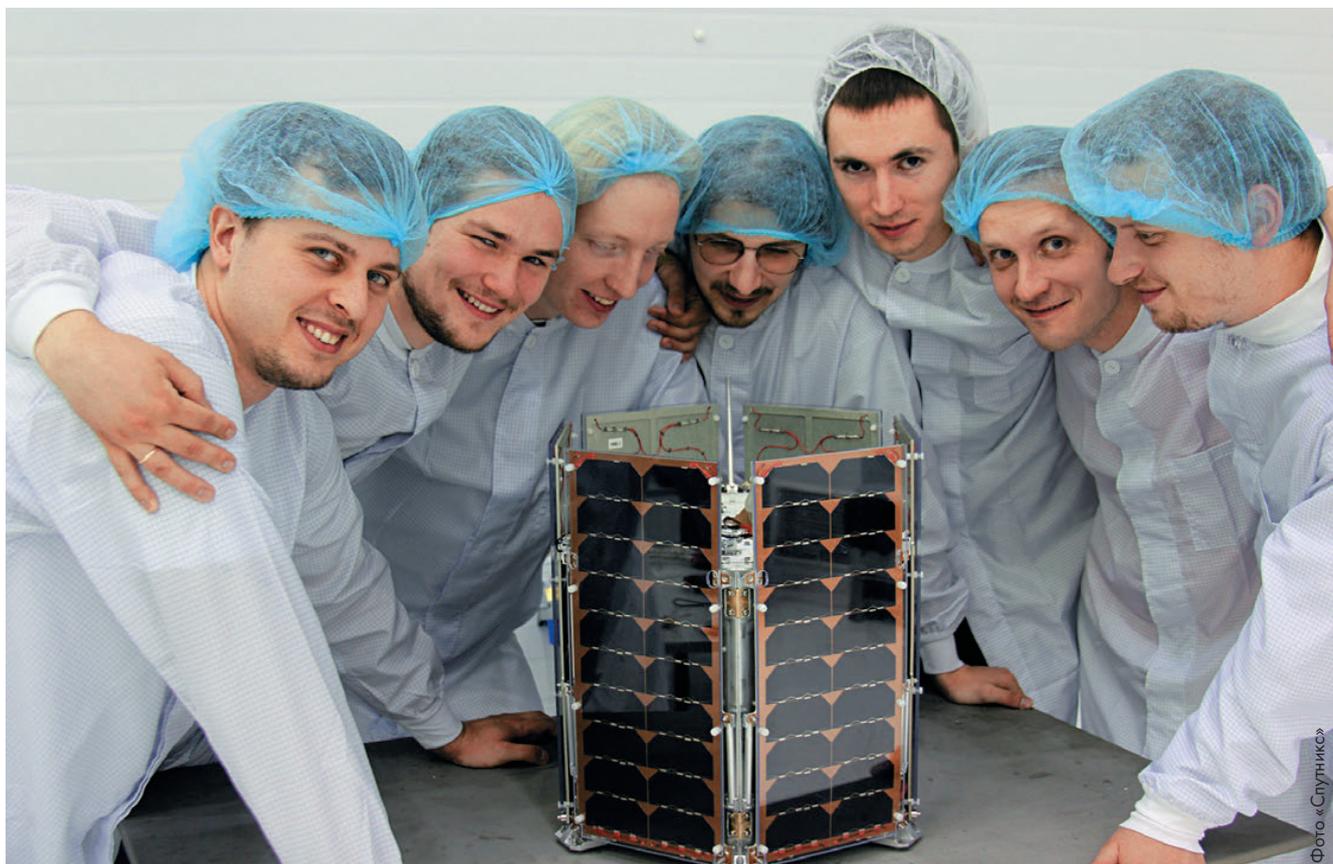
«ТаблетСат-Аврора» изготовлен отечественной компанией «Спутниковые инновационные космические системы» («Спутникс»)\* и предназначен для летной отработки служебных систем платформы «ТаблетСат» и технических экспериментов, в том числе съемки земной поверхности с разрешением 15 м. Расчетный срок активного существования спутника составляет 12 месяцев. Стоимость создания «ТаблетСат-Аврора» составила порядка 1 млн \$



В 2012 г. «Спутникс», дочерняя компания ИТЦ «СканЭкс», стала резидентом Кластера космических технологий и телекоммуникаций Сколково и летом того же года получила грант в размере 29,5 млн руб на разработку подсистем для аппарата нового форм-фак-

\* ООО «Спутникс», специализирующееся на разработке служебных систем для МКА, микроспутниковых платформ на основе этих систем, а также наземной инфраструктуры для управления и приема данных с них, является дочерней компанией ООО ИТЦ «СканЭкс», много лет работающей в области приема, обработки и распространения данных ДЗЗ.





▲ Команда «Спутник» и первый частный российский аппарат «ТаблетСат-Аврора»

тора «ТаблетСат». В ходе работы над проектом стало понятно, что команда молодой инновационной компании способна на большее: в октябре 2013 г. на основе указанного форм-фактора началась реализация проекта микроспутника ДЗЗ «Аврора». Разработка была выполнена в рекордно короткий срок: уже в начале июня 2014 г. готовый МКА был доставлен на космодром Ясный для подготовки к запуску.

Важнейшей задачей и особенностью проекта было создание аппарата на базе российских технологий с минимальной зависимостью от зарубежных компонентов. Большинство систем пришлось проектировать заново и изготавливать самостоятельно. Платформа спутника, большая часть систем и оборудования были разработаны компанией при финансовой поддержке фонда Сколково, МКК «Космотрас» в сотрудничестве с ИТЦ «СканЭкс», ИКИ РАН, НПО имени С. А. Лавочкина, Сибирским государственным аэрокосмическим университетом, НПО «Лептон», Институтом прикладной математики имени М. В. Келдыша РАН и другими организациями.

Корпус аппарата, построенного в форм-факторе «ТаблетСат» и имеющего стартовую массу 26 кг, выполнен в виде шестигранной призмы с боковыми гранями из откидных фрезерованных тонкостенных панелей алюминиевого сплава АК-4. Жесткость конструкции обеспечивается в основном за счет формы корпуса.

На петлях по граням верхнего днища закреплены шесть откидных панелей СБ, удерживаемых в транспортном положении с помощью пережигаемой нити и переводимых в рабочее положение с помощью пружин. На нижнем (надирном) днище установлена

антенна X-диапазона и выступает объектив камеры ДЗЗ.

К адаптеру ракеты-носителя спутник крепится пирозамками, а отделяется с помощью толкателя. Демпфирование колебаний после отделения МКА (а также ориентацию в защитном режиме) осуществляют магнитные торсионы. Система ориентации трехосная, оснащена четырьмя маховиками (три по основным осям и один – диагональный) и гиродинами собственной разработки. В состав системы входит малогабаритный звездный датчик. Это первый летный образец, разработанный отделом оптико-физических исследований Института космических исследований РАН. Система ориентации обладает высокими характеристиками (по оценке разработчиков – лучше, чем у многих аналогов). Так, точность определения ориентации – лучше 6", точность удержания ориентации – лучше 30', а стабилизации – не хуже 1'/сек. Также спутник оснащен парой магнитометров и MEMS-датчиками угловых скоростей.

Терморегулирование – пассивное, достигается путем окраски внешней поверхности спутника в белый цвет и за счет установки локальных нагревателей внутри корпуса. Тепловые расчеты показали, что МКА не будет перегреваться на солнечной стороне орбиты – скорее, возможно некоторое переохлаждение\* в тени, вследствие чего экранно-вакуумная теплоизоляция не применяется. Плотная компоновка аппаратуры внутри спутника позволяет обойтись без тепловых труб. В «Авроре» есть несколько источников тепловыделения; при признаках переохлаждения достаточно будет включить какую-нибудь из систем, а при перегреве – выключить или поменять ориентацию.

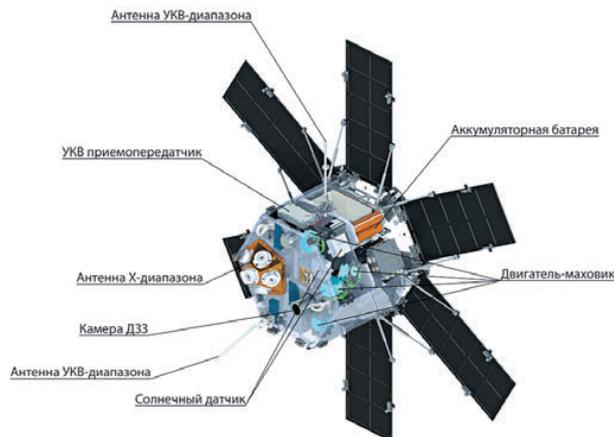
За исключением теневых участков спутник совершает полет в режиме солнечной ориентации – панелями СБ на Солнце, но способен менять свое положение в пространстве при выполнении съемки. При потере ориентации емкости аккумуляторных батарей должно хватить на трое суток полета в защитном режиме.

Система электроснабжения, обеспечивающая средневитковую мощность 60 Вт, представлена шестью панелями СБ общей площадью 0,36 м<sup>2</sup> и двумя блоками литий-феррум-полимерных (LiFePO<sub>4</sub>) аккумуляторов общей емкостью 16 А·ч.

Главная экспериментальная полезная нагрузка спутника – оптико-электронная камера разработки компании «Лептон», обеспечивающая съемку кадра 40×50 км с пространственным разрешением 15 м на пиксел. Съемка будет вестись покадрово в панхроматическом диапазоне. Камера имеет собственное запоминающее устройство объемом порядка 1 Гбайт, позволяющее хранить несколько десятков изображений.

Информация от полезной нагрузки будет передаваться на уже имеющиеся наземные станции компании «СканЭкс» со скоростью 70 Мбит/сек. Передача возможна в течение не более пяти минут за один виток, что обусловлено располагаемой энергетикой. Сброс изображений осуществляется по радиоканалу X-диапазона на частоте 8192 МГц, тип модуляции ФМ2. Мощность передатчика, изготовленного фирмой «Московские микроволны», – 8 Вт. Экспериментальная антенна X-диапазона, разработанная НПО Лавочкина, имеет семь излучателей, угол раствора каж-

\* Например, в тени самая низкая температура (+4°C) возможна на аккумуляторах.



Графика «Спутникс»

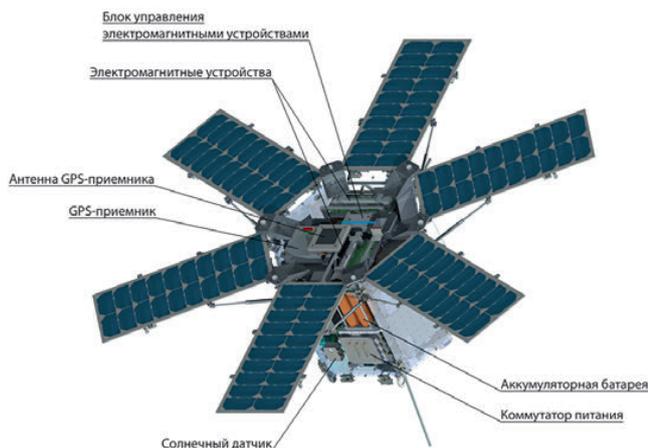


Фото «Спутникс»

дого из которых 60°, то есть антенна покрывает полусферу ±120°.

Телетметрия сбрасывается на Землю по двум независимым радиоканалам УКВ-диапазона (435–436 МГц) через две штыревые антенны. Приемопередатчики созданы Техническим университетом Берлина TUB (Technische Universität Berlin), программное обеспечение – компанией «Спутникс». Фактическая скорость обмена по линии Земля–борт и борт–Земля примерно 1 кбит/сек. Телетметрия накапливается в специальном бортовом накопителе и сбрасывается при необходимости по командам с Земли. При этом она может «на лету» сжиматься с помощью стандарта ZLib, а на Земле также «на лету» распаковываться. Телетметрия организована как очереди данных; при необходимости оператор может запросить информацию о работе каждой системы по отдельности. С Земли на борт закладываются телекоманды по управлению аппаратом в заданный момент времени как для непосредственного выполнения, так и в виде «полетного плана».

В штатном режиме каждый из телеметрических передатчиков работает в режиме обычного обмена с Землей, в остальное время оба выключены.

Кроме УКВ-приемопередатчиков, на спутнике установлен экспериментальный ретранслятор D-STAR разработки TUB, предназначенный для радиолюбителей всего мира, работающий на частоте 437.050 МГц с мощностью излучения 0.8 Вт через независимую штыревую антенну. Максимальная длина голосового сообщения составляет 8 сек. Приемопередатчик включается на «глухих» витках.

Бортовой комплекс управления создан совместно с Сибирским государственным авиакосмическим университетом (СибГАУ), а

GPS-приемник изготовлен совместно с компанией «АИМ Холдинг».

Каждая подсистема управляется автономно собственным процессором. В случае нештатных ситуаций (например, сбой работы системы ориентации или просадка по электропитанию) автоматически отключается вся полезная нагрузка, а аппарат переходит в режим демпфирования угловых скоростей, позволяя группе управления на Земле разобраться с ситуацией.

Бортовая аппаратура спутника имеет возможности резервирования. В частности, в случае отказа основной системы ориентации имеется резервная подсистема магнитной стабилизации с отдельным модулем-процессором. Если «умирает» один из радиоканалов, вполне можно обойтись резервным. Если отказывает центральный процессор электроснабжения, система имеет возможность работы мимо него. В этом случае оптимального электропитания не будет, но система останется способна поддерживать жизнеспособность спутника.

На орбите «Аврора» пройдет летные испытания, будут протестированы разработанные в компании комплекты служебных систем: МКА должен показать свои возможности в ориентации и стабилизации, в передаче данных по радиоканалам УКВ- и X-диапазонов, испытать оптику, аккумуляторы и СБ.

По штатной схеме управление аппаратом осуществляется из центра управления полетами «Спутникс» в Москве, с привлечением резервных партнерских станций в Калуге и Берлине. Данные с микроспутника планируется принимать на уникальную наземную сеть станций приема спутниковой информации ИТЦ «СканЭкс» УниСкан™ и использовать в коммерческих, научных, образовательных,

экологических проектах. По заявлениям специалистов «СканЭкс», изображения со средним разрешением востребованы для задач управления сельским и лесным хозяйством, экологического и природно-ресурсного мониторинга.

Отделение КА «ТаблетСат-Аврора» от носителя произошло в 22:26:56.651 ДМВ над южной частью Сомали. Примерно через 40 минут спутник вошел в зону видимости наземной станции в Москве. Были получены первые сигналы со спутника, подтверждающие нормальную работу его систем. На аппарате, находившемся в режиме демпфирования угловой скорости, успешно открылись панели СБ.

Из-за неблагоприятной помеховой обстановки в УКВ-диапазоне в районе московской станции ЦУП пришлось перевести на территорию НИЛАКТ ДОСААФ в Калугу. К 3 июня наладили регулярный прием сигналов с борта и получили расширенную телетметрию бортового комплекса управления. Все системы «Авроры» находились в норме. Система энергопитания МКА работала штатно: напряжение на аккумуляторе почти всегда близко к максимальному, температура батарей плавно менялась в диапазоне от 0 до 5...6°. Аппарат находился пока в режиме демпфирования угловой скорости.

Бортовой комплекс управления регулярно накапливал данные со всех служебных систем, которые получались на сеансах связи. Основная работа шла с первым УКВ-приемопередатчиком, второй (резервный) нештатно отключился 22 июня и был вновь включен 24 июня. После включения приемопередатчика с него по запросу была получена телетметрия, показывающая, что устройство работает нормально.

По состоянию на 15 июля протестирована работа двигателей-маховиков, датчиков угловой скорости и магнитометра разработки «Спутникс» и выполнено опытное включение звездного датчика. Продолжалось тестирование бортового ПО системы ориентации и стабилизации. Успешно прошел проверку алгоритм ориентации панелей солнечных батарей на Солнце двигателями-маховиками. Ориентировочно в конце июля ожидается проверка камеры дистанционного зондирования Земли с тестовыми сбросами данных в X-диапазоне на наземную станцию «СканЭкс» в Москве.

«Запуск «Авроры» – первого российского частного спутника – успешный пример государственно-частного партнерства в освоении космоса, и понятно, что стратегические задачи частные компании не могут реализовать без участия государства. Уверен: кооперация государства и частных аэрокосмических структур в разработке и создании высокотехнологичных аппаратов станет важным стимулом дальнейшего развития российских конкурентных технологий», – прокомментировал событие Игорь Комаров, генеральный директор Объединенной ракетно-космической корпорации (ОРКК).

«В настоящее время компания рассматривает «ТаблетСат» в качестве универсальной платформы для установки научных и прикладных полезных нагрузок и, возможно, даже для решения задач низкоорбитальной связи. Все служебные системы платформы автономны и «развязаны» от полезной нагрузки. В наших планах – создание группировки МКА и аппаратов сверхвысокодетальной съемки с разрешением 1 метр на пиксель», – рассказал Андрей Потапов, генеральный директор компании «Спутникс». Он уточнил, что такую группировку компания планирует создать к 2020 г., цена создания одного спутника – до 5 млн \$.

## Deimos-2

И. Афанасьев, А. Кучейко

Самый тяжелый полезный груз данного запуска – спутник Deimos-2 – разработан испанской фирмой Deimos Imaging\* при содействии южнокорейской компании Satrec Initiative по контракту, подписанному в ноябре 2010 г.

Deimos Imaging является оператором другого успешного проекта – первого испанского коммерческого спутника ДЗЗ Deimos-1 (масса 100 кг, разрешение 22 м), выведенного на орбиту в 2009 г. За пять лет эксплуатации проект стал рентабельным (что пока редкость на рынке ДЗЗ), затраты на разработку Deimos-1 и операционные расходы окупались благодаря активным продажам в Испании и созданию международной сети дистрибьюторов продуктов, которая охватывает 190 клиентов в 18 странах мира.

\* Филиал компании *Electror Deimos*, появился в результате сотрудничества авиационно-космической инжиниринговой компании *Deimos Space* и Лаборатории ДЗЗ при Университете Вальядолида. Основная задача компании, штат которой включает 500 сотрудников, а оборот в 2012 г. составлял 70 млн евро, – разработка, внедрение, эксплуатация и коммерческое использование систем ДЗЗ.



Стоимость программы Deimos-2 составляет 60 млн евро, включая запуск и страховку, и компания-оператор надеется повторить успех первого проекта.

Новый КА имеет размеры 1,5×1,5×1,95 м, стартовую массу около 310 кг (295–300 кг по другим данным) и построен на основе спутниковой платформы SI-300 фирмы Satrec, ранее использованной в составе МКА – аналога DubaiSat-2 (ОАЭ; НК №1, 2014). Расчетный срок активного существования аппарата – 7 лет (с возможностью продления до десяти).

Платформа построена в форме шестигранной призмы и состоит из двух палуб и верхнего солнцезащитного экрана-бленды. В состав конструкции входят лонжероны и направляющие, а также стойки из углепластика, удерживающие бленду.

Мощность системы электропитания с четырьмя панелями СБ и литий-ионными аккумуляторами емкостью 30 А·ч составляет 450 Вт. Система включает четыре откидные панели солнечных батарей (СБ): каждая состоит из шести отдельных блоков по 26 элементов. Снимаемая мощность через регулятор питает три литий-ионных аккумулятора. Электрические шины (регулируемая, напряжением 28 В, и нерегулируемые, на 15, 12 и 5 В) обеспечиваются первичным и вторичным модулями энергоснабжения.

Трехосная система ориентации позволяет быстрое перенацеливание оптической оси оптико-электронной системы (ОЭС) спутника в пределах  $\pm 45^\circ$  от надира (штатный сектор углов обзора  $\pm 30^\circ$ ). Для управления ориентацией используются пять двигателей-маховиков. Данные о положении в пространстве обеспечивают четыре волоконно-оптических гироскопа и звездный датчик для точного прицеливания и магнитометры и датчики солнца для грубого наведения (в безопасном режиме и при гашении колебаний). Точность ориентации –  $0.03^\circ$  по всем осям.

На освещенной части орбиты КА в основном ориентирован на Солнце для зарядки аккумуляторов, в тени смотрит в надира, чтобы свести к минимуму включение обогревателей полезной нагрузки. При съемке КА обычно использует отклонения от надира на углы  $\pm 30^\circ$ . Для сброса снимков спутник ориентируется таким образом, чтобы его ориентируемые антенны X-диапазона отслеживали наземную станцию.

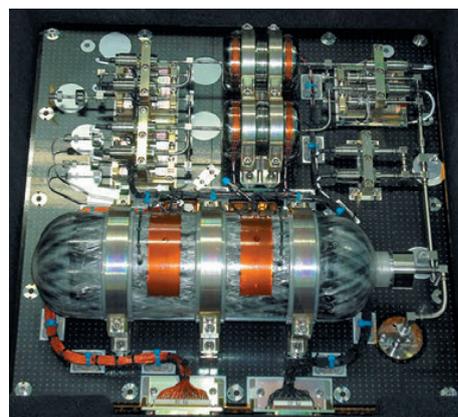
Холловская электроракетная двигательная установка NEPS (Holl Engine Propulsion System) используется для под-



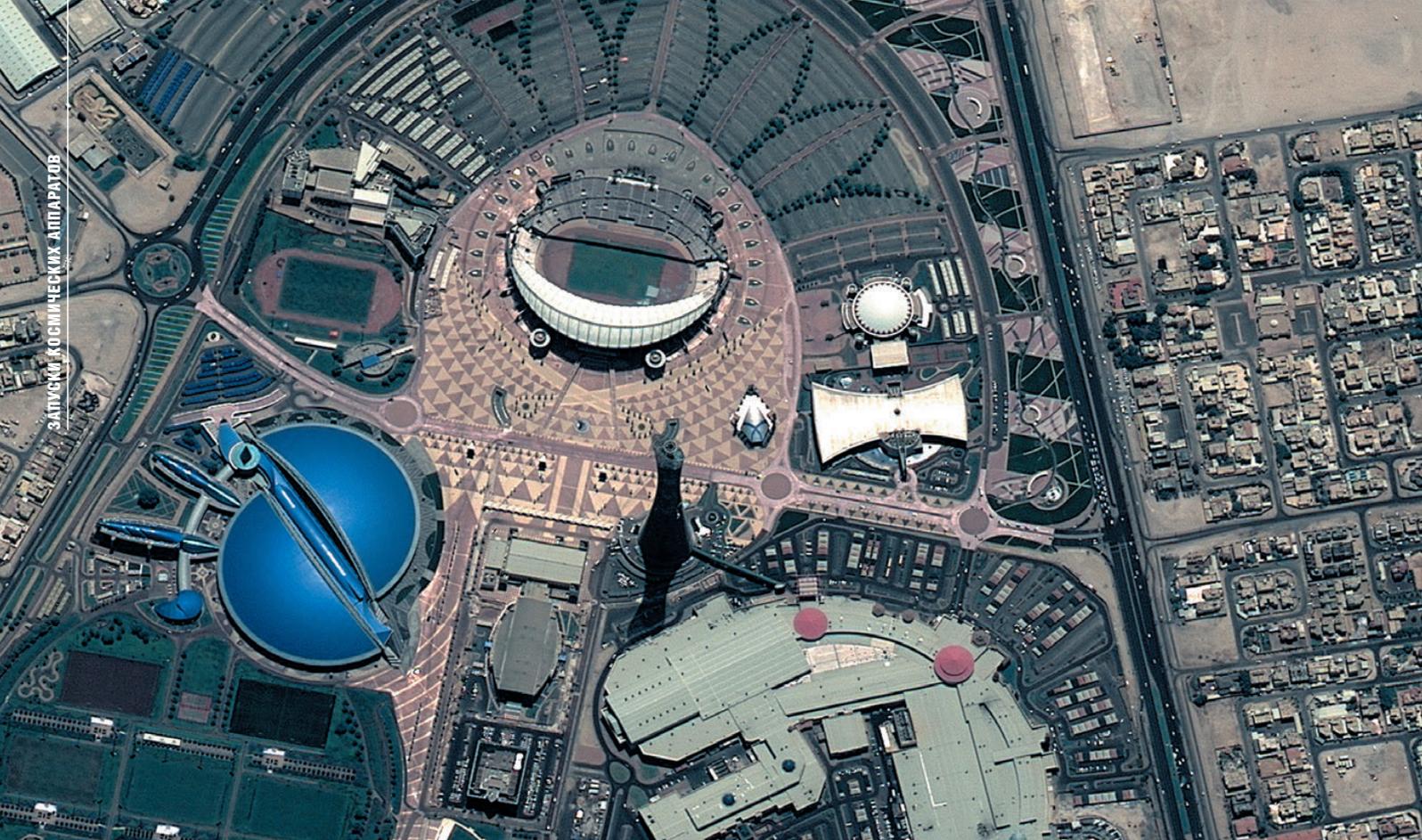
держания и коррекции орбиты. В качестве рабочего тела служит ксенон. NEPS состоит из блока подачи ксенона XFU (Xenon Fuel Unit) с двумя килограммами рабочего тела, тяговой головки THU (Thruster Head Unit), блока энергоснабжения PPU (Power Processing Unit) и блока микроволнового катода MCU (Microwave Cathode Unit). Ксенон хранится при давлении 150 атм. Через клапаны он раздается в две меньшие емкости (каждая с давлением 3 атм) для анода и катода. Тяговая головка включает магниты для направления движения ионов, а блок электроснабжения обеспечивает различные напряжения для всей системы. NEPS развивает тягу 7 мН, потребляя 300 Вт электроэнергии.



▲ Электроракетный двигатель



▲ Блок подачи ксенона



▲ Один из первых снимков со спутника Deimos-2: реконструируемый для Чемпионата мира-2022 Международный стадион Халифа в г. Доха (Катар)

Бортовой компьютер взаимодействует со всеми модулями через внутреннюю сеть CAN (скорость обмена данными – 500 кбит/сек). Полетное программное обеспечение компьютера работает в среде операционной системы реального времени VxWorks.

Спутник оснащен системой связи S-диапазона для приема команд и сброса телеметрии. Данные с полезной нагрузки сбрасываются через высокоскоростной терминал X-диапазона со скоростью передачи 160 Мбит/сек с квадратурной фазовой модуляцией QPSK. Система использует антенну с одноосным приводом, которая может перемещаться на  $\pm 90^\circ$ , отслеживая наземную станцию.

Основная полезная нагрузка – усовершенствованная съемочная система высокого разрешения HiRAIS (High Resolution Advanced Imaging System) – разработана корейской компанией Satrec в сотрудничестве с Elespor Deimos и имеет летную квалификацию. Полезная нагрузка работает в

панхроматическом (450–900 нм) и четырех многоспектральных каналах:

- ◆ синий (420–510 нм);
- ◆ зеленый (510–580 нм);
- ◆ красный (600–720 нм);
- ◆ ближней инфракрасной (760–890 нм).

В состав ПН массой 50 кг входят ОЭС, твердотельное запоминающее устройство и аппаратура радиолинии передачи изображений.

Оптическая система создана на базе пятизеркального телескопа Корша с апертурой 42 см и фокусным расстоянием 5.75 м (угол поля зрения  $1.2^\circ$ ). Зеркало телескопа изготовлено из термостабильного материала (специального стекла) Zerodur, конструкция ОЭС – из композитного материала на основе углеродного волокна; она включает систему подогрева с обратной связью, обеспечивающую отсутствие температурных деформаций.

В фокальной плоскости размещены пять сборок ПЗС-матриц с временной задержкой накопления (ВЗН), которые обеспечивают прием сигналов в панхроматическом канале

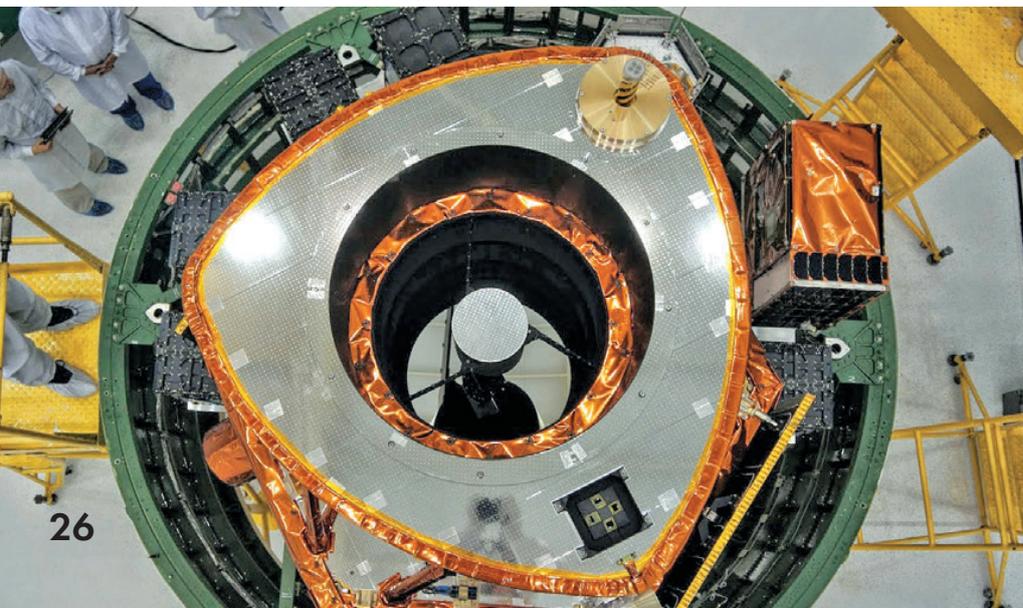
и четырех стандартных спектральных каналах. Радиометрическое разрешение – 10 бит, а ширина полосы захвата – 12 км. Исходная точность геопривязки изображений без контрольных наземных точек – 100 м.

Данные ОЭС обрабатываются бортовым компьютером для хранения и последующего сброса по нисходящей линии связи. Информация хранится в твердотельном запоминающем устройстве общей емкостью 256 Гбит. Система сжимает, шифрует и кодирует данные полезной нагрузки в режиме реального времени во время передачи, используя схему сжатия без потерь и кодирование по алгоритму CCSDS.

Трехосная система стабилизации обеспечивает работу спутника в следующих режимах съемки:

- ◆ однополосном;
- ◆ многополосном;
- ◆ стереосъемки за один проход.

Основные режимы съемки – кадровый ( $12 \times 12$  км<sup>2</sup>), маршрутный, формирование стереопар и мозаик шириной до 24 км. ОЭС обеспечивает получение исходных («сырых») изображений с пространственным разрешением 1 м в панхроматическом канале и 4 м в мультиспектральных каналах съемки. В результате последующей обработки по алгоритму передискретизации (иногда называются «супер-разрешение») готовые продукты уровня 1 имеют повышенное разрешение до 75 см (панхроматический продукт и цветной продукт с улучшенным разрешением) и 3 м (мультиспектральный продукт и стереопара). Аналогичные алгоритмы улучшения разрешения широко применяются в европейских системах ДЗЗ: RapidEye (7 м/5 м – «сырой»/«супер-разрешение»), Pleiades (75 см/50 см), SPOT-6/-7 (2 м/1.5 м). К продуктам уровня 2 относятся тематические геопродукты –



карты спектральных индексов и цифровые модели рельефа.

Тип используемой рабочей орбиты – круговая солнечно-синхронная (ССО) высотой 620 км с местным временем пересечения экватора в нисходящем узле 22:30. Интересно, что спутник-близнец DubaiSat-2 выведен на близкую по параметрам ССО с пересечением экватора в 10:30.

Бортовой регистратор обеспечивает запись маршрутов длиной 1400 км. Суточная производительность КА – до 150 000 км<sup>2</sup>/сут, период повторной съемки составляет двое суток в глобальном масштабе и одни сутки на широтах выше 45° (при угле отклонения от надира ±45°). Система из двух спутников Deimos-2 и DubaiSat-2 обеспечивает возможность глобальной съемки объекта в течение суток. Предусмотрены режимы срочного программмирования съемки в течение суток после заказа и срочной обработки изображения в течение одного часа после его получения.

В состав наземного комплекса входят центр управления и обработки компании-оператора Deimos Imaging, основная станция управления и приема данных в Пуэрто-Риано (Испания) с антенной диаметром 10 м, резервная в Босильо (Вальядолид, Испания), а также две арендуемые приемные станции Кируна (Швеция) и Инувик (Канада). Последние две будут использоваться при необходимости.

Наземный сегмент для Deimos-2 разработан в Испании на базе линейки решений gs4EO (Ground Segment for Earth Observation) и вместе с аналогичным комплексом Deimos-1 входит в состав наземного сегмента компании Eecnor Deimos. Наземный комплекс управления и обработки gs4EO представляет собой набор функциональных модулей, которые могут быть использованы и как отдельные приложения:

- ❖ планирование полета КА;
- ❖ анализ орбитальной динамики (включая планирование необходимых маневров уклонения от столкновения с космическими объектами);
- ❖ управление системами КА;
- ❖ управление работой наземной станции;
- ❖ модуль обработки изображений;
- ❖ архивация и каталогизация продуктов;
- ❖ мониторинг и контроль модулей комплекса;
- ❖ калибровка и валидация;
- ❖ пользовательские сервисы.

При разработке комплекса gs4EO в целях сокращения стоимости (в некоторых бюджетных программах стоимость наземного комплекса управления и обработки превышает стоимость орбитального сегмента) широко применялся опыт проектирования аналогичных систем для агентства ЕКА и опыт эксплуатации КА Deimos-1. Основные принципы разработки комплекса gs4EO:

◆ максимально возможная автоматизация операций в целях сокращения численности обслуживающего персонала;

◆ открытая архитектура для наращивания системы и подключения внешних приложений;

◆ модульность с возможностью реконфигурации системы для решения различных задач пользователей.

В интересах создания сети распространения данных Deimos-2 предусмотрены два концептуальных подхода: виртуальная приемная станция VRS и станция прямого приема DRS. В первом случае клиент не имеет собственной станции и использует ресурсы других станций наземного комплекса, но оснащен отдельными программными модулями из состава комплекса gs4EO для самостоятельного планирования съемки, архивирования продуктов и – в некоторых вариантах – модулями полного цикла обработки данных и генерации продуктов. В случае DRS у клиента монтируется приемная станция (или дооснащается необходимым трактом уже имеющаяся) с установкой всех модулей комплекса управления и обработки gs4EO для самостоятельного выполнения полного цикла всех операций.

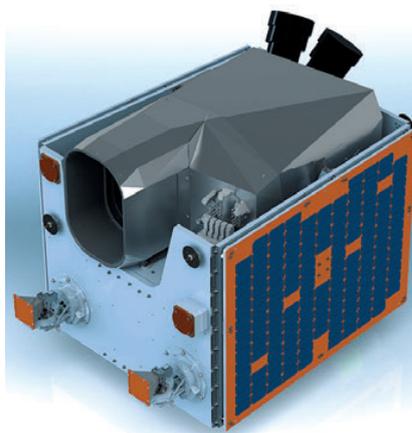
С началом эксплуатации КА Deimos-2 компания-оператор планирует создать сеть станций прямого приема, а также абонентских виртуальных терминалов в разных странах.

## KazEOSat-2

### И. Афанасьев

Спутник ДЗЗ среднего разрешения\* KazEOSat-2 (Kazakhstan Earth Observation Satellite) – второй\*\* казахстанский КА, предназначенный для наблюдения и управления естественными ресурсами, картирования в интересах землепользования и информационного мониторинга окружающей среды. Данные, переданные аппаратом, помогут правительству Республики Казахстан принимать решения в кризисных ситуациях.

Спутник создан компанией SSTL\*\*\* (Гилфорд, Великобритания) по заказу правительства Казахстана на базе спутниковой платформы SSTL-150+. Контракт на разработку аппарата был подписан 6 октября 2009 г. По своей конструкции KazEOSat-2 похож на спутник RapidEye аналогичного назначения. Различия состоят в том, что в казахстанском КА использованы более современные технологии, при-



дающие сканирующей аппаратуре большую «маневренность» и позволяющие выполнять стереосъемку. Аппарат массой 185 кг имеет форму параллелепипеда размерами 70x80x90 см и срок активного существования семь лет.

Платформа спутника включает блок бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) модульной конструкции. Внутренние панели служат для крепления различных подсистем спутника. Электроэнергия обеспечивается тремя панелями СБ общей площадью 1.15 м<sup>2</sup>, смонтированными снаружи на трех сторонах корпуса. Панели оснащены арсенид-галлиевыми фотопреобразователями с одинарным переходом, вырабатывающими среднюю мощность 60 Вт (пиковая мощность – 110 Вт с каждой из двух больших панелей и 55 Вт с маленькой) при КПД 19.6%. Электроэнергия подается на буферные литий-ионные аккумуляторные батареи емкостью 15 А·ч через регуляторы зарядки, а от аккумуляторов – в систему распределения, обеспечивающую электроснабжение систем КА через нерегулируемую (28 В) и регистрируемую (5 В) шины питания.

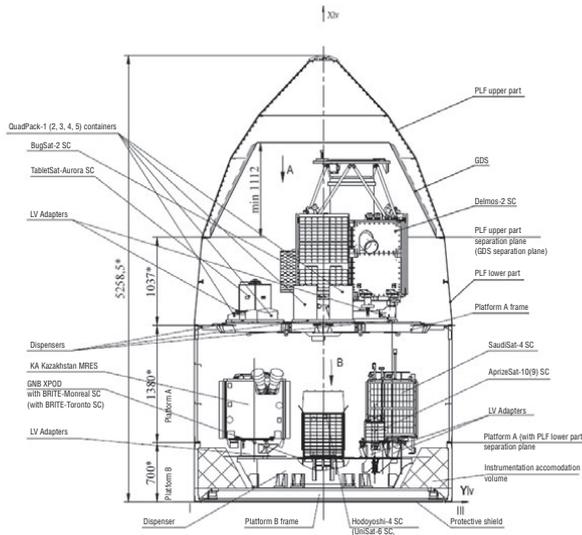
Система ориентации оснащена дублированным набором солнечных датчиков и магнитометров для грубого определения пространственного положения, а также звездными датчиками Rigel-L для высокоточного определения ориентации по трем осям. Датчик имеет две оптические головки и два блока обработки данных с возмож-



\* Второе название DZZ-MR (Medium Resolution).

\*\* Первый – спутник высокого разрешения KazEOSat-1 (DZZ-HR), изготовленный французской компанией Airbus Defence and Space (в недавнем прошлом EADS Astrium), был запущен 30 апреля 2014 г. европейским легким носителем Vega (НК № 6, 2014, с. 57-60).

\*\*\* Surrey Satellite Technology – дочернее предприятие Airbus Defence and Space (ранее EADS Astrium).



▲ Размещение спутников под обтекателем

ностью включения «крест накрест» для резервирования. Сенсор активных пикселей датчика Rigel-L обеспечивает поле зрения 22.6x22.6° и работает при скорости обновления до 16 Гц. Датчик интегрирован в систему данных КА посредством шины RS-422.

Изменение ориентации осуществляется с помощью силовых маховиков 100SP-M (диаметр каждого – 109 мм, длина – 101 мм, масса – 960 г), а также встроенной электроники, выполняющей команды от бортового компьютера. Маховики вращаются со скоростью до 5000 об/мин, создавая суммарный момент 0.42 Н·м·с и максимальный крутящий момент 0.011 Н·м при пиковой мощности 10 Вт. Для разгрузки служат магнитные катушки.

ДУ для коррекции орбиты имеет массу 19.4 кг и размеры 23x30x30 см. Ее основу составляют электрореактивные двигатели (ЭРД) омического нагрева на ксеноне тягой от 10 до 100 мН и средним удельным импульсом 48 сек. Топливный бак объемом 7.4 л может вместить до 12 кг ксенона, хранящегося под давлением 70 атм, обеспечивая суммарную характеристическую скорость 36 м/с.

Бортовой компьютер спутника OBC750 основан на процессоре VM PPC750FL, имеет загрузчик типа EEPROM емкостью 6 Мбайт, 256 Мбайт защищенной памяти типа SDRAM, 16 Мбайт – MRAM и 16 Мбайт флэш-памяти. Он поддерживает высокоскоростную шину данных 1553B, а также две двойные шины CAN, восемь входов и выходов LVDS, четыре оптических изолированных входа и четыре оптических изолированных выхода. Блок имеет размеры 32x32x6 см и массу менее 2.5 кг, потребляя 20 Вт мощности во время работы и 3 Вт в режиме ожидания.

Полезной нагрузкой KazEOSat-2 является сканирующее устройство KEIS (Kazakh Earth Imaging System), которое также известно как JSS-56 (Jena-Optronik Spaceborne Scanner-56) или MSI (Multispectral Imager). Съемочная система работает в пяти спектральных каналах:

- ❖ синий – 440–510 нм;
- ❖ зеленый – 520–590 нм;
- ❖ красный – 630–685 нм;
- ❖ крайний красный – 690–730 нм;
- ❖ инфракрасный (ИК) – 760–850 нм.

KEIS использует оптическую систему типа «трехзеркальный анастигмат» со складыванием оптической оси с апертурой 145 мм и фокусным расстоянием 633 мм. Три зеркала изготовлены с использованием сверхточного фрезерования, полировки и никелевого покрытия для достижения высокой отражательной способности в видимой области спектра. Сборка фокальной плоскости использует два комплекта ПЗС-матриц фирмы e2v. Каждый комплект состоит из трех линеек ПЗС, содержащих 12 000 пикселей размерами по 6.5 мкм. Трехлинейные ПЗС уста-

новлены на керамической подложке, а пять металлоокисных фильтров интегрированы в конструкцию фокальной плоскости.

Пространственное разрешение аппаратуры достигает 6.5 м при съемке в надире в полосе шириной 77 км и увеличивается до 5 м при дополнительной обработке. При съемке возможно отклонение от надире ±35°. Радиометрическое разрешение равно 12 бит. Масса инструмента – 46 кг, а пиковая потребляемая мощность – 93 Вт. За сутки KazEOSat-2 способен отснять около 1000 000 км².

Спутник реализует три режима съемки. В полосовом режиме (Image strip) создается изображение полосы шириной 77 км и максимальной длиной до 4000 км с возможностью отклонения на ±35° по крену. В стереорежиме (Stereo mode) за один проход выполняется съемка одной и той же области дважды – на подходе и после пролета с углом тангажа ±30°. Режим мозаики (Mosaic mode) обеспечивает съемку полосы двойной ширины.

После оцифровки изображение подвергают сжатию без потерь и форматируют для хранения. Пакеты данных включают временные метки и данные GPS для контекстной привязки к положению цели, высоте съемки и времени получения. Бортовое запоминающее устройство позволяет хранить изображение полосы длиной 4000 км.

Все операции с полезной нагрузкой контролируются блоком управления и интерфейса CIU (Control and Interface Unit), который получает команды от бортового компьютера и формирует телеметрию для сброса через линию S-диапазона.

Данные от полезной нагрузки хранятся в высокоскоростном запоминающем устройстве HSDR емкостью 16 Гбайт, поддерживающем 20 операций ввода-вывода информации со скоростью передачи данных 150 Мбит/с, пять вводов SerDes со скоростью до 2 Гбит/с и 16 выводов LVDS на 150 Мбит/с. Система имеет размеры 32x17x5.5 см и массу менее 1 кг.

Полученные изображения Земли сбрасываются через терминал X-диапазона посредством рупорной антенны с круговой поляризацией и узконаправленным лучом. Двухстепенная система наведения позво-

ляет поворачивать антенну в диапазоне ±114.7° по углу места и ±270° по азимуту с максимальной скоростью 20°/с. Тем самым обеспечивается сопровождение наземной станции и передача данных со скоростью до 160 Мбит/с одновременно со съемкой. Передатчик мощностью до 12 Вт использует частоты 8.025–8.400 ГГц при квадратурной фазовой модуляции QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Устройство наведения антенны имеет размеры 24x19.6x18.5 см и массу 2.7 кг, передатчик X-диапазона – размеры 21.5x20.5x13.5 см и массу 4 кг.

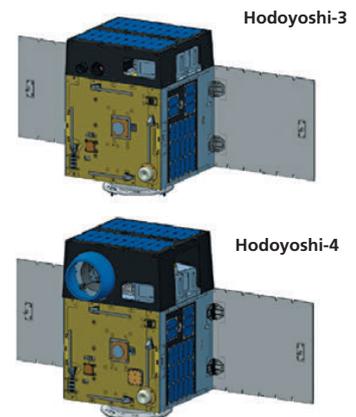
Наземный сегмент KazEOSat-2 работает независимо от инфраструктуры, созданной для миссии KazEOSat-1, но обе системы находятся в Астане и совместимы, обеспечивая взаимное резервирование. Наземная станция MRES принимает данные полезной нагрузки и телеметрию и передает команды на борт. Пост управления полетом (Mission Control Suite) включает в себя оборудование, поставленное SSTL и обеспечивающее функции телеметрии, телеуправления и передачи команд, позволяя клиенту управлять КА и закладывать команды на съемку необходимых районов.

Вскоре после выведения KazEOSat-2 передал первую телеметрическую информацию с орбиты. «Передача первого сигнала с казахстанского спутника ДЗЗ состоялась на 90-й минуте после отделения от РН», – сообщил председатель Национального космического агентства Республики Казахстан (Казкосмос) Талгат Мусабаев.

После выведения на орбиту и тестирования систем спутник перейдет под управление государственной компании, подведомственной Казкосмосу, – АО «НК «Казакстан Гарыш Сапары»».

### Японское «Комбинированное созвездие»

МКА Hodoyoshi-3 и Hodoyoshi-4, изготовленные специалистами Университета Токио и Ассоциации по изучению проблем создания космических систем следующего поколения NESTRA (Next generation Space system Technology Research Association), предназначены для технических экспериментов и изучения природных ресурсов. Кроме того, по некоторым сообщениям, аппараты будут мониторить состояние «искаленных» атомных станций – японской «Фукусима-1» и Чернобыльской АЭС на Украине. На разработку и постройку каждого МКА ушло примерно по 300 млн иен (порядка 2.9 млн \$).





Оба спутника основаны на одной и той же имеют стандартной базе, разработанной для спутников Uniform-1 (НК №7, 2014), Hodooyoshi-1 и Hodooyoshi-2 (RISEsat). В силу малой предсказуемости графиков попутных запусков 3-й и 4-й аппараты стартовали раньше своих предшественников и лишь на месяц опередили Uniform-1. КА имеют отличающиеся модули полезной нагрузки и различные подсистемы для технических демонстраций.

Масса Hodooyoshi-3 (ほどよし3号) – 58 кг, Hodooyoshi-4 (ほどよし4号) – 66 кг (по другим данным, 58.2 кг и 64.2 кг соответственно). Аппараты оснащены оптико-электронными камерами для получения изображений Земли: Hodooyoshi-3 – среднего, а Hodooyoshi-4 – высокого разрешения. Кроме штатной полезной нагрузки, спутники имеют «арендуемую площадь» для размещения «гостевых» приборов объемом не более нескольких десятков кубических сантиметров на каждом аппарате. Одна из задач МКА – демонстрация потенциала практического применения микроспутников в космосе, в частности проведения эксперимента «Комбинированное созвездие» (Hetero Constellation) с использованием двух спутников, обладающих разными возможностями.

Hodooyoshi-3 размерами 0.5×0.5×0.65 м оснащен СБ, укрепленными на корпусе аппарата и на двух разворачиваемых панелях. Батареи обеспечивают максимальную мощность 100 Вт, которая распределяется с помощью шин напряжением 28 В и 5 В. Имеется буферный литий-ионный аккумулятор емкостью 5.8 А·ч. Ожидаемое среднее потребление мощности подсистемами – 50 Вт.

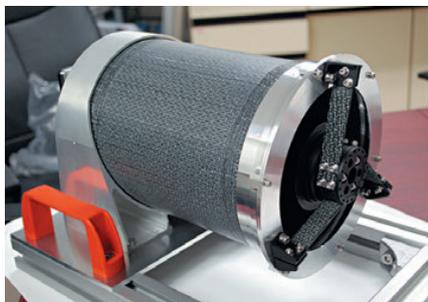
Спутник стабилизируется по трем осям с помощью звездных датчиков, инерциального блока и четырех двигателей-маховиков. Сброс телеметрии и прием телекоманд осуществляется через систему связи, работающую в диапазоне S со скоростью восходящей линии 4 кбит/с и скоростью нисходящей линии от 4 до 64 кбит/с. Данные с целевой нагрузки сбрасываются по линии X-диапазона со скоростью до 10 Мбит/с.

Hodooyoshi-3 оснащен двигательной установкой, работающей на перекиси водорода. В качестве полезной нагрузки аппарат несет камеру разрешением 240 м с полосой 491.5 км и камеру разрешением 38 м с шириной полосы в 82 км. Последняя работает в трех спектральных диапазонах (520–600, 630–690 и 730–900 нм).

Hodooyoshi-4 имеет размеры 0.5×0.6×0.7 м. По конструкции и характеристикам систем электропитания и ориентации и стабилизации спутник аналогичен Hodooyoshi-3. Коммуникации осуществляются в S-диапа-

зоне для телеметрии и телекоманд, как на Hodooyoshi-3, но Hodooyoshi-4 использует усовершенствованную систему X-диапазона, которая обеспечит скорость передачи данных от 100 до 320 Мбит/с. Спутник также снабжен ионным электроракетным двигателем, работающим на ксеноне, тягой 260 мкН при удельном импульсе 1170 сек. Система, имеющая массу 6 кг и размеры 39×28×16 см, включает бак с рабочим телом, содержащий примерно 1 кг ксенона, и дает приращение скорости до 240 м/с, потребляя не более 30 Вт электроэнергии.

Демонстрационная система наблюдения Земли Hodooyoshi-4 также более «продвинута»: она включает оптико-электронную камеру высокого разрешения массой 3.5 кг. Телескопическая система с апертурой 15 см и фокусным расстоянием 1.0 м обеспечивает разрешение 6.3 м в полосе 25 км. Приемная часть позволяет получать изображения объектов в четырех спектральных полосах – синей (450–520 нм), зеленой (520–600 нм), красной (630–690 нм) и ближней инфракрасной (730–900 нм).



▲ Камера высокого разрешения спутника Hodooyoshi-4

Оба спутника Hodooyoshi несут также полезную нагрузку для приема, хранения и сброса информации с датчиков контроля уровня воды, развернутых во многих местах по всему миру. Эти полезные нагрузки работают на УКВ (частота 401.5 МГц) при частоте опроса 10 или 40 кгц. Аппаратура имеет встроенный объем памяти до 16 Гбит для хранения пакетов данных, емкость которых составляет 270 бит для секундного сообщения или 2970 бит для 10-секундного. С использованием двух МКА мониторинг датчиков возможен обычно через 11–13 час (в худшем случае через 24 часа).

Разработчики отмечают, что четыре спутника типа Hodayoshi-4 с аппаратурой разрешением 2.5 м обошлись бы вместе с запуском в 30 млн \$ и обеспечили бы регулярный контроль состояния АЭС в Фукусиме и Чернобыле. Это составляет примерно 1/1000 от расчетной стоимости очистки загрязненной зоны Фукусимы.

### Арабский научный аппарат

Демонстратор технологии SaudiSat-4 предназначен для отработки функционирования служебных систем МКА и проведения на орбите научно-технического эксперимента по снятию электростатического заряда. Спутник массой 112 кг построен на основе модифицированной платформы SaudiSat-3 специалистами Института космических исследований в Научно-исследовательском центре имени короля Абдель-Азиза KACST (King Abdulaziz City for Science & Technology)

при участии Исследовательского центра имени Эймса (NASA) и Стэнфордского университета.

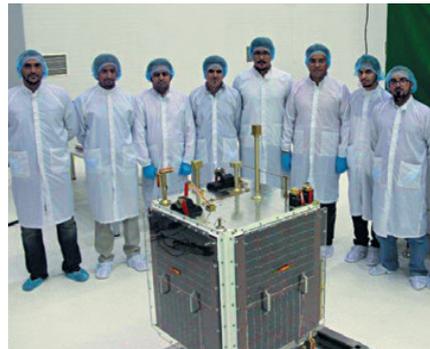
МКА имеет форму параллелепипеда, на четырех гранях которого смонтированы панели СБ, генерирующие до 86 Вт электроэнергии. В систему электропитания также входят аккумуляторы общей емкостью 452 Вт·ч. Спутник стабилизируется по трем осям с использованием двигателей-маховиков. В систему определения положения в пространстве входят два звездных датчика, магнитометры и датчики Солнца. Двигательной установкой для коррекции орбиты нет.

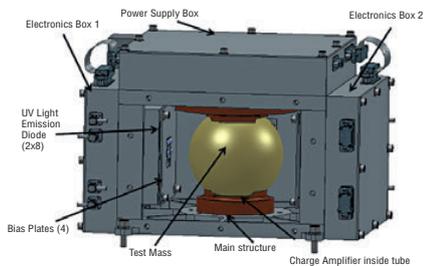
Для управления работой систем используется интегрированный блок БРЭО, в котором находится бортовой компьютер и другая электроника, в том числе запоминающее устройство емкостью 28 Гбайт, способное записывать данные со скоростью до 25 Мбит/с. Система связи, работающая в диапазоне X, обеспечивает скорость передачи данных по нисходящей линии связи до 358 Мбит/с.

Проводимый на борту эксперимент является частью проекта Стэнфордского университета по созданию модульного гравитационного датчика MGRS (Modular Gravitational Reference Sensor) и на его основе – научных аппаратов, для работы которых требуется компенсация всех действующих сил, за исключением гравитационной.

Основой такого датчика является свободно плавающая эталонная масса. Если бы движение КА было свободным, она бы все время оставалась в центре занимаемого объема. Возмущения, такие как торможение в верхних слоях атмосферы и давление солнечных лучей, дают спутнику дополнительные микроускорения, и свободно летящая сфера смещается из центра. Регистрация смещения позволяет сформировать команды для исполнительных органов КА, компенсирующих возмущающие силы и возвращающих эталонную сферу в центр.

Датчик MGRS, разрабатываемый в Стэнфордском университете с 2004 г., имеет в своем составе эталонную массу – позолоченную сферу массой 700 г – с механизмом первоначальной фиксации. Ее смещение измеряется с помощью дифференциального оптического теневого датчика DOSS (Differential Optical Shadow Sensor), использующего восемь лучей от светодиода к фотодиоду на противоположной стороне «клетки». DOSS имеет проектное разрешение 10 нм в диапазоне частот 0.01–1.0 Гц. Двигатели тягой около 100 мкН (10 гс) и продолжительностью включения порядка 100 мс осуществляют компенсацию возму-





▲ Гравитационный датчик MGRS

щений. Кроме того, для нормальной работы датчика требуется компенсация температурных эффектов до  $10^{-6}$  К, достигаемая с применением теплового экрана, и электростатического заряда сферы, из-за которого она может двигаться самопроизвольно.

Стэнфордская команда разработчиков намерена испытать компоненты MGRS по отдельности. Механизм фиксации будет протестирован в параболических полетах на невесомость, организуемых NASA. Датчик DOSS выбран для летных испытаний на наноспутнике класса CubeSat в рамках программы ELaNA. Наконец, система управления поверхностным зарядом с использованием ультрафиолетовых светодиодов UV LED отработывается на КА Saudisat-4.

Экспериментальная установка UV LED включает четыре пластины для подачи потенциала смещения, 16 УФ-светодиодов с длиной волны 255 нм, контактный зонд и покрытые золотом трубки для экранирования. Потенциал смещения имеет форму меандра и синхронизируется с импульсами светодиодов. Если в момент импульса пластина заряжена положительно, происходит переток фотоэлектронов со сферы на пластину с передачей сферы положительного заряда. Если смещение имеет противоположный знак, фотоэлектроны выбиваются с пластины и передают сфере отрицательный заряд.

Испытание системы MGRS в целом планируется на одном из следующих спутников Saudisat. Разработчики намерены достичь уровня внешних ускорений  $10^{-12}$  м/с<sup>2</sup>.

«Жукоспутник»

МКА BugSat (Tita\*), изготовленный аргентинской компанией Satellogic S.A., предназначен для испытания в условиях космоса платформы малых спутников ДЗЗ и ее обслуживания, проведения технических экспериментов и изучения природных ресурсов.

Аппарат массой 22.9 кг имеет габариты 275×500×500 мм и оснащен оптико-электронной аппаратурой среднего разрешения и тремя развертываемыми антеннами. Стабилизируется при помощи магнитных катушек и маховиков. Элементы солнечных батарей (производства фирма AziuSpace) наклеены на две основные и три вспомогательные стороны спутника. Они должны производить в среднем около 40 Вт электроэнергии, запасаемой в литий-полимерном аккумуляторе емкостью 111 Вт·ч.

Бортовое оборудование также включает радиоэлектронику, средства связи и

\* Назван в честь актрисы и певицы, исполнительницы танго Титы Мерельо (Tita Merello; настоящее имя Лаура Ана Мерельо – Laura Ana Merello) – одной из крупнейших звезд аргентинского кино «золотой эпохи» (1940–1950-е годы).

обработки данных, бортовой компьютер и полезную нагрузку. В последнюю входят коммерческие приборы определения пространственного положения КА (магнитометры, гироскопы, солнечные датчики), а также специально разработанная камера среднего разрешения. В ходе миссии проверяются следующие компоненты: три антенны, камера, GPS-приемник и основанные на коммерчески доступных компонентах радиосистемы УКВ-диапазона и С-диапазона (последняя – для работы по стандарту IEEE 802.11a).

Спутник периодически автономно передает пакеты данных формата AX.25 для радиолюбительского сообщества в УКВ-диапазоне на частоте 437.445 МГц. После окончания первого этапа миссии он будет переключен в режим цифрового повторителя сигналов (Digipeater) с возможностью считывания научных данных от полезной нагрузки для радиолюбительского сообщества.

Запуску BugSat-1 предшествовали испытания двух кубсатов CubeBug-1 и -2 компании Satellogic, выведенных на орбиту в апреле и ноябре 2013 г. На основе опыта BugSat-1 фирма планирует отработать служебный борт и его взаимодействие с полезной нагрузкой и на этой основе создать коммерчески привлекательные микроспутники ДЗЗ, услуги которых предполагается предоставлять на глобальном уровне. «Tita позволит нам протестировать уникальный проект многоспектральной камеры и линии связи для спутника BugSat-2 и первого созвездия МКА», – заявил гендиректор фирмы Эмилиано Каргиман (Emilio Kargieman).

До конца 2015 г. Satellogic предполагает развернуть первоначальную группировку из 10–15 МКА, а к 2017 г. увеличить ее примерно до 300 аппаратов, чтобы обеспечить фото- и видеосъемку в реальном масштабе времени. Они будут работать как распределенная система с межспутниковыми линиями связи, обеспечивая немедленный сброс изображений на наземную станцию.

Американо-аргентинские «электронные почтовые ящики»

Телекоммуникационные МКА AprizeSat-9 и AprizeSat-10, изготовленные американской компанией SpaceQuest по заказу аргентинского оператора Aprize Satellite Inc. (ранее – аргентинский LatinSat), предназначены для передачи и получения небольших пакетов данных со стационарных и мобильных станций и отслеживания координат судов в морских акваториях. Масса каждого аппарата – 14 кг, расчетный срок активного существования – 5 лет.

По утверждению представителей Aprize, использование МКА уменьшает затраты на постройку и запуск спутника почти на порядок. Развертывание группировки из 24–48 аппаратов малого класса обычно стоит от 350 до 600 млн \$, а Aprize говорит о том, что может развернуть сравнимую систему всего лишь за 60 млн \$. Это значительное сокращение расходов стало прямым результатом уникальной архитектуры созвездия, где отпала необходимость в активной си-

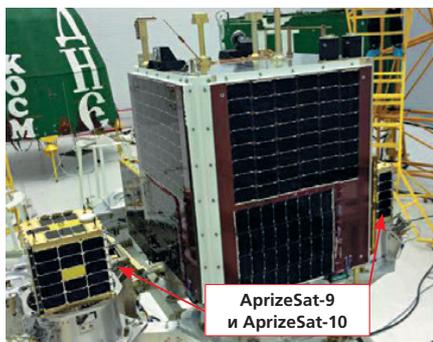


▲ Аргентинский BugSat и его оптическая камера

стеме управления ориентацией спутника, использующей двигатели.

Минимальная система Aprize должна включать шесть спутников связи на низких околоземных орбитах. Каждый МКА хранит данные, полученные от регионального спутникового узла RSN (Regional Satellite Node), находившегося в пределах видимости, а затем при пролете над нужным местом сбрасывает их на другие узлы. Утверждается, что после того, как рынок релейных данных получит достаточное развитие, на орбиту дополнительно будет выведено более 42 спутников, которые обеспечат рост мощности ретрансляции данных, резервирование системы и глобальный охват.

Без учета антенн каждый AprizeSat имеет вид куба с ребром 25 см и содержит десять радиоприемников UHF-диапазона, два адаптивных передатчика UHF- и S-диапазонов и твердотельное хранилище информации емкостью до 12 Мбайт. Небольшой физический размер МКА ограничивает объем выработки электроэнергии площадью фотоэлементов на поверхности спутника. Бла-



годаря использованию высокоэффективных арсенид-галлиевых солнечных батарей, четыре из которых могут генерировать по 15, а две по 7.7 Вт, а также схем с низким энергопотреблением и микросистемных компонентов, Aprize удалось сократить общее энергопотребление: для питания служебных систем спутника достаточно одного ватта электрической мощности. В системе электропитания также задействовано шесть буферных никель-кадмиевых аккумуляторов.

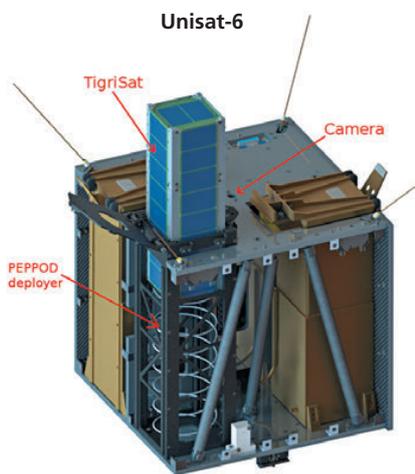
Полезная нагрузка работает в полосе частот UHF-диапазона, которую Международный союз электросвязи (МСЭ) отдал для мобильной негеостационарной связи с передачей неголосовых сообщений (NVNG MSS – Non-Voice, Non-Geostationary Mobile Satellite Services).

Передатчик высокой мощности спутника включается лишь на время «общения» с абонентскими терминалами. Используя эту стратегию, каждый спутник может собирать данные по всему миру более чем со 100 000 пользовательских терминалов в день.

### Итальянское «гнездо» для пикосатов

МКА UniSat-6 (University Satellite-6), изготовленный группой GAUSS (Group of Astrodynamics of the University «La Sapienza») Римского университета, предназначен для испытаний созданного заказчиком оборудования в условиях открытого космоса. Он строится на спутниковой платформе типа UniSat 5, построенной из углепластиковых панелей с сотовым алюминиевым наполнителем, имеет размеры 50×50×50 см и массу 26 кг. Питание обеспечивается СБ, смонтированными на корпусе спутника и обеспечивающими 30 Вт электроэнергии. На спутнике применена пассивная система ориентации, которая использует постоянные магниты. Система управления

#### ▼ UniSat-6



основана на бортовом компьютере AVACUS. Прием команд и сброс данных обеспечиваются системой УКВ-диапазона (частота передатчика – 437.425 МГц).

Аппарат исполняет функции «корабля-матки» для орбитального запуска четырех технологических кубсатов, построенных университетами различных стран. Нано-спутники разворачиваются из двух диспенсеров пикосатов P-POD и одного PEPPOD (Planted Elementary Platform for Picosatellite Orbital Deployment), установленных на борту UniSat-6:

- ◆ Tigrisat – кубсат типоразмера 3U, изготовленный в Университете La Sapienza при участии иракских студентов, проходящих 18-месячный курс обучения в Школе аэрокосмической техники этого университета;

- ◆ AeroCube-6 – пара спутников, образующих вместе одиночный кубсат, созданная и эксплуатируемая американской Aerospace Corp.;

- ◆ Antelsat – первый уругвайский спутник, построенный на инженерном факультете Университета Республики при участии телекоммуникационной компании Antel. Двойной кубсат оснащен камерой для съемки Земли в видимом и ближнем ИК-диапазоне и радиолокационной аппаратурой;

- ◆ Lemur-1 – кубсат типоразмера 3U, изготовленный американской компанией NanoSatisfi Inc. для съемки Земли с разрешением 5 м в видимом и 1 км в инфракрасном диапазоне и обработки технологий.

Отделение микроспутников произошло 20 июня в 21:08 UTC и было инициировано автономной системой со специальной батареей. На случай выхода из строя основной системы разработчики имели резервную систему отделения пикоспутников. Процесс отделения снимался бортовой камерой.

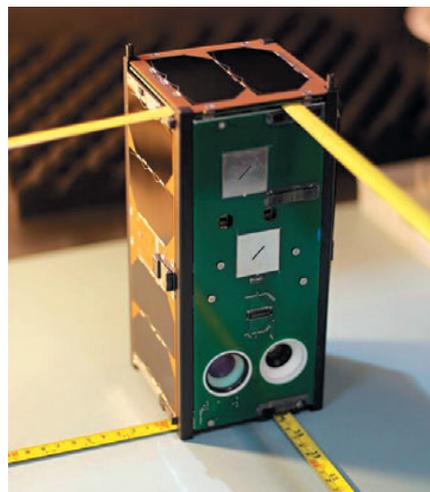
Телеметрия, полученная с UniSat-6 в 21:23, показала, что все дверцы диспенсеров P-POD и PEPPOD открыты. Маяк тройного кубсата Tigrisat, развернутого с системы PEPPOD, был услышан наземной станцией Университета La Sapienza всего через несколько минут после отделения. Сигналы от других кубсатов (Lemur 1, AeroCube 6 и Antelsat) были получены радиолокационными антеннами всего мира и подтвердили хорошее состояние всех спутников и 100-процентное выполнение операций разворачивания. UniSat-6 в настоящее время работает в штатном режиме: наземной станции в Риме удалось установить двустороннюю связь.

Во время первых витков наземная команда была очень занята данными телеметрии, чтобы узнать как можно больше от спутника. Загрузка данных оказалась большой проблемой, поскольку для «общения» со спутником имелось только два «окна» в день, по 10 мин каждое.

Через две недели после запуска представители университета La Sapienza сообщили, что UniSat-6 работает нормально. Команда проводит тестирование различных механизмов и оборудования на борту. Кроме того, запущена программа Windows Communication для загрузки изображений, сделанных МКА. Первые четыре снимка были сделаны во время разворачивания кубсатов. Для снимков с высоким разрешением группе управления приходилось применять несколько перекачек пакетов, в том числе потерянных.

Руководители проекта опубликовали один из двух принятых снимков пикоспутника Tigrisat, на котором он все еще наполовину находится в материнском аппарате, выходя из него со скоростью 1.2 м/с. Кроме того, были опубликованы снимки земной поверхности.

#### ▼ Первый уругвайский спутник Antelsat



### Канадские астрономы и астрофизики

BRITE-CA1 (BRITE-Toronto) и BRITE-CA2 (BRITE-Montreal), изготовленные специалистами Института космических исследований Университета Торонто, служат для изучения фундаментальных проблем астрофизики. МКА массой по 7 кг предназначены для фотометрии блеска и температурных вариаций звезд ярче 4<sup>m</sup> в двух спектральных диапазонах. Программа научных исследований BRITE (BRiGht-star Target Explorer; *HK* №4, 2013) разработана профессором Энтони Моффатом (Anthony F.J. Moffat) и предусматривает ведение наблюдений на международной группировке МКА, в которую также входят канадский UNIBRITE, австрийский BRITE-Austria и польские BRITE-PL (Lem и Heweliusz).

Два BRITE-CA получили финансирование позже своих «партнеров» в рамках проекта CanX-3. Для их постройки использовалась стандартная наноспутниковая платформа в виде куба с ребром 20 см. По служебным системам аппараты аналогичны CanX-4 и CanX-5 (см. с. 37).

Система связи работает в диапазоне S на частоте 2234.4 МГц для сброса данных



со скоростью от 32 до 256 кбит/сек. Восходящая линия функционирует в диапазоне 437 МГц со скоростью передачи данных 4 кбит/сек. УКВ-маяк мощностью 0.1 Вт, работающий на частоте 145 МГц, может быть использован для отслеживания МКА.

Научная полезная нагрузка включает фотометр, состоящий из оптической головки, блока электроники и бленды. Последняя имеет апертурную диафрагму и фильтры.

Фотометр BRITE с полем зрения  $24 \times 19^\circ$  имеет массу 900 г и потребляет мощность 3 Вт. Он использует пятилинзовый объектив с апертурой в 3 см и фокусным расстоянием 7 см и ПЗС-детектор. Матрица типа KAI-11002 состоит из  $4008 \times 2672$  пикселей, каждый размером  $9 \times 9$  мкм, и создает изображение  $37.25 \times 25.70$  мм. В системе реализован электронный затвор, а также защита от засветки (anti-blooming protection). Оптические фильтры – красный и синий – разработаны таким образом, чтобы звезды с температурой 10 000 К вызывали одинаковый отклик детектора. Синий фильтр, установленный на одном из космических аппаратов BRITE-CA, охватывает спектральный диапазон от 390 до 460 нм, а красный фильтр другого спутника – от 550 нм до 700 нм. Радиометрическое разрешение прибора – 14 бит.

### Израильский «Удод»

На протяжении четырех лет ученики 10–12-х классов межшкольного космического центра г. Герцлия\* (Herzliya Space Center) в Израиле разрабатывали и собирали пико-спутник Duchifat-1 («Духифат-1»<sup>\*\*</sup>). Среди сотен МКА мира это всего лишь второй аппарат, разработанный старшеклассниками, а не студентами (первым был американский TJ3Sat, запущенный 19 ноября 2013 г.; *НК* № 1, 2014, с.40-47). Работа над ученическим спутником велась при поддержке и финансировании Израильского космического агентства и муниципалитета Герцлии. Помощь школьникам оказывали специалисты концерна Israel Aerospace Industries (IAI).

В общей сложности в проекте участвовали около 200 школьников, в том числе в последний год над спутником работали 40 учеников старших классов под руководством д-ра Аны Геллер (Ана В. Heller). На этапе проектирования бортовых систем ведущую роль в руководстве играли инженеры стартапа Spacelialist.

11 марта 2014 г. завершились функциональные тесты спутника, а 24 апреля – испытания в термовакуумной камере и на вибростенде на предприятии концерна IAI. 28 апреля

\* Город в 10 км северо-восточнее Тель-Авива.

\*\* «Удод» (ивр.) – птица, считающаяся талисманом Израиля.

МКА отслеживают самые яркие звезды, используя точную дифференциальную фотометрию в масштабах дней и месяцев, чтобы ответить на вопросы о жизненных циклах ярких звезд. Фотометр способен выполнять дифференциальные фотометрические измерения с погрешностью менее 0.1% в течение 15 минут наблюдения, используя время экспозиции от 0.1 до 100 сек.

К сожалению, спутник BRITE-Montreal был потерян: он не отделился от последней ступени РН. По предположению экспертов, виной тому была оригинальная (нестандартная) система отделения, которой оснащались канадские спутники. Телеметрия показала, что команда на отделение была выдана: BRITE-Toronto отделился, а BRITE-Montreal – нет.

### «Их много! И все они маленькие...»

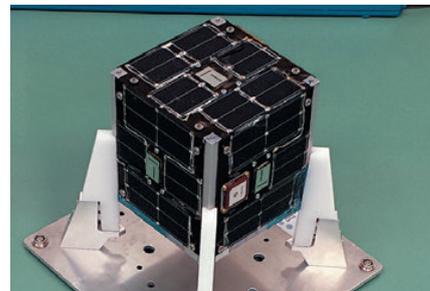
Кроме 12 сравнительно тяжелых спутников, РН «Днепр» в данном запуске несла пять пусковых контейнеров QuadPack, разработанных компанией Innovative Space Logistics BV (Нидерланды). Они использовались для выведения 22 спутников класса «кубсат», изготовленных в восьми странах мира.

В контейнере № 1 (общая масса 21 кг) находились пикоспутники:

- ❖ украинский PolyITAN-1 массой 1 кг (изготовлен в Киевском политехническом институте в кооперации с украинскими радиолюбителями);

- ❖ бельгийские SPQR-1 (QB50P1) и SPQR-2 (QB50P2) массой по 2 кг, предназначенные для изучения термосферы и технических экспериментов и изготовленные в Институте космической и международной безопасности ISIS (Institute for Science and International Security) по заказу Института фон Кармана (von Karman Institute);

- ❖ PACE (Platform for Attitude Control Experiments) массой 2 кг, служащий для технических экспериментов и изготовленный



▲ Украинский PolyITAN-1



▲ Бельгийские SPQR-1 и SPQR-2



▲ Бразильский Nanosat BR1 в термобарокамере



▲ Сингапурский POPSAT-HIP-1

МКА был доставлен в лабораторию фирмы ISIS (г. Делфт, Нидерланды) для интеграции с пусковым устройством, а 1 мая установлен в P-POD. Эту операцию проделали супруги Мейдад Парiente (Meidad Pariente), генеральный директор фирмы Spacelialist, и Майя Гликман (Maya Glikman), его заместитель. 26 мая Duchifat-1 в компании с другими аппаратами прибыл в Россию.

Школьный спутник построен по стандарту «одинарный» (1U) кубсат, имеет размеры  $10 \times 10 \times 10$  см и массу 0.860 кг. Он оснащен бортовым компьютером MSP430, двумя трансиверами (MT-TT4 и TRXUV-1200), обеспечивающими прием и передачу командных данных, телеметрии и рабочего сигнала. На аппарате установлены раскрывающиеся антенны UHF- и VHF-диапазонов (одна дипольная и две монополюсные) и фиксированные солнечные батареи. В качестве буфера использован литий-ионный аккумулятор.

Задачей пикоспутника является прием и передача сигналов бедствия с использованием протокола Automatic Position Reporting System (APRS) на наземные станции, что, по заявлению юных разработчиков, «поможет в поисках потерявшихся людей». Дополнительная задача – опробование технологии обмена короткими сообщениями между школами в радиолобительских диапазонах через космос.

Поскольку TJ3Sat так и не вышел на связь, Duchifat-1 оказался первым работоспособным школьным аппаратом. А в настоящее время в Герцлийском космическом центре уже идет работа над МКА Duchifat-2 форм-фактора «двойной» кубсат. – Л.Р.



в тайваньском Национальном университете Чэн Куна;

- ❖ Научный КА NanosatC BR1 массой 1 кг, сделанный специалистами Южного регионального центра космических исследований Института космических исследований INPE Бразилии совместно со специалистами Лаборатории космической науки Федерального университета в Санта-Мария;

- ❖ POPSAT-HIP-1 массой 3 кг компании Microspace Rapid Pte Ltd. (Сингапур), предназначенный для технических экспериментов;

- ❖ Израильский наноспутник Duchifat-1, созданный по школьной программе.

В контейнерах №2 (общая масса – 25 кг), №3 (26 кг) и №4 (24 кг) находились 11 «тройных» кубсатов серии Flock 1C компании Planet Labs (прежнее название Cosmogia Inc.), предназначенных для создания низкоорбитальной многоспутниковой группировки наблюдения Земли и оперативного получения изображений больших участков земной поверхности с разрешением до трех метров. Предыдущие аппараты данной серии «разошлись» с МКС, куда их доставил грузовой корабль Cygnus компании Orbital Sciences, запущенный 9 января 2014 г. (НК №3, 2014, с.28-29).

Кроме них, в контейнере №2 имелся «одинарный» кубсат DTUSat-2 (Danmarks Tekniske Universitet Satellite-2), изготовленный преподавателями и студентами Дрепско-го технического университета и предназначенный для технологических экспериментов и реализации образовательных программ.

В контейнере №5 находились два наноспутника Perseus M1 и M2 частной российской компании – разработчика и производителя бюджетных МКА «Даурия Аэроспейс» (Dauria Aerospace). В настоящее время она занимается разработкой универсальной стандартизированной спутниковой платформы для быстрого создания новых бюджетных аппаратов, а также системы регулярных кластерных запусков МКА.



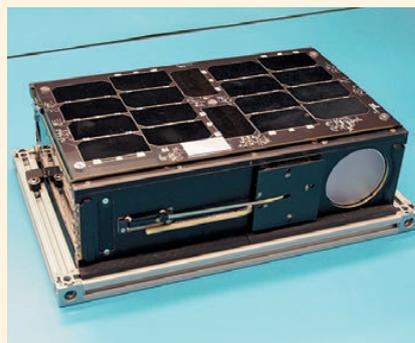
### Совместные «Персеи»

Аппараты Perseus M1 и M2 предназначены для мониторинга судоходства на океанских и речных линиях. Спутники Perseus M (Maritime) созданы американским подразделением «Даурии» – фирмой Canopus System в Маунтин-Вью (Калифорния). В распоряжении Правительства РФ от 17 июня 2014 г. № 1072, которое санкционировало запуск «Днепра», они проходят как американские КА.

Аппараты созданы на основе микроспутниковой платформы собственной разработки класса «шестерной кубсат» и имеют размер 10х20х30 см. Общая масса спутников вместе с контейнером составляет 29 кг.

КА Perseus-M несут на борту полезную нагрузку для мониторинга морских судов AIS (Automatic Identification System). Прием сигналов AIS спутниками Perseus позволит передавать расширенную информацию о местонахождении, состоянии и грузе судна, его идентификационном номере, габаритах, осадке, курсе, скорости и пункте назначения. У «Даурии» уже есть соответствующие договоренности с государственными ведомствами: компания подписала соглашение с ФГУП «Морвязьспутник» о совместном использовании МКА для реализации проекта создания космического сегмента AIS по мониторингу морских и речных судов. Стоимость проекта по формированию спутниковой группировки (включая разработку и запуск спутников) – примерно 15 млн \$, из которых на два аппарата Perseus M ушло 4–5 млн \$.

Ночью 20 июня спутники подтвердили свою работоспособность, а утром были переданы первые тестовые команды на борт и принята телеметрия. В 10:30 утра по Москве спутники Perseus M попали в зону видимости наземного комплекса управления «Даурии» в американской Кремниевой долине. Оттуда был осуществлен устойчивый прием сигналов радиомаяка, получена телеметрия и переданы первые команды.



Два МКА стали основой спутниковой группировки компании «Даурия Аэроспейс», которая уже в июле пополнилась спутником DX1 российской разработки. В задачи трех аппаратов входит мониторинг судоходства на океанских и речных линиях. Сообщается, что это первые российские спутники с таким функционалом. «Даурия Аэроспейс» рассчитывает расширить рынки за счет частных российских и иностранных клиентов.

«Развертывание первой частной спутниковой группировки в России – важный шаг для развития отечественной космической отрасли и инновационного бизнеса, – заявил президент «Даурии» Михаил Кокорич. – «Даурия Аэроспейс» разрабатывает технологии для снижения массы и стоимости космических аппаратов, которые соответствуют международным стандартам и обладают широким спектром возможностей для применения в интересах государственных и частных заказчиков».

Он добавил, что на следующий год назначен запуск аппаратов Perseus O на той же технологической платформе. Они будут осуществлять коммерческую фотосъемку поверхности Земли. Управление спутниками будет осуществляться из центра управления полетами в Сколково.



## PSLV запускает прикладные и исследовательские спутники

и баки системы управления по крену первой – твердотопливной – ступени PS1 были заполнены 27 июня утром, в то время как вторую ступень PS2 заправили на следующий день.

Во время обратного отсчета специалисты протестируют все системы ракеты и полезной нагрузки, включая связь, управление и аварийное прекращение полета. Бортовые компьютеры были настроены на терминальный режим. Проверка закончилась менее чем за час до старта.

В Т–8 мин полезные нагрузки перешли в полетный режим, переключившись на бортовое электропитание. В Т–5 мин в бортовые компьютеры PSLV было «залито» полетное задание, в Т–3 мин носитель перешел на бортовое питание. Заключительные процедуры включали наддув топливных баков жидкостных ступеней ракеты. В Т–1 мин основной компьютер носителя взял управление обратным отсчетом на себя.

За три секунды до старта включились жидкостные двигатели управления по крену первой ступени. В момент Т=0 зажегся твердотопливный двигатель первой ступени PS1 – и PSLV покинула стартовый стол. Ракета быстро поднялась при стартовой тяге 460 тс и, покинув пределы высотных сооружений пускового комплекса, начала отработку программы тангажа и крена.

Поскольку миссия была ориентирована на солнечно-синхронную орбиту, траектория выведения включала маневр типа «собачья нога» (Dogleg) – резкое искривление курса, чтобы обойти остров Шри-Ланка. Маневр «съедает» немалую часть энергии ракеты, однако жизнь и имущество граждан дороже. Поэтому, уйдя со старта на юго-юго-восток, на этапе работы второй ступени PSLV повернула на юг и слегка к западу, чтобы достичь орбиты наклоном 98°.

Первая ступень помогла разогнать носитель до скорости 1.55 км/с и поднять на высоту 53 км. Ее работа завершилась в Т+1 мин

45 сек; разделение ступеней состоялось в Т+1 мин 50.5 сек. Спустя 1.4 сек после разделения запустился жидкостный двигатель Vikas 4 второй ступени.

Через 187.1 сек после старта, когда PSLV была на высоте 132 км, сбросился головной обтекатель. Еще через 5 сек включилась система управления замкнутого контура: первая ступень летела по жестко заданному профилю, в то время как остальные использовали навигационные данные для оптимизации траектории при точном выведении.

Вторая ступень завершила работу в Т+04:21 и мгновением спустя отделилась. В это время PSLV находилась на высоте 220 км и летела со скоростью 3.6 км/с. Через секунду после отделения ступени PS2 включился твердотопливный двигатель третьей ступени PS3 и проработал 112 сек. В момент Т+06:18 его тяга линейно снизилась. PSLV продолжала полет с молчащей третьей ступенью в течение еще 2.5 минут, набирая высоту. Этот процесс завершился отделением 3-й ступени в Т+08:46.

Одиннадцать секунд спустя, когда ракета находилась на высоте 546 км, включились два ЖРД четвертой ступени. Они проработали 496 сек\*, увеличив скорость носителя с 5.33 до 7.52 км/с. Двигатели выключились в Т+17:13, когда ракета летела почти горизонтально на высоте 659 км. Расчетная орбита имела наклонение 98.23° и высоту 655.1×657.7 км. Завершив миссию, PSLV вновь подтвердила репутацию надежного и точного носителя.

По завершении выведения четвертая ступень начала маневр переориентации для отделения полезных грузов. Первым в Т+1070 сек ушел в свободное плавание SPOT-7, через 40 сек отделился AISat. Развертывание канадского дуэта – CanX-4 и CanX-5 – состоялось в Т+1141 и Т+1171 соответственно. Последним в Т+1195 сек отделился Velox-1.

▼ Пуск с космодрома в Шрихарикоте наблюдал премьер-министр Индии Нарендра Моди

\* В конфигурации Core Alone ступень PS4 летает с частичной заправкой компонентами топлива.

**И. Чёрный.**  
**«Новости космонавтики»**

**30** июня в 09:52 местного времени (04:22 UTC) с первой пусковой площадки стартового комплекса Космического центра имени Сатиша Дхавана SDSC (Satish Dhawan Space Centre) в Шрихарикоте (штат Андхра-Прадеш) расчеты Индийской организации космических исследований ISRO осуществили успешный пуск ракеты-носителя PSLV-CA (миссия C23) с целью выведения на орбиту аппарата D33 SPOT-7 и попутных полезных грузов, предоставленных Германией, Канадой и Сингапуром.

Запуск прошел успешно, хотя и с задержкой: ракета стартовала на три минуты позже запланированного срока из-за опасности столкновения в процессе выведения с космическим мусором. Тем не менее через 1170 сек после старта от четвертой ступени отделился SPOT-7, а в течение следующих 125 секунд – и четыре малых КА.

Номера и международные обозначения запущенных объектов в каталоге Стратегического командования США и начальные параметры их орбит приведены в таблице.

Суммарная масса полезной нагрузки была невелика, что позволило использовать PSLV в «одноядерной» (Core Alone) конфигурации массой 229 т, без стартовых твердотопливных ускорителей.

Запуску предшествовал 49-часовой отсчет, который начался утром 27 июня. За это время прошли все предстартовые проверки носителя и заправка высококипящими компонентами топлива. При этом третья ступень PS3

Наименование	Номер	Международное обозначение	Параметры орбиты			
			i	Hp, км	Ha, км	P, мин
SPOT-7	40053	2014-034A	98.26°	650.2	656.8	97.83
AISat 1	40054	2014-034B	98.25°	650.4	655.8	97.82
CanX-4	40055	2014-034C	98.26°	648.9	653.8	97.80
CanX-5	40056	2014-034D	98.25°	648.9	653.4	97.78
Velox-1	40057	2014-034E	98.25°	647.9	652.3	97.76
Ступень	40058	2014-034F	98.19°	625.6	655.8	97.54



Кроме спутников, PSLV C23 несла дополнительную полезную нагрузку – усовершенствованную инерциальную навигационную систему AINS (Advanced Inertial Navigation System) – новый блок наведения, обеспечивающий более точную навигацию в полете при уменьшенных размерах и массе. В ходе данной миссии AINS для управления ракетой не использовался: данные, собранные с помощью новой системы, были записаны на борту и сброшены при проходе над одной из наземных станций для оценки производительности и точности системы.

За процессом запуска наблюдал премьер-министр Нарендра Модри (Narendra Modi). После успешного выполнения задачи он поздравил ученых, отметив, что «Индия обладает потенциалом, чтобы стать мировым поставщиком услуг по (космическим) запускам» и стране нужно «работать в этом направлении». «Дальнейший прогресс в космической сфере должен оставаться национальной задачей. Нам следует продолжать усиливать наш космический потенциал», – подчеркнул премьер.

На 2014 год запланированы еще две миссии PSLV для выведения индийских КА в поддержку развертывания Индийской региональной навигационной системы (Indian Regional Navigation System). Ближайшим индийским пуском будет первая демонстрационная миссия новой ракеты-носителя GSLV Mk.III: она намечена на август.



### SPOT-7

Основная полезная нагрузка – французский спутник для получения изображений земной поверхности высокого разрешения в широкой полосе – построена компанией Airbus Defence and Space для своего подразделения SPOT Image, созданного первоначально как независимая компания – оператор гражданских спутников ДЗЗ. Airbus DS профинансировала создание спутников и является оператором системы и владельцем наземной инфраструктуры и данных.

Аппарат имеет размеры 1.55×1.75×2.70 м, стартовую массу 714 кг и расчетный срок активного существования десять лет. Он идентичен спутнику SPOT-6, запущенному 9 сентября 2012 г. (НК № 11, 2012, с. 16-18): оба аппарата построены на платформе AstroSat-250 и оснащены оптическим комплексом NAOMI (New AstroSat Optical Modular Instrument, буквально – новый оптический модульный инструмент AstroSat). Благодаря блочно-модульному подходу, платформа обеспечивает единую отказоустойчивую архитектуру для всех подсистем. Аппарат

выполнен в виде шестиугольной призмы; бортовые системы монтируются на композитных внешних и внутренних панелях. Одна из наиболее важных особенностей спутников SPOT-6/7 – использование силовых гироскопов (Control Moment Gyro) вместо обычных управляющих двигателей-маховиков (Reaction Wheel). Это позволяет спутнику совершать вдвое более быстрые (30° за 14 сек) и точные развороты в пространстве для перенацеливания.

SPOT-7 оснащен тремя откидными панелями солнечных батарей (СБ) суммарной площадью 5.4 м<sup>2</sup>, зафиксированными на орбите в раскрытом положении и покрытыми фотоэлектрическими элементами из арсенида галлия с тройным переходом. Мощность системы электропитания составляет 1200 Вт. Она передается в блок управления и распределяется через нерегулируемую шину (28 В) на питание БРЭО и полезной нагрузки, а также на заряд буферных литий-ионных аккумуляторов.

Трехосная ориентация и измерение параметров орбиты осуществляются через блок звездного датчика HYDRA с тремя оптическими головками и GPS-приемник. Инерциальный измерительный блок используется для улучшения измерений по трем осям и служит в качестве резервного для звездных датчиков. Двухчастотный GPS-приемник позволяет установить местонахождение КА с точностью до 3 м. В аварийных ситуациях КА определяет положение в пространстве с помощью магнитометра и грубого солнечного датчика и ориентируется на Землю или на Солнце соответственно. Регулярное управление ориентацией обеспечивают четыре силовых гироскопа и три магнитных устройства. Ошибка ориентации не превышает 500 мкрад, а точность ее определения – 30 мкрад.

Коррекции орбиты осуществляются с помощью двигательной установки с ЖРД на монотопливе (гидразин). Эта же система служит для быстрого гашения возмущающих моментов и при нахождении в безопасном режиме. Серия двигателей сгруппирована в два блока, которые питаются топливом из бака емкостью 104 л. Система подачи вытеснительная. Микро-ЖРД могут работать при давлении подачи топлива от 5.5 до 23 атм, создавая тягу от 0.36 до 1.45 Н. Соответствующие удельные импульсы составляют от 205 сек при минимальном и до 221 сек при самом высоком давлении подачи. Каждая сборка микродвигателей массой около 0.23 кг может работать в стационарном и импульсном режиме.

Обработка данных и команд, управление КА и связь контролируются системой управления, построенной вокруг космического однополового контроллера SCOC3 (Spacecraft Controller On-a-Chip), который использует микропроцессор LEON-3FT. Резервированный бортовой компьютер обеспечивает обработку информации, функции изменения конфигурации и синхронизации, ввод/вывод данных и возможности индивидуальной настройки. Блок дистанционных интерфейсов позволяет изменять конфи-



гурацию бортового компьютера в полете. Две шины данных типа 1553 применяются для обмена информацией о работе БРЭО платформы и приема данных от полезной нагрузки. Бортовое программное обеспечение работает в среде операционной системы RTEMS. Управляющий компьютер имеет возможности автономного обнаружения и изоляции неисправности с последующим восстановлением системы.

Сброс телеметрии и прием команд обеспечивается приемопередатчик S-диапазона и антенная подсистема со сферическим покрытием. Данные от полезной нагрузки сбрасываются через двухканальную дублированную систему X-диапазона, имеющую «холодный» резерв и обеспечивающую передачу со скоростью свыше 300 Мбит/с с использованием QPSK-модуляции.

Основная полезная нагрузка SPOT-7 состоит из двух оптико-электронных камер NAOMI, летная отработка которых проводилась на спутниках SPOT-6, SSOT, VNREDSat-1A и KazEOSat-1.

Каждая камера высокого разрешения (разработчик – компания EADS Astrium SAS) имеет массу 150 кг и пиковое энергопотребление 180 Вт. NAOMI состоит из оптической скамьи, выполненной из карбида кремния (SiC), детекторной сборки фокальной плоскости с временной задержкой и комплекта электроники.

Телескоп с апертурой 20 см построен по схеме Корша из трех асферических зеркал и двух наклонных зеркал. Входная блenda служит для ограничения попадания на детектор рассеянного света. Интегрированный детектор с временной задержкой накопления содержит четыре группы ПЗС-матриц кремниевых элементов, имеющие в общей сложности 28000 пикселей для панхроматического и по 7000 пикселей для каждого из четырех спектральных каналов. Все элементы оснащены



полосовым фильтрами и «фронтальной» электроникой, обеспечивающей детекторы сигналами смещения и синхронизации, а также предварительное усиление сигналов перед передачей их на видеобработку.

NAOMI работает одновременно в пяти полосах электромагнитного спектра:

- ◆ в панхроматическом режиме – от 450 до 745 нм;
- ◆ синем (455–525 нм);
- ◆ зеленом (530–590 нм);
- ◆ красном (625–695 нм);
- ◆ ближнем инфракрасном (760–890 нм).

Съемка двумя камерами выполняется в полосе шириной 60 км в надири при разрешении 1.5 м в панхроматическом диапазоне и 6 м в мультиспектральном. Спутник имеет возможность отклонения от надири на  $\pm 45^\circ$ , причем при отклонении до  $\pm 30^\circ$  обеспечивается возможность съемки любого объекта не реже чем раз в пять суток, а при  $\pm 45^\circ$  – раз в двое суток. Система из двух КА обеспечивает периодичность 2 и 1 сутки соответственно и возможность съемки до 6 млн км<sup>2</sup> в сутки.

Радиационно-стойкая электроника обеспечивает получение и обработку данных с помощью модульных видеоцепей, которые работают на частотах до 15 мегасэмпл/сек. Сигналы с фронтальной электроники преобразуются в цифровой формат с помощью 12-битной схемы конвертирования, а данные в режиме реального времени передаются для обработки и хранения в бортовое запоминающее устройство.

Во время съемочных сессий SPOT-7 способен получать изображения множества «сцен» в локализованной области – до 11 картинок размером 60×60 км каждая. Полосовой режим также возможен: КА снимает несколько полос целевой области за один проход с отрезками длиной до 600 км.

В режиме «мозаики» спутник снимает за один проход до пяти прилегающих полос, покрывающих прямоугольную область 300×330 км.

Аппарат также может делать за один проход обычный и тройной стереоснимок. Данные автоматически привязываются к географическому положению точек съемки, используя автоматизированную систему, которая после калибровки работает с точностью от 10 до 20 м.

Данные, собираемые полезной нагрузкой спутника, хранятся в блоке сжатия, записи и кодирования CoReCi (Compression Recording and Ciphering). Эта система использует флэш-технологии и модульный подход, обеспечивающие плотное заполнение твердотельного запоминающего устрой-

ства емкостью до 1 терабит. CoReCi поддерживает скорость ввода данных до 1.4 Гбит/с, имеет массу 14 кг и пиковую потребляемую мощность 75 Вт.

Для управления SPOT-7 имеется упрощенная инфраструктура, включающая Управляющий наземный сегмент CGS (Control Ground Segment) и Эксплуатационный наземный сегмент EGS (Exploitation Ground Segment). CGS отве-

чает за управление и контроль состояния КА, тогда как EGS планирует цели съемки и принимает все данные с борта КА для переработки, архивирования и распределения. Станции управления размещены в Кируне (Швеция) и Инувике (Канада), а приемные – в Тулузе и Кируне. Задание на съемку может закладываться шесть раз в сутки.

На протяжении 3–9 июля КА SPOT-7 осуществил подъем орбиты до рабочей околокруговой высотой 694 км. Маневры были спланированы с таким расчетом, чтобы к моменту их завершения SPOT-7 оказался на полвитка впереди SPOT-6. Оба аппарата находятся в одной плоскости с номинальным местным временем прохождения нисходящего узла 10:00. Период повторения наземной трассы – 379 витков за 26 суток.

Аналогичную конфигурацию имеет и группировка спутников Pleiades-1A и -1B, выведенных на орбиту 17 декабря 2011 г. и 2 декабря 2012 г. соответственно и ведущих съемку Земли со сверхвысоким (0.5 м) разрешением. Их рабочая высота также составляет 694 км, и отличие заключается только во времени прохождения узла – 10:30.

Пара спутников Pleiades сдвинута на 90° вдоль орбиты относительно пары SPOT, что позволяет им вести работу по согласованной программе. Аппараты обеих систем раз в два-три месяца корректируют высоту орбиты, а медленный дрейф орбитальной плоскости компенсируется за счет редких (примерно раз в год) коррекций наклона.

С вводом в строй SPOT-7 будет полностью сформирована европейская группировка из четырех гражданских КА ДЗЗ, которую предполагается использовать по крайней мере до 2024 г.

### AISat

Немецкий микроспутник массой 14 кг предназначен для демонстрации автоматической идентификационной системы AIS (Automatic Identification System), отслеживающей морские суда. Аппарат построен на экспериментальной платформе Clavis, которая, в свою очередь, основана на кубатовской платформе PC/104. Clavis разработана Германским аэрокосмическим центром DLR для спутников с малым энергопотреблением, построенных из коммерчески доступных компонентов. Платформа может нести разные полезные нагрузки, отличается вы-

сокой гибкостью и использует стандартный механический, а также единые электрические и информационные интерфейсы.

Электроснабжение – от СБ, смонтированных на корпусе (в общей сложности пять блоков из 12 арсенид-галлиевых фотоэлементов каждый). Снимаемая мощность (15 Вт) подается к блоку системы распределения электропитания, который заряжает аккумулятор емкостью 40 Вт·ч и питает все спутниковые подсистемы через шины напряжением 3.3, 5 и 12 В. Коммутационная плата добавляет системе функциональные возможности и обеспечивает защиту шин.

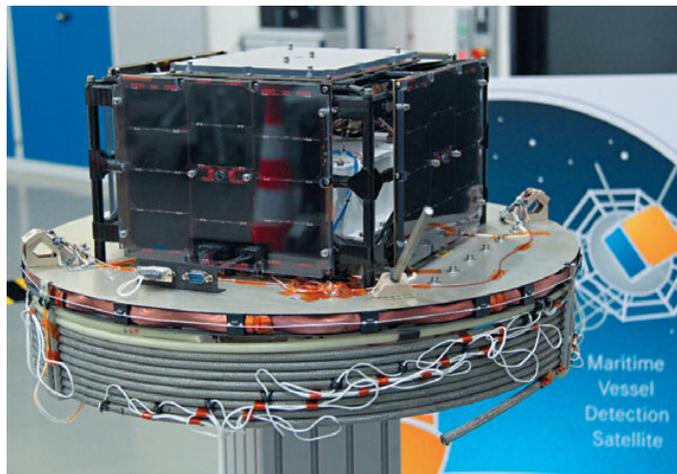


Бортовой компьютер на процессоре ARM7 имеет 2 Мбайт оперативной памяти типа SRAM и 2×4 Мбайт флэш-памяти, в которых хранится программное обеспечение БРЗО и полученные данные. Солнечные батареи КА используются также в качестве солнечных датчиков. Датчиками ориентации являются трехкомпонентный магнитометр и блок гироскопов. AISat имеет три магнитных исполнительных устройства для управления ориентацией и штангу гравитационной стабилизации.

В связную подсистему УКВ-диапазона входят приемопередатчик и две штыревые всенаправленные антенны, используемые для сброса телеметрии и приема команд.

AISat-1 несет экспериментальный приемник AIS с раскладной спиральной антенной длиной 4 м и диаметром 0.57 м, которая одновременно служит штангой гравитационной системы ориентации. При запуске антенна-штанга находится в сложенном подпружиненном состоянии и высвобождается после отделения КА от последней ступени РН.

Антенна представляет собой свернутый в восемь витков стержень с сердцевинной





из жесткого пенопласта, «рубашкой» из углепластика и оплеткой из тонких медных проводов. Развертывание контролируется растягиванием трех тонких шнуров из стекловолоконных нитей, которые останавливают процесс, как только антенна достигает полностью развернутого положения. В основании антенны находится металлическая плата-отражатель.

Используя сравнительно узконаправленную спиральную антенну, AISat может получить идентификационные сигналы Class-A и Class-B, а также данные поисково-спасательных передатчиков AIS-SART (AIS Search and Rescue Transmitter) для спасения самолетов и судов, терпящих бедствие. Полученная информация AIS хранится на борту и сбрасывается на наземные станции для обработки и распределения.

Автоматическая идентификационная система позволяет морским судам отправлять и получать сообщения в УКВ-диапазоне, содержащие информацию об идентификации и географическом положении судна, курсе и скорости следования, помогая проводить мониторинг судоходства и предотвращать столкновения, а также оповещая о случаях резкого изменения скорости.



## CanX

Два МКА для канадского эксперимента в области перспективных наноспутников (Canadian Advanced Nanospace eXperiment) разработаны в Университете Торонто. Их миссия должна продемонстрировать групповой полет аппаратов на расстоянии от 50 до 1000 м друг от друга с использованием алгоритмов высокоточного слежения, обеспечивающих субметровую (от 10 до 100 см)

\* Альтернативные наименования – NLS7.1 и NLS7.2 – даны по пусковому контракту.

точность в условиях возмущений гравитационного поля Земли. Для этого будет использован метод дифференциальных GPS-измерений и наноспутниковая двигательная установка. МКА должны выполнять групповой полет в течение недели после отделения от РН. Столь малый срок связан с ограниченным запасом топлива.

CanX-4 и CanX-5\* – идентичные наноспутники массой по 7 кг каждый, построенные на платформе Generic Nanosatellite Bus фирмы SFL. Платформа, имеющая кубическую конструкцию со стороной 20 см с наружными алюминиевыми панелями и двумя внутренними отсеками для размещения различных подсистем, уже использовалась в нескольких предыдущих миссиях. Отсек полезной нагрузки обеспечивает простую интеграцию различных приборов.

Электропитание поступает от блока арсенид-галлиевых фотопреобразователей, наклеенных на внешнюю поверхность спутника. Система электроснабжения (пиковый «приход» – до 10 Вт) включает также литий-ионные аккумуляторы емкостью 5,3 А·ч и нерегулируемую шину напряжением 4 В.

Определение положения МКА в пространстве осуществляется с помощью трехосного магнитометра, шести солнечных и одного миниатюрного звездного датчика. Последний один раз в две секунды дает привязку по трем осям с точностью до 10". Управление ориентацией обеспечивают три маховика общей массой 185 г и объемом 5х5х4 см. Маховики имеют запас управляющего момента 30 мН·м и развивают максимальный крутящий момент 2 мН·м. Сброс момента обеспечивают три магнитных устройства.

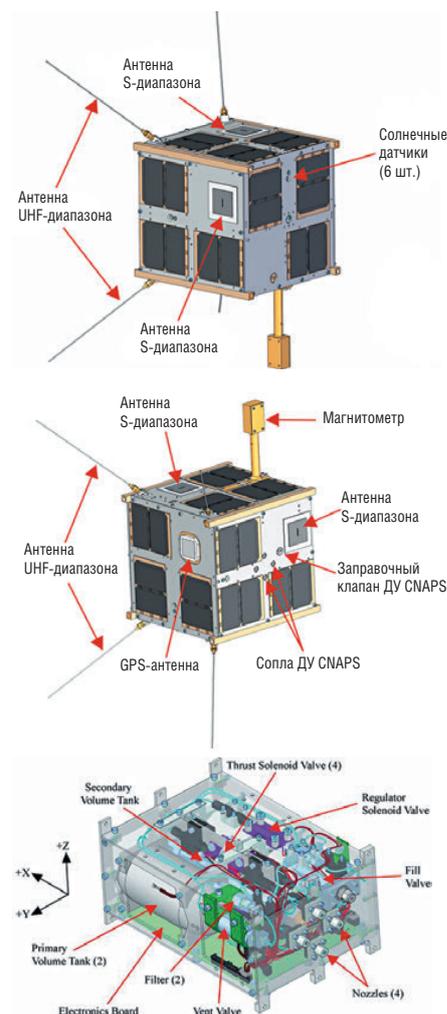
Обработку данных (в том числе стандартной телеметрии) и преобразование команд управления обеспечивает первый бортовой компьютер. Второй аналогичный компьютер занимается определением положения в пространстве и управлением ориентацией, а третий отвечает за работу научной аппаратуры и обработку ее данных. На каждом одноплатном компьютере установлен процессор ARM7/TDMI с «кодовой памятью» 256 кбайт и оперативной памятью типа SRAM емкостью 2 Мбайт. Последняя служит для хранения программных переменных и управляющих данных; флэш-память 256 Мбайт используется для накопления информации от полезной нагрузки.

Система связи спутников включает приемник радиолучевого диапазона UHF (ДМВ), приемопередатчик S-диапазона и радиомаяк, работающий в метровом (VHF) диа-

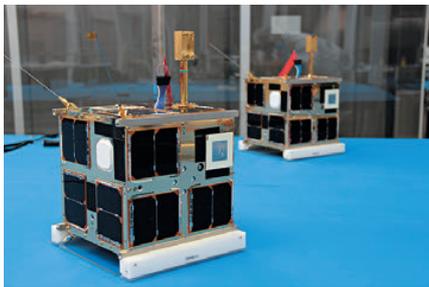
пазоне. Приемник обеспечивает получение команд на скорости 4 кбит/с на штыревую всенаправленную антенну. Радиомаяк передает идентификационные данные спутника и некоторые основные значения телеметрии для слежения за МКА перед вводом в эксплуатацию.

Система S-диапазона служит для сброса данных на Землю и межспутниковой связи. Она состоит из двух коммутационных антенн, установленных на противоположных боковых панелях спутников, соединенных с главным трансивером. Скорость передачи данных по нисходящей линии связи от 32 до 256 кбит/сек, по межспутниковой связи – около 10 кбит/сек на расстоянии до 5 км.

Оба МКА несут одинаковую полезную нагрузку: канадские перспективные наноспутниковые двигательные установки CNAPS (Canadian Nanosatellite Advanced Propulsion System), GPS-приемники и блоки управления групповым полетом. Двигательная установка построена на компонентах, опробованных в 2008 г. в эксперименте NanoPS на КА CanX-2. Силовой модуль CNAPS имеет размеры 18х12,5х7 см; в качестве рабочего тела служит жидкий гексафторид серы, подаваемый из двух баков емкостью 300 мл каждый. Вещество газифицируется и выбрасывается через четыре сопла, установленные на одной из внешних панелей. Вектор тяги контролируется путем поворота МКА в нужном направлении с помощью маховиков. Каждым соплом можно управлять самосто-



▲ Двигательная установка CNAPS



ятельно, тем самым избегая возникновения вращательного момента из-за несоосности сопел. Одно сопло развивает тягу около 5 мН при удельном импульсе около 35 сек. Запас характеристической скорости МКА – 14 м/с.

Ключевой компонент миссии – использование данных GPS для абсолютной и относительной навигации МКА. Каждый спутник снабжен двухдиапазонной антенной и двухдиапазонным приемником GPS. Антенны установлены на боковой панели спутника, ортогональной двигательной панели. Приемник получает данные о точном местоположении каждого МКА, которые передаются через линию межспутниковой связи для пересчета в навигационном программном обеспечении его «визави». Последнее использует два набора данных GPS для очень точных измерений относительного положения.

Для обеспечения требуемой точности в поле зрения эксперимента должны находиться как минимум четыре спутника GPS. Навигационная система CanX-4 и CanX-5 способна переносить короткие отключения GPS, но такой сценарий требует дополнительного расхода топлива. Сигналы GPS позволяют получить абсолютное измерение лучше 5 м по положению и не хуже 10 см/с по скорости. Навигационная система с использованием общего набора GPS-данных обоих спутников достигает точности до 5 см и 3 см/с соответственно.

По состоянию на 24 июля никаких целенаправленных изменений параметров начальных орбит спутников CanX не зарегистрировано.

### Velox-1

Сингапурский наноспутниковый проект, состоящий из двух МКА – основного Velox-1-NSAT и субспутника Velox-1-PSAT, является частью программы Наньянского технологического университета NTU (Nanyang Technological University), которая дает возможность студентам и аспирантам лично участвовать в многопрофильном космическом проекте.

Цель миссии – позволить учащимся и сотрудникам вуза приобрести практический опыт в проектировании и в управлении космической техникой. Полетная демонстрация технологий включает:

- ◆ получение изображений Земли с помощью узкоугольной камеры с телеобъективом;
- ◆ испытание датчика Солнца с двойным полем зрения;
- ◆ проведение эксперимента в области квантовой физики;
- ◆ проверку системы межспутниковой связи.

Velox-1-NSAT – тройной кубсат размерами 10×10×34 см и массой 4,5 кг, на борту

которого находится пикоспутник PSAT. Основной спутник имеет четыре развертываемые СБ, систему формирования изображения с раздвижной оптикой (телеобъектив) для получения разрешения 20 м на местности, экспериментальное оборудование по квантовой физике и межспутниковой связи. Расчетный срок активного существования МКА – два года.

Спутник построен на шасси из алюминиевого сплава с несущими деталями из нержавеющей стали. Механические системы – разделения, развертывания панелей СБ и выдвижения оптики – используют в качестве силовых элементов пружины. Система электропитания на арсенид-галлиевых фотоэлементах дает пиковую мощность 28,8 Вт. Литий-ионный аккумулятор имеет емкость 5,2 А·ч. Контроль теплового режима происходит с помощью многослойной теплоизоляции и нагревателей.

Определение положения в пространстве – посредством двух инерциальных приборов, одного солнечного датчика двойного поля зрения и восьми грубых датчиков Солнца, а также по сигналам GPS. Стабилизация и управление по трем осям осуществляется тремя маховиками и тремя магнитными катушками.

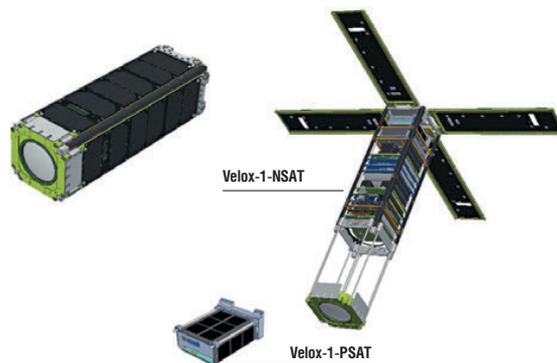
Дипольные антенны, установленные на спутнике для связи в СВЧ- и УКВ-диапазонах, позволяют достигать скорости передачи данных 9600 бит/с для нисходящей и 1200 бит/с для восходящей линии. МКА управляется центральным процессором типа 8051, работающим на частоте 100 МГц. В качестве накопителя служит карта памяти формата SD емкостью 2 Гбайт; интерфейсы UART и I<sup>2</sup>C используются для подключения различных спутниковых систем.

Полезная нагрузка для эксперимента по квантовой физике размерами 10×10×3 см и массой около 300 г включает лазерный диод для создания фотонов, логическую схему и пару фотодиодных детекторов. Созданные

фотонные пары должны продемонстрировать на орбите «квантовую запутанность»: явление, которое происходит, когда пары или группы частиц взаимодействуют таким образом, что квантовые состояния частиц невозможно описать самостоятельно – это можно сделать только для системы в целом.

Оптическое устройство МКА для съемки Земли со средним разрешением состоит из телескопа, CMOS-датчика, платы с программируемой вентиляционной матрицей FPGA (Field-Programmable Gate Array) для сбора данных и процессорного блока полезной нагрузки с 32 Мбайт оперативной памяти. Оптический блок имеет раздвижной «тубус» – требуемое фокусное расстояние достигается путем выдвижения передней линзы объектива при помощи пружинного механизма.

250-граммовый миниатюрный субспутник Velox-1-PSAT имеет размеры 6×7×3 см и расчетный срок службы около года. Он



оснащен СБ, смонтированными на корпусе. После запуска и проверки пикоспутник должен быть отделен от «матки» пружинами и начать дрейфовать прочь. Демонстрация межспутниковой связи должна подтвердить возможности канала передачи данных «космос–космос» между маломощными неориентируемыми МКА. Одна из целей эксперимента – определить максимально возможную дальность такой связи.

По состоянию на 24 июля информации об отделении пикоспутника не поступало, в американском каталоге космических объектов он не зарегистрирован.

### ▼ Разработчики проекта наноспутника Velox-1



# Празднование 100-летия Владимира Челомея

Столетний юбилей академика Владимира Николаевича Челомея (НК №6, 2014, с.1 – 5) в стране отметили рядом значительных мероприятий на федеральном уровне.

**25** июня на Аллее Героев космоса рядом с монументами С. П. Королёву, В. П. Глушко и М. В. Келдышу был открыт закладной камень с надписью «Здесь будет установлен памятник выдающемуся конструктору ракетно-космической техники академику В. Н. Челомею». Решение об установке памятника 16 июня утвердил мэр Москвы С. С. Собянин. Текущим содержанием памятника займется префектура Северо-Восточного административного округа столицы.

В торжественной церемонии участвовали генеральный конструктор – генеральный директор ВПК «НПО машиностроения» А. Г. Леонов, дважды Герой Советского Союза космонавт В. В. Горбатко, ректор МГТУ имени Н. Э. Баумана А. А. Александров, статс-секретарь – заместитель руководителя Федерального космического агентства Д. В. Лысков, директор Мемориального музея космонавтики (ММК) Н. В. Артюхина

После торжественных слов и возложения цветов к основанию будущего монумента ММК и НПОмаш представили выставку «Яркий след крылатого метеорита», посвященную ученому. Впервые широкой публике были показаны объекты, многие годы находившиеся под грифом секретности: крылатые противокорабельные и стратегические ракеты, возвращаемый аппарат транспортного корабля снабжения ракетно-космического комплекса «Алмаз», макеты и другие образцы техники, документы времен «холодной войны». Выставка продлится до конца 2014 г.

«Та страна, которая не забывает своих героев, способна вырастить таких же героев в будущем, – сказала Наталья Артюхина. – Значение В. Н. Челомея для нашей страны неосцимемо, и то, что он создал, позволяет нам сейчас сохранять мирное небо над нашей страной и во всем мире. Чтобы был мир – вот это самое главное».

В актовом зале музея состоялась презентация книги писателя Н. Г. Бодрихина «Челомей», изданная «Молодой гвардией» в серии «Жизнь замечательных людей». В нее вошли уникальные воспоминания современников академика, проливающие свет на ранее неизвестные факты его биографии. О замечательном конструкторе и великом ученом

рассказали люди, чьи имена навечно вписаны в историю нашей страны: руководители крупных оборонных предприятий, научные деятели с мировым именем, конструкторы ракетной и ракетно-космической техники, военачальники, летчики-космонавты и, конечно же, родные и близкие В. Н. Челомея.

Так, в книге приведены слова С. А. Афанасьева, министра общего машиностроения СССР (1965–1983): «Владимир Николаевич брал на себя, как правило, решение самых сложных технических проблем: например, раскрытие крыла в полете, устранение вибрации машин, и решал их на самом высоком научном уровне».

«Он был одним из наиболее признанных в стране творцов практической космонавтики, обеспечивших многие триумфы Советского Союза. За что бы он ни брался, а задачи, которые он решал, были очень широкого спектра, он всё доводил до конца, заботился о приоритетах нашей страны, был профессионалом высочайшего уровня...» – так считает О. Д. Бакланов, министр общего машиностроения СССР (1983–1988).

«Это был выдающийся творец оборонной мощи страны, бравший на себя и решавший колоссальные проблемы. Он был истинным патриотом, сыном своего Отечества», – вспоминает маршал Советского Союза Д. Т. Язов, министр обороны СССР (1987–1991).

Высоко ценили В. Н. Челомея и наши заокеанские «партнеры». «Мы в США постоянно уделяли особое внимание работам конструкторского бюро В. Н. Челомея из-за его нестандартных и эффективных решений...» – отмечает Уильям Перри, бывший министр обороны США (1993–1997).

«С ростом скорости сопротивление резко возрастает, становится большим, становится колоссальным! Владимир Николаевич в своем стремительном творческом движении преодолел огромное сопротивление. И при этом всегда сохранял устойчивость, всегда проявлял поразительную настойчивость и очень достойно служил тому делу, которому посвятил свою жизнь», – так образно сказал о В. Н. Челомея академик К. В. Фролов.

В ММК представили фотоальбом М. А. Лукичева «Челомей», выпущенный издательством «РМП». В издание включены не только уникальные, впервые публикуемые фотогра-



Фото И. Афанасьева

ПРЕДПРИЯТИЯ. ОРГАНИЗАЦИИ

фии ученого, но и исторические снимки, связанные с разными годами его жизни, архивные документы, газетные вырезки, копии документов и многое другое. Таким образом, читатели смогут полностью погрузиться в эпоху Челомея и его великих дел. Фотоальбом содержит и текстовые пояснения, которые помогут проникнуться масштабом уникальной личности великого генерального конструктора.

Столетний юбилей В. Н. Челомея широко отмечался в Реутове. **30 июня** состоялось торжественное открытие памятника основателю НПОмаш. Бюст работы скульптора Виталия Казанцева установили на реконструированной площади перед ДК «Мир».

Месяцем ранее, 20 мая, здесь прошла III международная научно-техническая конференция «Аэрокосмические технологии», посвященная 100-летию со дня рождения академика В. Н. Челомея. Генеральный конструктор предприятия А. Г. Леонов обратился к участникам мероприятия с такими словами: «Сегодня мы открываем третью и последнюю конференцию, посвященную 100-летию со дня рождения основателя нашего предприятия В. Н. Челомея. Владимир Николаевич прекрасно понимал, что судьба предприятия, реализация его грандиозных планов зависит от качества подготовки специалистов. Поэтому он организовал сначала кафедру специального машиностроения, а потом и Аэрокосмический факультет в МВТУ имени Н. Э. Баумана».

Первый заместитель начальника ЦКБМ ОАО «ВПК «НПО машиностроения» Е. Г. Куранов зачитал приветствие почетного генерального директора – почетного генерального конструктора фирмы Г. А. Ефремова: «Разработки НПОмаш всегда отличались высоким уровнем стратегических и технических решений. Высокую планку задал творческий талант генерального конструктора В. Н. Челомея. Хочу напомнить, что исторически наше предприятие внесло существенный вклад в создание отечественных комплексов ракетно-ядерного оружия... При этом жизнь подтверждает, что высокие технологии никто России не подарит и даже не продаст. Передовые оборонные технологии могут быть только отечественными, и ВПК «НПО машиностроения» умеет их создавать, что в пределах допустимого и будет показано на конференции».

Еще раньше, 15 апреля, на Аэрокосмическом факультете МГТУ имени Н. Э. Баумана прошла научно-техническая конференция «Студенческая научная весна», приуроченная к юбилею, и заключительный этап фестиваля-конкурса детского рисунка «Космос вчера, сегодня, завтра». – И. Б.



Фото И. Афанасьева

# «Своя игра – 2»

Российские ракетные двигатели РД–180 уже почти в течение года являются предметом оживленных дискуссий, споров, судебных разбирательств и даже экономических санкций (НК №11, 2013, с.27–28; 12, 2013, с.30–33; №5, 2014, с.58–59; №6, 2014, с.12–13). Интриги вокруг этого изделия – предмета вождения одних и объекта нападок других – вышли на новый уровень.

**И. Чёрный.**

**«Новости космонавтики»**

## Какой двигатель лучше – «свой»...

16 июня Объединенный пусковой альянс (United Launch Alliance – ULA) анонсировал свое намерение инвестировать в создание американского двигателя для замены РД-180. Альянс уже подписал несколько контрактов с американскими компаниями для изучения концепции мощного маршевого двигателя нового поколения на жидком кислороде и углеводородном горючем, с тем чтобы «начать эксплуатацию PH Atlas V с новой двигательной установкой в 2019 г.».

На этот раз основной движущей силой начинания выступили отнюдь не коммерсанты. Хотя ни ULA как провайдер пусковых услуг, ни ВВС США как заказчик запусков не получили официальных уведомлений из России, американские госструктуры очень серьезно относятся к возможности прекращения российских поставок РД-180.

Еще в начале мая комитет по вооруженным силам Палаты представителей внес в проект Закона о разрешении средств на национальную оборону NDAA на 2015 финансовый год (H. R. 4435) положение о разработке «американского» двигателя для PH Atlas V, предусмотрев для этого 197 млн \$. 22 мая проект аналогичного закона (S. 2410) утвердил соответствующий комитет Сената, и в нем рекомендовалось выделить 20 млн \$ в текущем и 100 млн \$ в следующем году на создание замены русскому двигателю.

Известный сенатор Джон МакКейн добился включения в сенатский вариант законопроекта трех поправок, касающихся запусков полезных нагрузок военного назначения. Одна предусматривает исключение из общего положения о запрете заключения новых контрактов на покупку российских ракетных двигателей, если без этого невозможно будет обеспечить пусковые услуги «по честной и разумной цене». Вторая требует от ВВС США провести конкурс по заказам, которые они уже успели разместить у единственного подрядчика в лице ULA. Третья призывает к расследованию причин возникновения ситуации, при которой «космическая промышленность США оказалась неоправданно зависима от зарубежных поставщиков и их продукции, в частности ракетных двигателей».

\* Любопытно, что администрация Обамы в программном заявлении (Statement of Administration Policy) от 17 июня сообщила, что возражает против «непрощенных» 220 млн \$ на финансирование, предложенное Палатой представителей, заявив: «Преждевременно отводить значительные ресурсы, не приводящие к сокращению нашей зависимости от российских двигателей».

\*\* Существующие оценки – 15...16 двигателей РД-180.

\*\*\* Реальные потери от прекращения поставок оцениваются в разы выше. Это связано с дополнительными расходами на перевод полезных нагрузок с «Атласа V» на «Дельту IV». Последняя дороже в производстве и эксплуатации. Да и сам перевод спутников с одного носителя на другой может сдвинуть сроки на три-четыре года.

13 июня комитет по ассигнованиям Палаты представителей утвердил проект бюджета Минобороны США на 2015 ф.г., в котором предусмотрел выделение 220 млн \$ на создание американского двигателя с готовностью к использованию не позднее 2022 г. Это положение сохранилось и в тексте, за который проголосовала 20 июня Палата в целом; теперь слово за Сенатом\*.

В настоящее время ULA имеет примерно двухлетний запас РД-180 на складах\*\*. Однако нынешний пусковой манифест PH Atlas V требует гораздо большего резерва. Кроме того, вновь образованная российская Объединенная ракетно-космическая корпорация (ОРКК) предупредила, что намерена пересмотреть стратегию сотрудничества с зарубежными партнерами ввиду возросших рисков на фоне политической ситуации.

«[Риски] значительно увеличились... – сказал 9 июня в интервью «Коммерсанту» президент ОРКК Игорь Комаров. – Мы будем пересматривать стратегию сотрудничества с зарубежными странами. Надеюсь, не сильно, поскольку ситуация в обозримой перспективе будет нормализована».

Глава ОРКК добавил, что партнеры за рубежом испытывают схожие проблемы, поскольку в кооперации всегда участвует несколько сторон. «Полагаю, что география поставок, которые в настоящее время идут из США, в ближайшие годы поменяется. А если санкции продолжатся, то очень сильно изменится. Поверьте, не только мы заинтересованы в нормальной и стабильной реализации проектов», – пояснил И. А. Комаров.

По мнению американских экспертов, если поставки РД-180 из России прекратятся, ULA в частности и США в целом будут иметь серьезные проблемы. Согласно заключению группы специалистов (так называемый доклад Митчелла), американские возможности компенсировать эти сложности будут весьма ограничены вплоть до 2017 г. В докладе Митчелла содержится рекомендация начать разработку американского двигателя, способного заменить РД-180. По прогнозам авторов документа, замена будет готова лишь к 2022 г.

Сейчас рассматриваются различные способы избавления от данной зависимости. Вариант, лежащий на поверхности, – освоение производства РД-180 в США. Но, как известно, воспроизводство «американизированного» двигателя потребует около пяти



Глава Космического командования ВВС США Уильям Шелтон

лет и к тому же «вльется в копеечку» – более 1 млрд \$\*\*\*. Кроме того, эта идея плоха тем, что для запуска производства двигателя на американской территории поневоле придется пользоваться услугами российских инженеров, что неприемлемо с точки зрения национальной безопасности. Поэтому создание подлинно американского ЖРД считается более оптимальным вариантом.

Разработка и производство нового американского двигателя позволили бы устранить любую зависимость от России. «Как организация, обслуживающая национальную пусковую индустрию страны, и единственная компания, сертифицированная для запуска наиболее важных американских миссий, ULA должен выдвинуть лучшие решения, чтобы сохранить эту возможность на будущее, – уверен президент и главный исполнительный директор ULA Майкл Гасс (Michael Gass). – В то время как РД-180 достиг замечательных успехов, самое время сделать американские инвестиции в отечественный двигатель».

Полный список фирм, которым направлен запрос ULA, пока не оглашен. Однако известно, как минимум, об одном предложении, которое может конкурировать с РД-180 по своим параметрам. Речь идет об однокамерном AR1 тягой 0.5 млн фунтов (227 тс), представленном корпорацией Aerojet Rocketdyne. Двигатель основан на технических решениях AJ26-62 (советский НК-33) и, судя по всему, является развитием «миллионника» AJ-1E6, предложенного ранее для использования в жидкостном стартовом ускорителе сверхтяжелого носителя SLS второго этапа. Пара AR1 сможет полностью заменить РД-180 в хвостовом отсеке «Атласа-5» и обойдется ULA не более чем в 20–25 млн \$.



▲ Вариант ДУ PH Atlas V с ЖРД AR1

«Я хотел бы, чтобы мы производили [собственные] двигатели, – пожелал 20 мая глава Космического командования ВВС США генерал Уильям Шелтон (William L. Shelton). – Если взглянуть в историю, когда в последний раз мы производили двигатель? Это было давно. Наша производственная база несколько захлахла».

По словам представителя ULA, привлеченные ею компании «проведут анализ технической выполнимости разработки, представят конкретные планы и точный график, определят стоимость и технические риски и дадут стоимостные оценки, соответствующие высоким требованиям по издержкам производства». Альянс рассчитывает выбрать будущую концепцию и поставщика двигателей к 4-му кварталу 2014 г.

### ...или все же российский?

Разработка «американской альтернативы» не означает, что ULA намерен полностью отказаться от использования РД-180. Пока у альянса нет выбора: он будет продолжать сотрудничество с российско-американским СП RD Amtruss, в частности чтобы оценить долгосрочную целесообразность применения РД-180 в конкуренции с ожидаемым новым двигателем. Уже 18 июня глава ULA Майкл Гасс заявил об увеличении ежемесячных поставок российского двигателя, отметив, что рассчитывает получить два РД-180 в августе и уверен, что закупки будут продолжаться. «Я не обеспокоен поставками РД-180, – подчеркнул он, похвалив безупречный послужной список двигателя. – Важно знать, что мы ведем дела, как обычно. Это относится к импорту. Мы не получили никаких указаний от нашего поставщика или от кого-то в США в этом отношении».

Как сообщил исполнительный директор «Энергомаша» В.Л. Солнцева, партнеры попросили увеличить поставки РД-180 в период до 2018 г. с 29 до 37 штук. «Американская сторона просит нас увеличить общее количество двигателей на восемь единиц. Они

По состоянию на середину июня, американское правительство еще не приняло окончательных решений по вопросу ускорения закупок двигателей РД-180. Об этом сообщила на встрече с журналистами министр ВВС США Дебора Ли Джеймс (Deborah Lee James, в должности с 20 декабря 2013 г.). По ее словам, комиссия подготовила предложения, ориентированные как на долгосрочную, так и на краткосрочную перспективы. Одна из этих рекомендаций заключается в том, чтобы форсировать поставку РД-180. Другие предложения относятся к ускорению сертификации новичков на американском рынке космических запусков.

«В долгосрочной перспективе... нам необходимо найти способ производить двигатель в США. Как этого добиться? Возможно, производить РД-180 совместно [с Россией]. Этот один из вариантов действий. Другой вариант – может быть, запустить новую правительственную программу, чтобы создать совершенно новый двигатель. И, наконец, третий – сформировать государственно-частные партнерства, чтобы воспользоваться уже идущими в частном секторе разработками и инвестициями, возможно, вложить какие-то государственные деньги в это дело и совместно подготовить опции, – пояснила Джеймс, подчеркнув: – Изучаются все эти варианты действий, и еще нет окончательного решения, каким путем двигаться».



Президент ULA Майкл Гасс



Президент SpaceX Элон Маск

хотят, чтобы мы повышали ежегодную поставку на некоторое количество. В частности, в 2015 г. планируется, что мы поставим им вместо пяти двигателей восемь», – сказал он, отметив, что объявленные США санкции в отношении России никак не повлияли на переговоры НПО «Энергомаш» с американскими партнерами.

Таким образом, российские двигатели-строители не спешат покидать американский рынок. Более того, они намерены расширить там свое присутствие. 16 мая В.Л. Солнцева сообщил, что НПО «Энергомаш» планирует после 2016 г. поставлять новые ракетные двигатели РД-181 для РН Antares. Как пояснил Владимир Львович, число закупленных двигателей НК-33 ограничено и к 2016 г. самарские двигатели у американской компании кончатся. Отвечая на вопрос о возможных объемах поставок РД-181 в США, он отметил: «Сколько заплатят – столько и поставим».

Исполнительный директор НПО «Энергомаш» также подчеркнул, что преимуществом РД-181 являются его более высокие характеристики – тяга и удельный импульс, которые позволяют ракете Antares выводить на орбиту полезную нагрузку большей массы. Кроме того, двигатель «Энергомаша» будет поставляться в США в уже готовом виде.

По словам В.Л. Солнцева, «Энергомаш» будет предлагать свой новый двигатель и другим странам. «Рынок [ракетных двигателей] есть, и на нем много покупателей», – подытожил он, упомянув, в частности, об обращениях из Южной Кореи и Китая. «Кроме того, у нас есть и заявки от европейских государств», – отметил исполнительный директор «Энергомаша».

### Коммерция или политика?

На фоне баталий вокруг РД-180 получил продолжение конфликт между ULA и SpaceX (НК №6, 2014, с.12-13; №7, 2014 с.18-23). Альянс, критикуемый потенциальным конкурентом за высокие затраты и зависимость от российских ракетных двигателей, ответил контрнатуплением, подробно изложив инициативу компании в области исследования потенциальных американских вариантов замены двигателя. ULA начал новую ре-

кламную кампанию, чтобы «осветить контраст между альянсом и SpaceX» и выявить «огромный объем дезинформации».

«Весь уклад компании [ULA] состоит в том, чтобы поставить на карту всё, когда дело доходит до успешных космических запусков, – сказал Майкл Гасс. – Есть большая разница между компанией, имеющей более ста лет [общего] опыта и успешно доставляющей спутники на орбиту, по сравнению с фирмой, которая еще даже не сертифицирована для проведения хотя бы одной [военной] миссии EELV-класса».

Гасс заявил, что требования SpaceX «поделиться рынком» безосновательны: «ULA является единственным сертифицированным поставщиком пусковых услуг, который отвечает всем уникальным требованиям EELV, – сказал он. – Именно так обстоит дело сегодня. Что касается «блочных закупок запусков в интересах правительственных организаций», то запрос предложений вышел в 2012 г., а договор был подписан в июне 2013 г. Итак, позвольте повторить: SpaceX не был жизнеспособным конкурентом, когда выходил запрос предложений... В документе четко заявлялось, что правительство возьмет на себя обязательство приобретения до 40 ракетных блоков... от ULA. Если SpaceX намеревалась протестовать, на это было время. Но у них не было оснований для протеста, потому что они не были сертифицированы для участия в конкурсе и не участвовали ни в одном запуске, подходящем под требования сертификации».

Очевидно, что в ситуации вокруг РД-180 замешаны как политические, так и коммерческие интересы. ВВС США хотят иметь независимый доступ в космос при любых обстоятельствах. Политики подчеркивают угрозы технической зависимости от России на фоне обостряющихся отношений. Коммерсанты же намерены зарабатывать деньги, оттягивая конкурентов, и их устроит любой вариант, гарантированно приносящий прибыль. Среди них есть бизнесмены, слишком явно стремящиеся извлечь выгоду из данной ситуации. Элон Маск использует «проблему РД-180», чтобы усилить собственные позиции и ослабить положение конкурентов.



# Цели и задачи освоения Луны

Прошло уже более полувека с начала «лунной гонки». После ее завершения интерес к Луне на длительное время угас. Сейчас он возрождается. Вспомним в связи с этим основные идеи С.П. Королёва по поводу целей и задач колонизации Луны, высказанные им в 1960-е и 1970-е годы.

тальный пояс» спутников, выполняющих разнообразные задачи в околоземном пространстве.

В дополнение к приведенным выше идеям С.П. Королёва напрашивается мысль, что Луна может служить естественным форпостом человечества (и вообще биосферы Земли) в отношении такой глобальной опасности, как астероидная. Кроме того, обитаемая лунная база станет играть важную роль и в других направлениях космической деятельности.

Отечественные проекты колонизации Луны предполагают до 2030 г. ограничиться пусками зондов для забора грунта с ее поверхности (в частности, с полярных областей) и последующего его изучения, и лишь после этой фазы намечено приступить к созданию лунного полигона. Представляется, что работы по созданию обитаемой лунной базы нецелесообразно отодвигать на столь большой срок.

## Создание системы слежения за астероидами

Начнем с того, почему именно на Луне, по нашему мнению, перспективно разместить основные системы слежения за опасными астероидами. Известно, что обнаружение оптическими средствами астероидов, подходящих из космоса со стороны Солнца (то есть на фоне дневного неба), исключено. Таким образом, с Земли можно мониторить лишь противосолнечную область космического пространства. А между тем Челябинский (Чебаркульский) метеорит прилетел со стороны Солнца.

Конечно, за счет движения Земли по орбите наблюдаемые области космического пространства будут сменяться, но за счет потери контроля над прежними. При этом процесс слежения за астероидами в темное время суток будет осложнен такими природными и антропогенными факторами, как погодные явления, фоновые засветки с поверхности Земли и из ее атмосферы, помехи за счет космического мусора, флуктуации плотности атмосферы и т. д.

Наземная система обнаружения астероидов может быть выведена из строя на неопределенное время в результате больших выбросов пепла при пробуждении вулканов, а при вторжении крупного астероида, по-видимому, не сможет по тем же причинам спрогнозировать место падения возможного второго «пришельца». Вместе с тем такие случаи исключить нельзя. Так, падение Челябинского метеорита и пролет метеорита 2012 DA14 на расстоянии 27 700 км от Земли (то есть ближе орбит геосинхронных спут-

ников) имели место в один и тот же день – 15 февраля 2013 г.

Размещение систем обнаружения астероидов на спутниках в принципе обеспечивает их круглосуточное выявление. На околоземной орбите уже находится канадский спутник NEOSat – малый («с чемодан») космический телескоп, специально предназначенный для поиска опасных астероидов и слежения за космическим мусором. Но он может обнаруживать астероиды с характерным размером не менее полкилометра: упомянутые выше два метеорита (размер челябинского порядка 17 м) этот телескоп «увидеть» не смог бы. Для их обнаружения потребуются существенное увеличение габаритов оптических систем и усложнение регистрирующей аппаратуры.

Имеются предложения разместить несколько «сторожевых» спутников на геостационарных орбитах. Обнаружение опасных астероидов должно происходить на такой дальности, чтобы оставалось время для принятия тех или иных предупредительных мер, а при наличии в будущем средств противодействия – времени для их пуска.

Размещение систем обнаружения опасных астероидов на Луне (как на видимой с Земли стороне, так и на невидимой) позволит обеспечить их круглосуточную работу. На видимой стороне Земля будет перекрывать лишь около сотой процента обозреваемого с Луны пространства, а Солнце пере-

▼ 520-суточный эксперимент «Марс-500».

Работа в скафандрах на имитаторе марсианской поверхности

**А. И. Григорьев, К. А. Труханов, И. Б. Ушаков, О. И. Орлов\*** специально для «Новостей космонавтики»

## Обслуживание межпланетных космических комплексов

По мысли Сергея Павловича, организация на Луне постоянной научной станции, а впоследствии и промышленного объекта позволит использовать нетронутые и мало изученные ресурсы этого наиболее близкого к нам небесного тела.

Луна рассматривалась С.П. Королёвым и как второй уровень космической инфраструктуры, предназначенной для обслуживания межпланетных космических комплексов. Первым уровнем космической инфраструктуры должен был стать «орби-

\* Анатолий Иванович Григорьев – академик, вице-президент РАН, научный руководитель ИМБП. Кирилл Александрович Труханов – доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник ИМБП. Игорь Борисович Ушаков – академик РАН, директор ИМБП.

Олег Игоревич Орлов – член-корреспондент РАН, первый зам. директора ИМБП.



Фото О. Волошина



Фото О. Волошина

▲ Оранжерея в медико-техническом комплексе ИМБП, имитирующем работу ТМК

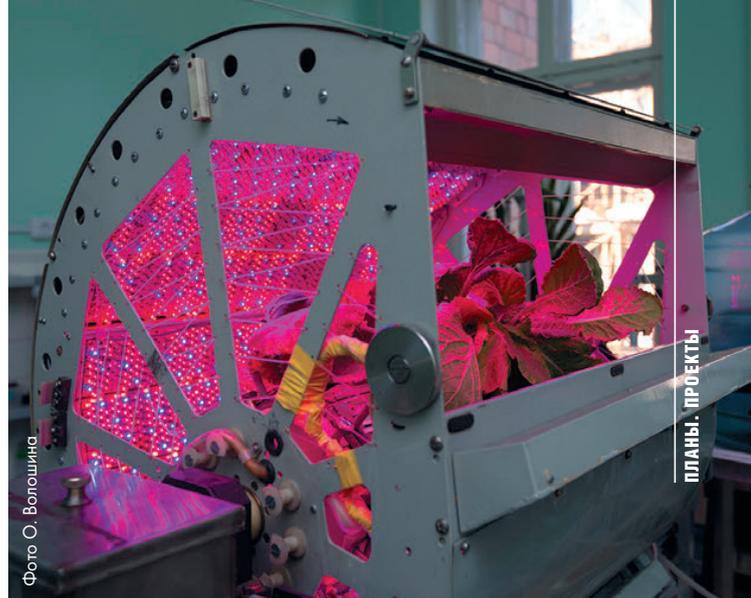


Фото О. Волошина

▲ Салатная машина для орбитальных комплексов

ПЛАНЫ. ПРОЕКТЫ

крывает на порядок меньшую площадь. По мере движения Луны по орбите области перекрытия будут смещаться.

Полностью затененные участки Луны у обоих полюсов самой природой как бы предназначены для размещения систем, работающих в инфракрасном диапазоне для поиска «черных» астероидов, плохо отражающих солнечный свет. Подобные астероиды были обнаружены лишь такими совершенными космическими телескопами, как «Хаббл» и «Спитцер».

Для эффективной работы аппаратуры, развертывания новых, более совершенных систем обнаружения опасных астероидов, обслуживания и ремонта систем на Луне потребуются наличие высококвалифицированного персонала, обеспеченного лунным транспортом.

Не исключено, что оптические системы придется защищать от лунной пыли, однако, учитывая некоторые ее свойства (например, электризацию), эту задачу, по-видимому, можно эффективно решить.

Орбитальная скорость Земли составляет почти 30 км/с. Изображения, полученные на ее спутнике Луне с часовым интервалом, соответствуют базе наблюдения 108 тыс км, а с суточным интервалом – базе около 2,6 млн км. Привлечение изображений, сделанных в промежуточных точках (например, аналогично методам, применяемым при маршрутной аэрофотосъемке и космической съемке), позволит повышать точность и упростит интерпретацию наблюдений. Конечно, последние соображения относятся и к возможным спутниковым системам.

Учитывая почти влптерю меньшую скорость убегания от Луны, чем от Земли, запуск зондов с Луны к потенциально опасным астероидам для установки на них радиомаяков с целью уточнения траекторий энергетически более выгоден.

Обитаемая лунная база может стать форпостом и для пилотируемых экспедиций на астероиды. На Луне возможна окончательная сборка из модулей, присылаемых с Земли, космических аппаратов для «охоты» за астероидами, а также старт с Луны и возвращение на нее с последующей беспилотной отправкой рассортированного материала на нашу планету. Упрощаются условия пуска и возврата аппаратов. Экипажи будут стартовать и возвращаться в условия воздействия

тяжести, составляющей одну шестую от земной, что, по нашему мнению, существенно облегчит их адаптацию к невесомости и сократит время реабилитации после нее.

По тем же причинам обитаемая лунная база явится также форпостом для размещения возможных будущих средств борьбы с астероидной опасностью.

### Лунная база для временного пребывания экипажей межпланетных кораблей

И, наконец, обитаемая лунная база может служить «полустанком» для временного пребывания экипажей пилотируемых межпланетных кораблей, возвращающихся из дальнего космоса. Во-первых, из-за необходимости внеземного карантина, особенно после предполагаемых выходов на поверхность небесных тел. Во-вторых, для реабилитации экипажей в условиях пониженной в 6 раз силы тяжести по сравнению с земной после длительной невесомости перед окончательным возвращением на Землю. Межпланетный корабль может оставаться на околоземной орбите, а экипаж может быть снят с борта специальным модулем, стартующим с лунной базы.

Наряду с перечисленными целями, естественно, должны выполняться задачи изучения Луны, добычи полезных ископаемых и т. д.

При нахождении на Луне человек окажется вне привычного магнитного поля Земли. Отсутствие защитной роли последнего по отношению к потокам заряженных частиц солнечных событий и галактических

космических лучей приведет к повышенной радиационной опасности. В наземной атомной технике используется защита веществом. В космосе такая защита осложнена тем, что при торможении высокоэнергетичных протонов космических лучей в веществе возникает вторичное нейтронное, бета- и гамма-излучение, радиационная опасность от которого может превысить радиационную опасность от первичных протонов. Необходимо переходить к иным принципиальным решениям. Соответствующие подходы сейчас прорабатываются.

Становится также все более ясным, что геомагнитное поле важно для обеспечения жизнедеятельности (по крайней мере, на основе белка), что существенно как для жизнеобеспечения на лунной базе, так и при полетах в дальнем космосе.

Один из возможных путей решения этой проблемы состоит в создании в интерьерах лунной базы, на борту космических систем, предназначенных для полетов вне магнитосферы Земли, в скафандрах для работ на поверхности Луны и других небесных тел аналога геомагнитного поля с помощью специальных магнитных систем. Такие проработки также уже ведутся.

Перечисленные опасности для персонала могут быть сведены к разумному минимуму. Вместе с тем может появиться многоцелевой внеземной форпост, который позволит с большей эффективностью осваивать ближний и дальний космос и защищать Землю от астероидной опасности. Откладывать его создание на длительное время нецелесообразно.



▼ Стенд виртуальной реальности в Центре подготовки космонавтов



## Новые идеи для нашей промышленности

### Круглый стол МГУ – Роскосмос

**А. Ильин.**  
«Новости космонавтики»

4 июня в Фундаментальной библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова состоялся круглый стол «Результаты космической деятельности России: от космических исследований к модернизации экономики». Ученые Московского университета представили проекты, связанные с созданием новых аппаратов и использованием спутниковой информации для изучения Земли, рассказали о космических экспериментах в сфере биологии, астрономии и фундаментальной физики. Представители МГУ и Роскосмоса обсудили пути обеспечения космической отрасли высокопрофессиональными кадрами и ответили на вопросы аудитории.

В заседании участвовали: академик, ректор МГУ Виктор Антонович Садовничий, первый заместитель руководителя Федерального космического агентства Александр Николаевич Иванов, генеральный директор НПО имени С. А. Лавочкина Виктор Владимирович

Идея создания научно-технологической долины на территории МГУ, которая должна занять площадь более 100 гектаров, была выдвинута в ноябре 2013 г. В рамках этого проекта уже заложены два объекта. Ожидается, что лаборатории технологической долины будут построены под передовые проекты, которые сегодня активно разрабатывают в Ломоносовском корпусе университета. На данный момент в нем трудятся около 60 научных коллективов.

«Хотелось бы предложить идею строительства космического кластера в технологической долине, то есть совместных лабораторий, центров коллективного пользования, чтобы мы могли генерировать новые идеи для нашей промышленности», – сказал Садовничий.

Хартов, генеральный директор ЦНИИмаш Александр Григорьевич Мильковский, первый заместитель гендиректора ЦНИИмаш Александр Юрьевич Данилюк, генеральный директор ВНИИЭМ Леонид Алексеевич Макриденко, деканы факультетов, ученые, аспиранты, студенты.

Открывая круглый стол, Виктор Садовничий подчеркнул, что космические исследования находятся среди приоритетных направлений деятельности университета. Учеными МГУ достигнуты значительные результаты в разных областях, связанных с космосом. Ректор предложил создать совместно с Роскосмосом космический кластер в Научно-технологической долине, которая в будущем должна появиться в университетском городке.

Заместитель руководителя Роскосмоса Александр Иванов предельно четко сформулировал главную на сегодня задачу: развертывание орбитальной группировки народно-хозяйственного значения. Что касается перспектив, то с завершением программы МКС главной целью России в космосе станет освоение Луны. Первые пилотируемые экспедиции на наш естественный спутник начнутся не раньше 2030 г., а лунная база будет развернута ближе к 2040 г.

«Человечество подошло к очередному шагу в изучении космического пространства. Одна из главных задач, которая стоит перед ведущими космическими державами, – проработка вариантов по освоению лунной орбиты», – заявил А. Н. Иванов.

Для осуществления этой амбициозной программы потребуется новая сверхтяжелая ракета-носитель, способная доставлять на низкую околоземную орбиту полезную нагрузку 80–85 т. Рассматриваются различные варианты РН, в том числе и с центральным блоком большого диаметра (более 7 м).

По мнению Александра Иванова, «работа тянет за собой серьезные вещи: воз-

можно, возврат к технологиям, которые были использованы в советской программе «Энергия-Буран», создание новых материалов и топлива».

Экспедиция на Марс планируется лишь в отдаленной перспективе, с использованием новых технологий – ядерных энергетических установок, высокоэффективных электроракетных двигателей малой тяги, надувных жилых модулей – и опыта работы на Луне.

Как сообщил Александр Николаевич, к проекту ядерного транспортно-энергетического модуля с машинным преобразованием и электрической мощностью 1 МВт большой интерес проявляют США и Китай. Существует возможность, что перед созданием «космического буксира» мегаваттного класса Россия испытает варианты энергоустановки без механического преобразования мощностью до 100 кВт.

Замглавы Роскосмоса отметил, что финансовые вопросы больше не являются главной проблемой отрасли: с его точки зрения, главное – новые идеи и их реализация.

Александр Иванов также напомнил, что Федеральное космическое агентство сегодня активно сотрудничает с МГУ, и уточнил, что для университетского спутника «Михайло Ломоносов» найдена ракета-носитель. Аппарат отправится в космос на РН «Союз-2» в первом пуске с космодрома Восточный в 2015 г.

#### Пора выходить из плоскости

Руководитель НПО имени С.А. Лавочкина Виктор Хартов кратко обрисовал отдаленные перспективы развития космической техники. Он отметил, что от МГУ хотелось бы получить новые фундаментальные вещи, например защиту от радиации для работы на поверхности спутника Юпитера – Европы.

По мнению Виктора Владимировича, «пора выходить из плоскости цифровой техники». Обычный подсолнух следит за Солнцем без всякой электроники – пусть и космические аппараты будут немного живыми. Вот задача для МГУ на следующие пятьдесят лет!

«Необходимо пробудить фантазию к решению задач будущего. К примеру, создать систему, которая летала бы в космосе тысячу лет и при этом сохраняла жизнеспособность», – сказал глава НПО. Кроме того, он подверг резкой критике идею борьбы с «космическим мусором» методом его сведения с орбиты: «Килограмм на орбите стоит очень дорого. Так зачем сжигать ресурсы в атмосфере – может быть, лучше использовать молекулярные репликаторы и собирать из мусора новые космические аппараты прямо в космосе?»

Первый заместитель директора ЦНИИмаш Александр Данилюк высказал мнение, что освоение Луны невозможно на существующих сейчас технологиях. Однако если к 2030 г. мы хотим получить компоненты лунной инфраструктуры, то начинать их разрабатывать нужно уже сейчас.

«Потребность в новых идеях огромная. Если в 2030 г. мы собираемся отправлять первую вахту на Луну, то к тому времени туда должны быть доставлены все основные модули, включающие экскаватор, средства для передвижения человека, запасы системы жизнеобеспечения и так далее. В 2026 г. надо уже все начинать забрасывать туда», – напомнил А. Ю. Данилюк.

К сожалению, предприятия космической отрасли стиснуты прагматичными требованиями и зачастую просто не могут работать на будущее. По мнению Александра Данилюка, в данном случае могут помочь как университетские КБ, так и частные фирмы: «Техническое задание будет доступно всем – займитесь».

Генеральный директор ВНИИЭМ Леонид Макриденко полагает, что необходимо создать кластер из науки университетской и науки промышленности. При этом одним из важнейших направлений его работы должно стать создание микроспутников, и не отдельных аппаратов, а целых спутниковых систем.

### Поиски жизни

На круглом столе прозвучало немало инициатив от научных коллективов, молодых ученых и студентов.

Владимир Георгиевич Сурдин, старший научный сотрудник Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга (ГАИШ) МГУ, выступил с докладом «Поиск жизни в Солнечной системе». Он напомнил, что на поверхности Луны и Марса тяжелая радиационная обстановка, а значит для строительства обитаемых сооружений потребуются решить вопрос защиты от радиации. По-видимому, модули баз должны располагаться под поверхностью. По мнению Сурдина, «другие возможные плацдармы для переселения – спутники Юпитера, которые тоже нужно исследовать. Там очень сильная радиация, которую не выдерживает даже современная электроника, но, возможно, есть приемлемые условия под поверхностью».

Директор Научно-исследовательского института ядерной физики (НИИЯФ) МГУ Михаил Игоревич Панасюк продолжил тему радиационной безопасности докладом «Радиация в космосе: опыт и возможности МГУ в решении актуальных проблем». По его словам, российские и американские оценки продолжительности безопасного пребывания людей на Луне сильно различаются: по нашим расчетам – до года (под определенной защитой), по заокеанским – всего 90 суток. По мнению директора НИИЯФ, отрасли нужны специальные стенды для проверки радиационной стойкости электронных компонентов.

Сегодня у ученых нет точной модели радиационной обстановки в космосе. На многих российских КА установлены реги-

стрирующие приборы; более того, специалисты готовы создавать и новое оборудование. Однако, по признанию М. И. Панасюка, поступающие данные не синхронизируются и, следовательно, не дают полной картины. Он не исключил, что «Фобос-Грунт» вышел из строя как раз из-за того, что попал в зону радиационной аномалии. Чтобы получить представление, что такое радиация в космосе и чем она нам грозит, необходимо создать единый центр по обработке и анализу собранной информации, заключил глава НИИЯФ. Он также отметил, что новый университетский спутник «Михайло Ломоносов» – «это настоящая космическая лаборатория для исследования экстремальных процессов в ближнем и дальнем космосе. Впервые на борту этого спутника мы надемся осуществить регистрацию космических лучей предельно высоких энергий. Такие эксперименты до нас еще никто не делал».

Декан биологического факультета МГУ академик РАН Михаил Петрович Кирпичников рассказал о проблеме, связанной с технофильными микроорганизмами, живущими на внутренней поверхности модулей долговременных орбитальных станций, и о возможности создания бактерий для уничтожения отходов во время длительного космического полета. Была затронута также тема биологических накопителей энергии.

Декан факультета психологии МГУ академик РАО Юрий Петрович Зинченко выступил с докладом о разработке установок виртуальной реальности для подготовки космонавтов и об использовании суперкомпьютерных (!) вычислений для решения психологических задач.

О молодежном проекте МГУ и ЦПК имени Ю. А. Гагарина рассказал научный сотрудник лаборатории МОИДС (механико-математический факультет) Антон Викторович Лебедев. Его доклад назывался «3D-визуальная и динамическая имитация доставки космического модуля на лунную поверхность и персонально управляемого движения на поверхности Луны».

Директор ГАИШ МГУ академик РАН Анатолий Михайлович Черепашук изложил университетскую программу по наблюдению космических объектов. Он отметил эксперимент по сканированию звездного неба с помощью телескопа полуметрового диаметра, установленного на борту МКС, – «Лири-Б». По словам Анатолия Михайловича, движение

станции позволит отсканировать все небо и получить многоспектральные данные для составления каталога более чем 400 млн звезд нашей Галактики. Другие интересные эксперименты, отмеченные в докладе: роботы-телескопы «Мастер», использующие специфику нашей страны (большую протяженность страны с востока на запад), и эксперимент «Качка» – сверхточные звездные датчики (ориентация по «звездным образам»), которые помогут отслеживать колебания МКС. Директор ГАИШ представил и новый проект, предложенный МГУ: четыре спутника для поиска гравитационных волн и тестирования релятивистских эффектов. Кроме того, он рассказал о состоянии крымских обсерваторий и назвал их возвращение большой победой.

Заместитель декана механико-математического факультета МГУ Валерий Леонидович Ковалев выступил с докладом о моделировании свойств многоразовых теплозащитных покрытий гиперзвуковых летательных аппаратов. По его словам, новые методы позволяют в пять раз снизить тепловые потоки при входе в атмосферу Марса и в три раза – при входе в атмосферу Земли. Кроме того, возможно уменьшение камер сгорания ГПВРД.

Тематика обсуждений оказалась шире рамок заявленного регламента: многие ученые выступали с места уже после завершения официальной части круглого стола.

Первый заместитель директора Института медико-биологических проблем РАН Олег Игоревич Орлов высказал свое мнение относительно продолжения эксплуатации МКС. «Я думаю, что МКС себя еще не исчерпала, потому что это база для проведения широкого круга исследований. Если говорить о медико-биологических экспериментах, то на сегодняшний день в российской программе это самая крупная составляющая – примерно 30%... Эту работу нужно продолжать не только потому, что она важна для развития систем профилактики – она еще носит большой фундаментальный характер», – уточнил Орлов, говоря о значимости экспериментов на МКС.

Подводя итоги, В. А. Садовничий отметил плодотворную работу в ходе дискуссии и подчеркнул, что мыслить «нелинейно» – это особенность Московского университета, а значит – впереди новые смелые проекты.



Фото Олег Баринцев, МГУ

▼ Слайд из презентации директора НИИЯФ М. И. Панасюка

**Космическая программа МГУ: 2005–2014 гг.**

**ЛОМОНОСОВ: космическая лаборатория для исследований экстремальных процессов во Вселенной**

**Впервые будут осуществлены:**

- регистрация космических лучей предельно высоких энергий из космоса;
- мультиволновые измерения гамма-всплесков;
- создан прототип космического сегмента системы мониторинга астероидной опасности

*Открылась бездна звезд полна;  
Звездам числа нет, бездне дна.*

*М. В. Ломоносов*

# Hubble смотрит в бездну

**В** июне Комитет по распределению времени Космического телескопа имени Хаббла (Time Allocation Committee – ТАС) дал согласие на использование «Хаббла» в поисках подходящих целей для миссии New Horizons. Как известно, одноименный американский аппарат исследует Плутон с пролетной траектории в июле 2015 г. Планируется, что после этого станция New Horizons изучит по крайней мере один объект Пояса Койпера (Kuiper Belt Object, KBO). Выбрать его и должны помочь снимки главной орбитальной обсерватории.

«Я рад, что в процессе согласования научных планов был достигнут консенсус относительно того, как эффективно использовать уникальные возможности «Хаббла» для обеспечения научных целей миссии New Horizons, – отметил Мэтт Маунтин (Matt Mountain), директор Научного института Космического телескопа (Space Telescope Science Institute – STScI).

Пояс из ледяных тел на границе Солнечной системы, в состав которого входит и Плутон, представляет собой предмет особого интереса для ученых, поскольку остается практически неизменным со времен формирования планет 4,6 млрд лет назад.

Космическому телескопу предстояло просмотреть область неба в созвездии Стрельца, чтобы выявить и идентифициро-

вать объекты, движущиеся в пределах Пояса Койпера. Чтобы отделить истинные цели от фоновых звезд Стрельца, «Хаббл» должен был медленно поворачиваться с угловой скоростью, соответствующей средней скорости движения объектов в Поясе Койпера. Благодаря этому объекты фона будут выглядеть штрихами, а ледяные компоненты Пояса останутся точечными. Целью поиска было найти хотя бы два KBO с достаточным блеском – статистически это означало бы, что «Хаббл» в принципе способен найти объекты, с которыми может сблизиться New Horizons.

С 16 по 26 июня телескоп выполнил это предварительное сканирование, исследовав 20 областей и сделав около 200 снимков. Параллельно в ускоренном темпе проводился анализ каждого изображения. Из всего массива предъявленным требованиям удовлетворяют только два тела – 1110113Y и 0720090F, звездные величины которых составляют 26,8<sup>m</sup> и 27,3<sup>m</sup> соответственно. Условие оказалось выполнено, и уже в июле и августе будет выделено время для сканирования еще одного участка неба на площади, которая примерно соответствует угловому размеру Луны. Если оно выявит объект, доступный для исследования до 2018–2019 гг., то осенью 2015 г. New Horizons выполнит коррекцию и направится к новой цели.

Конечно, кроме «кохоты за койпероидами», у Космического телескопа сотни других задач. Астрономы со всего мира регулярно подают запросы на наблюдения с помощью «Хаббла», и их поступает столько, что обсерватория физически не способна удовлетворить все заявки. По правилам, астрономы должны использовать Hubble для изучения самых существенных вопросов, которые не могут быть решены с помощью наземных телескопов. Специальный экспертный комитет ежегодно рассматривает предложения и выбирает оптимальное их сочетание по значимости и по потребности в наблюдательном времени.

Мы расскажем о нескольких ярких открытиях, совершенных Космическим телескопом за время, прошедшее с предыдущей публикации (НК № 9, 2010).

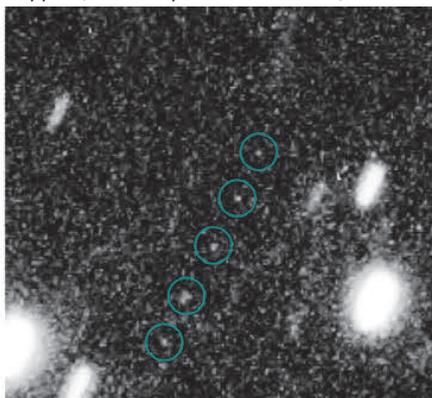
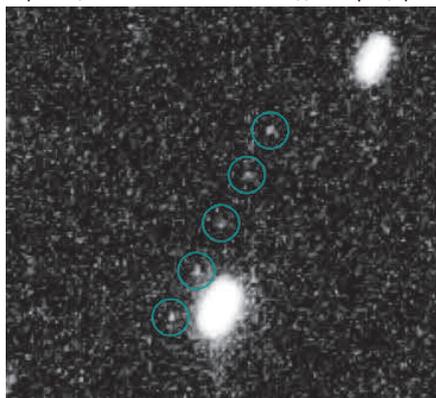
## Солнечная система

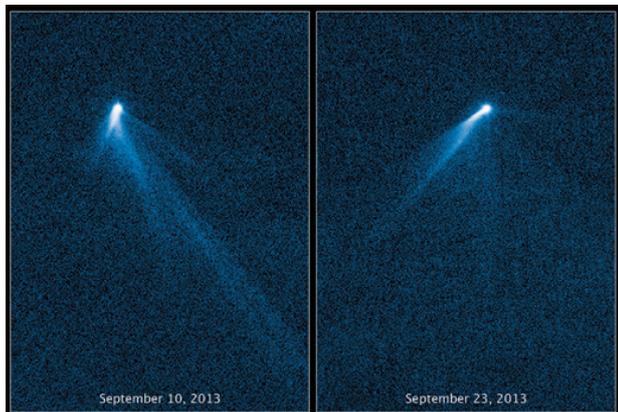
*Шестихвостый «кометоподобный» астероид* был открыт 27 августа 2013 г. с помощью телескопа Pan-STARRS 1, установленного на вершине вулкана Халеакала (остров Мауи, Гавайи). Собственно, сначала его приняли за комету и дали «кометное» обозначение P/2013 P5, хотя по параметрам орбиты он соответствовал астероиду Главного пояса. Решено было провести более тщательное изучение объекта, и в сентябре 2013 г. телескоп Hubble зафиксировал у него шесть хвостов.

«Мы были буквально шокированы, когда увидели это. Еще больше нас удивило, что за 13 дней структура хвостов сильно изменилась. Трудно поверить, что перед нами астероид», – рассказывает исследователь Дэвид Джуитт (David C. Jewitt) из Университета Калифорнии в Лос-Анжелесе.

Исследователи предполагают, что хвосты образовались по очереди, а не все сразу, что исключает версию столкновения P/2013 P5 с другим астероидом. Скорее всего, необычное явление имеет внутреннюю природу.

Моделирование, проведенное учеными Института исследования Солнечной систе-





мы Общества Макса Планка (Германия), показало, что хвосты могли сформироваться в результате слишком быстрого вращения астероида. Слабая гравитация не смогла удержать пыль, и та вырвалась в космос, образуя под давлением солнечного излучения полосы разной длины. По расчетам, извержения происходили в период с апреля по сентябрь 2013 г.

Исследователи полагают, что астероид с шестью хвостами является одним из множества необычных астероидов, которые им еще предстоит обнаружить.

«В астрономии действует правило: если вы уже обнаружили один объект, то в дальнейшем найдете еще больше таких же. Для нас это удивительная находка, и почти наверняка первая из многих подобных», – полагает Джуитт.

По оценкам ученых, хвосты P/2013 P5 содержат от 100 до 1000 тонн пыли, что представляет собой лишь небольшую долю массы 400-метрового астероида.

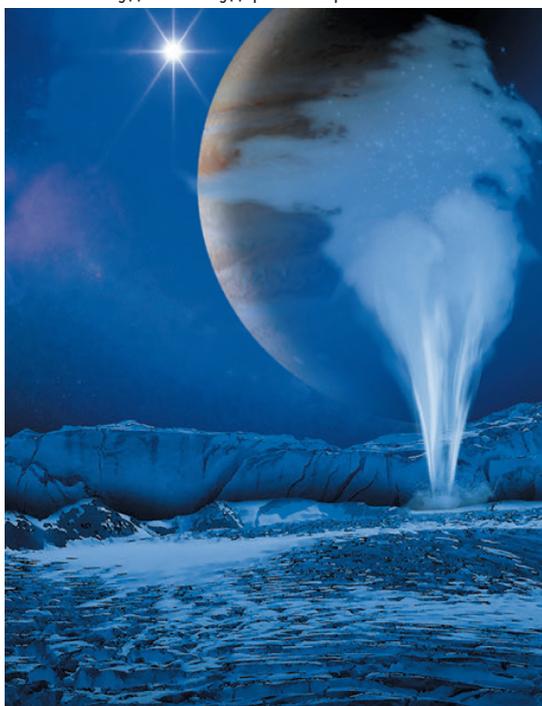
Вероятно, P/2013 P5 является фрагментом более крупного астероида, разрушенного в результате столкновения с другим небесным телом около 200 млн лет назад. На подобных орбитах имеется множество фрагментов, которые также представлены в виде попавших на Землю метеоритов. Последние несут следы нагрева до +800°C, и это значит, что родительские астероиды, вероятно, сложены метаморфическими породами и не содержат летучих веществ, как кометы.

Не остаются без внимания и спутники Юпитера. В ноябре 2013 г. стало известно, что «Хаббл» обнаружил водяной пар над южной полярной областью Европы. И хотя исследователи еще не вполне уверены, что его источником являются вырывающиеся из-под ледяной брони гейзеры, но считают, что это наиболее правдоподобное объяснение. Если дальнейшие наблюдения подтвердят это открытие, то Европа будет считаться вторым спутником в Солнечной системе, где зафиксированы подобные струи (первый – спутник Сатурна Энцелад).

«Несомненно, самое простое объяснение этого водяного пара – это то, что он вырывается из-под ледяной поверхности Европы, – комментирует ведущий автор научной работы Лоренц Рот (Lorenz Roth) из Юго-Западного исследовательского института в Сан-Антонио. – Если эти струи связаны с подповерхностным океаном, который, как мы убеждены, существует под ледяной корой Европы, это означает, что в будущих ис-

следованиях можно будет непосредственно изучить его химический состав потенциально пригодной для жизни среды Европы, не затрачивая усилий на бурение сквозь слои льда. И это чрезвычайно вдохновляет».

Спектроскопические наблюдения, положенные в основу работы, были сделаны в декабре 2012 г. Временная выборка авроральных излучений Европы, регистрируемых с помощью спектрографа «Хаббла», позволила исследователям различить детали, созданные как заряженными частицами из магнитного «пузыря» Юпитера, так и струями, вырывающимися с поверхности Европы, а также отвергнуть множество экзотических объяснений – к примеру, предположение о наблюдении очень «удачного» удара метеорита.



Спектрограф зарегистрировал ультрафиолетовое излучение небольшой интенсивности в районе южного полюса спутника, где под воздействием мощного магнитного поля Юпитера возникает полярное сияние. Свечение переменной интенсивности генерируют возбужденный атомарный кислород и водород, и это верный признак диссоциации молекул воды электронами, движущимися вдоль силовых линий магнитного поля.

«Мы заставили Hubble работать на пределе его возможностей, чтобы зафиксировать это очень слабое излучение. Видимо, это весьма небольшие струи, поскольку они, похоже, очень разреженные и с трудом поддаются наблюдению в видимом свете», – полагает Иоахим Заур (Joachim Zaur) из Университета Кёльна. Заур является научным руководителем данной программы наблюдений с использованием «Хаббла» и соавтором Лоренца Рота.

Рот полагает, что длинные трещины на поверхности Европы могут служить есте-

ственными каналами для сброса водяного пара в космическое пространство. Исследователи установили, что интенсивность струй на Европе, так же как и на Энцеладе, меняется в зависимости от орбитального положения спутника. Активные струи наблюдались лишь в периоды, когда Европа находилась в самой удаленной точке орбиты по отношению к Юпитеру. Когда же спутник был ближе к планете, исследователи не обнаруживали никаких следов выбросов пара.

Одно из объяснений такой изменчивости основано на том, что на большом расстоянии от Юпитера под действием приливных сил трещины находятся в более напряженном состоянии. Когда же луна подходит к своей планете на самое близкое расстояние, каналы, служащие для выпуска водяных паров, сужаются или даже перекрываются, не позволяя пару выходить наружу.

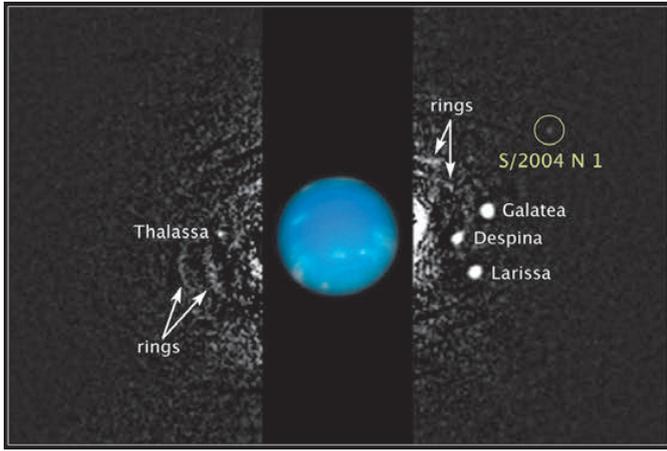
«Очевидная изменчивость, присущая струям, подтверждает важнейший прогноз в отношении Европы: ее поверхность должна значительно изгибаться под действием приливных сил, если под поверхностью находится океан», – констатирует Курт Ретерфорд (Kurt Retherford), также являющийся сотрудником Юго-Западного института.

Струи Европы и Энцелада удивительно сходны по концентрации водяных паров. Однако, поскольку притяжение Европы приблизительно в 12 раз больше, чем Энцелада, пар с температурой -40°C в основном не уходит в космическое пространство, как это имеет место на Энцеладе, а, поднявшись на высоту порядка 200 км, оседает на поверхность. Так могут формироваться яркие детали поверхности, наблюдаемые в районе южного полюса спутника.

Еще одно открытие «Хаббла» связано с самой удаленной от Солнца планетой: Космическому телескопу удалось увидеть ранее неизвестную луну Нептуна. Это открытие увеличивает общее количество его спутников до 14. По предварительным оценкам, диаметр новой луны, получившей обозначение S/2004 N1, равен 20 км, то есть она является самым маленьким на сегодняшний день известным спутником далекой планеты.

Открытый объект настолько тусклый и маленький в размере, что он слабее примерно в 100 млн раз самой тусклой звезды, которую можно увидеть невооруженным глазом. Его даже не заметил космический аппарат Voyager 2, пролетевший мимо системы Нептуна в 1989 г.

Новый спутник обнаружил 1 июля 2013 г. Марк Шоуолтер (Mark R. Showalter), сотрудник института SETI, изучая тусклые дуги (сегменты колец) вокруг Нептуна. Так как они быстро вращаются, Шоуолтер и его коллеги должны были сопровождать кольца в движении, чтобы увидеть отдельные детали. Подчиняясь внезапному порыву, Шоуолтер решил посмотреть далеко за пределы кольцевых сегментов и внезапно заметил белую точку на расстоянии 105 250 км от Нептуна. Поиск в архиве фотографий немедленно выявил точку еще более чем на 100 сним-



ках, сделанных «Хабблом» в период с 2004 по 2009 год. Так удалось подтвердить, что это действительно спутник, обращающийся между орбитами других спутников планеты, Лариссы и Протея, с периодом около 23 часов. По самой ранней фоторегистрации спутник и получил обозначение S/2004 N1.

### Экзопланеты

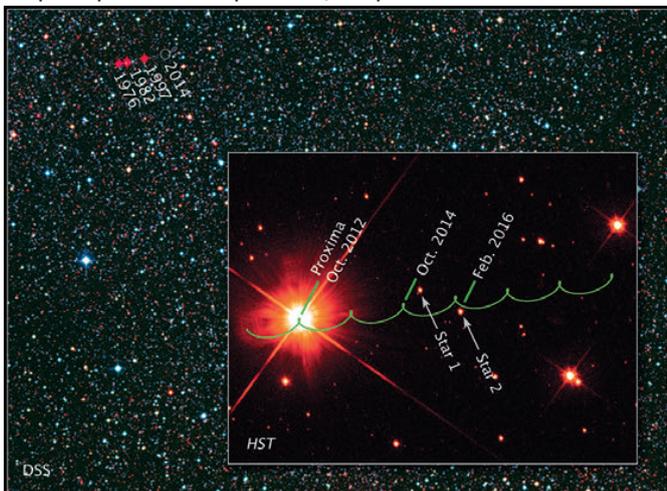
В ближайшее время «Хаббл» сможет внести свой вклад в поиск землеподобной планеты у Проксимы Центавра – самой близкой к Солнцу звезды. Такая возможность выпадет в октябре 2014 г. и феврале 2016 г. Благодаря наблюдениям «Хабббла» была установлена точная траектория движения Проксимы, и стало известно, что в указанные сроки она пройдет перед двумя другими звездами.

Проксима принадлежит к самому распространенному классу звезд в нашей Галактике – красным карликам. Их в 10 раз больше, чем звезд, подобных Солнцу. Недавние исследования показали, что «зоны жизни» в окрестностях красных карликов примерно на треть шире ранее предсказанных значений. Эти звезды, как гигантские СВЧ-печи, «подогревают» планеты микроволновым излучением, которое растапливает воду на их поверхности.

Считается также, что менее массивные звезды имеют меньше планеты по сравнению со звездами-гигантами, поэтому ученые предполагают, что красные карлики являются идеальными объектами в поисках землеподобных планет.

Предыдущие попытки обнаружить планеты около Проксимы Центавра успехом не

▼ Траектория движения Проксимы Центавра по данным «Хабббла»



этого эффекта может быть искажено.

Подобное событие, если оно будет зафиксировано, должно продолжаться от нескольких часов до нескольких дней. Наблюдая видимое положение и блеск фоновых звезд, астрономы рассчитывают точно измерить массу Проксимы, что важно для определения температуры звезды, ее светимости, диаметра и возраста. Если же вокруг красного карлика обращаются планеты, их гравитационное поле также вызовет небольшое смещение фоновых звезд.

Поскольку Проксима Центавра находится относительно близко к Солнечной системе, площадь неба, где наблюдается эффект микролинзирования, будет больше, чем в случае с более удаленными звездами, и наблюдать их смещение будет легче. Тем не менее расчетные сдвиги находятся на грани чувствительности «Хабббла» и крупнейших наземных обсерваторий. Для точных измерений положения фоновых звезд специалисты намерены использовать космический телескоп Gaia и наземный телескоп VLT Европейской южной обсерватории в Чили.

Интересно, что не все открытия «Хабббла» вписываются в существующие теории: с его помощью ученые нашли убедительные доказательства формирования планеты на расстоянии 80 а.е. (12 млрд км) от своей звезды! Из больше

чем тысячи подтвержденных экзопланет, обнаруженных у других звезд, это первая найденная на таком большом расстоянии от своего светила. Планета HD 189733b является одной из ближайших транзитных (пересекающих диск своей звезды) экзопланет.

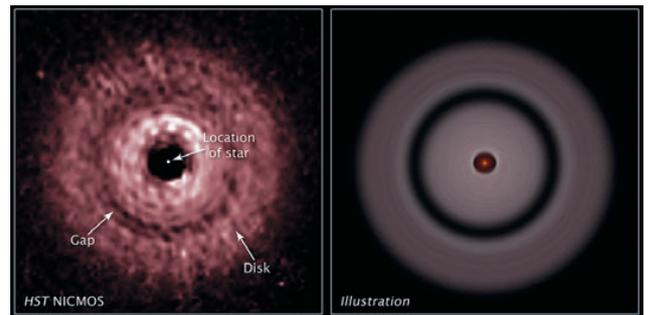
Как сообщила группа Джона Дебеса (John H. Debes), «Хаббл» обнару-

жил щель шириной 20 а.е. (3 млрд км) в огромном протопланетном диске диаметром 440 а.е. (66 млрд км). Появление щели, скорее всего, вызвано невидимой нам растущей планетой, которая своей гравитацией выметает материал и «выгрызает» промежуток в протопланетном диске.

По оценкам, планета не очень большая – от 6 до 28 масс Земли. Большой диаметр орбиты означает, что она медленно движется вокруг своей звезды. Если бы эта планета располагалась в нашей Солнечной системе, она находилась бы в два раза дальше, чем Плутон.

Планеты, согласно современным моделям, формируются на протяжении десятков миллионов лет. Накопление массы идет медленно: протопланета собирает пыль, камни, газ из диска вокруг звезды. Планете, находящейся на расстоянии 12 млрд км от своей звезды, нужно в 200 раз больше времени для формирования, чем, например, Юпитеру, – ведь у нее меньше орбитальная скорость и ниже плотность вещества в окружающем ее протопланетном диске. Юпитер, находящийся на расстоянии всего в 5,2 а.е. от Солнца, сформировался примерно за 10 млн лет.

Звезда TW Гидры невелика (0,55 массы Солнца) и имеет возраст всего 8 млн лет, и согласно общепринятым теориям планеты, тем более на большом расстоянии от нее, сформироваться еще не могли. Однако существует альтернативная теория формиро-

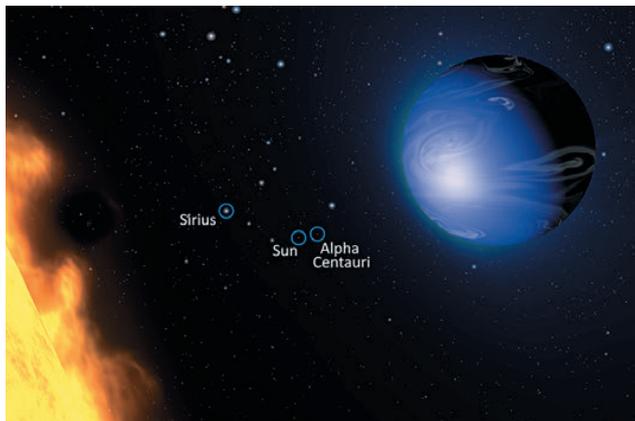


▲ Протопланетный диск вокруг TW Гидры

вания планет, предполагающая, что часть диска становится гравитационно-нестабильной и коллапсирует. В таком случае планета может сформироваться всего лишь за несколько тысяч лет.

И еще одно потрясающее открытие: астрономы, занимающиеся обработкой изображений «Хабббла» в видимом диапазоне, определили цвет экзопланеты, вращающейся вокруг звезды на расстоянии 63 св. лет от Солнца. Планета HD 189733b является одной из ближайших транзитных (пересекающих диск своей звезды) экзопланет.

Видовой спектрограф STIS Космического телескопа зафиксировал изменение блеска и цвета звезды, когда планета проходила за ней. «Мы увидели, как свет становится менее ярким в синей части спектра, но не в зеленой или красной, – сообщил Фредерик Понт (Frederic J. Pont), член исследовательской группы из Эксетерского университета в Юго-Западной Англии. – Это означает, что объект, который исчез за звездой, был синего цвета». Ранее имелись наблюдения, согласно которым планеты звезды HD 189733 рассеивают синие лучи. Теперь наблюдения «Хабббла» позволили их подтвердить.



▲ Планета HD 189733b

Своим цветом HD 189733b напоминает Землю, но на этом сходство заканчивается. Планета относится к классу «горячих юпитеров» – газовых гигантов, вращающихся на очень близком расстоянии от своих звезд. Наблюдения «Хаббла» позволили построить модели химического состава и структуры облаков данного класса экзопланет.

HD 189733b была открыта в 2005 г. Она находится на расстоянии всего 4,6 млн км от своей звезды и всегда повернута к светилу одной стороной, а ее температура близка к +1000°C. В 2007 г. ученые с помощью космического телескопа Spitzer измерили поток инфракрасного излучения, исходящего от HD 189733b, что позволило составить одну из первых температурных карт экзопланеты. Температура на ее дневной и ночной стороне различается на 250°, что должно вызывать сильнейшие ветра.

Синий цвет создают вовсе не океаны, а туманная раскаленная атмосфера, содержащая высокие облака из частиц кремния. Кремний, конденсирующийся при высокой температуре, может образовывать очень маленькие капли вулканического стекла, которые рассеивают синий свет в большей степени, чем красный. Согласно моделям, на планете должны идти дожди из вулканического стекловидного материала и дуть ветра со скоростью 7000 км/ч.

Обнаружение облаков в атмосфере «горячего юпитера» имеет решающее значение для понимания астрономами физических и климатологических особенностей планет данного типа.

Однако, как выяснилось, в атмосферах экзопланет можно обнаружить не только экзотические кремниевые облака, но и самый обычный *водяной пар*! Используя мощное «зрение» Космического телескопа, две группы ученых смогли различить слабые линии воды в спектрах атмосферы пяти экзопланет.

Ранее уже сообщалось о присутствии воды в атмосферах планет у других звезд, но в этом исследовании впервые убедительно (с большой степенью достоверности) измерены и сопоставлены профили и интенсивности сигнатур на примере нескольких миров.

Все пять планет – WASP-17b, HD 209458b, WASP-12b, WASP-19b и XO-1b – являются «горячими юпитерами» и обращаются на близком расстоянии от своих звезд. Интенсивность сигнатур воды у них различна. Самые сильные сигналы наблюдались у WASP-17b, планеты с чрезвычайно «раздутой» атмо-

ферой, и HD 209458b. Сигнатуры, зарегистрированные у остальных трех планет – WASP-12b, WASP-19b и XO-1b, также указывали на присутствие воды.

«Мы абсолютно уверены, что видим сигнатуру воды в спектрах атмосфер нескольких планет, – торжествует Ави Мэнделл (Avi Mandell), ученый, занимающийся изучением планет, из Центра космических полетов имени Годдарда, и ведущий

автор статьи, опубликованной в декабре 2013 г. – Данная работа позволяет сравнить содержание воды в атмосферах разных типов экзопланет, например более горячих в сравнении с более холодными».

Данное конкретное исследование вошло в виде отдельной части в общую работу по атмосферам экзопланет, выполненную под руководством Дрейка Деминга (L. Drake Deming) из Университета Мэриленда в Колледж-Парке.

Обе группы использовали данные, полученные широкоугольной камерой WFC3, установленной на телескопе Хаббла с целью подробно изучить процесс поглощения излучения, проходящего через атмосферу планет. Наблюдения проводились в линии ИК-спектра, где вода, если она есть, должна проявиться. Группы ученых сравнивали формы и интенсивности профилей поглощения, и неизменная картина сигнатур внушала уверенность, что они видят воду.

«На самом деле обнаружить атмосферу у экзопланеты – необычайно трудное дело. Но мы смогли выделить очень чистый сигнал, и это вода», – констатирует Деминг, группа которого представила в сентябре 2013 г. результаты для планет HD 209458b и XO-1b.

Группа Деминга применила новую методику с более продолжительной экспозицией, что существенно повысило чувствительность проводимых измерений. Чтобы определить, какие элементы входят в состав атмосферы экзопланеты, астрономы наблюдают прохождение планеты по диску ее материнской звезды и отмечают, на каких длинах волн излучение проходит беспрепятственно, а на каких частично поглощается.

Признаки воды были выражены менее четко, чем предполагалось, и исследователи подозревают, что слой дымки или пыли закрывает каждую из пяти планет. Такая дымка вполне может уменьшить интенсивность всех сигналов, поступающих из атмосферы, подобно тому, как туман делает цвета на фотографии более приглушенными. При этом дымка изменяет профили сигналов воды и других важных молекул характерным образом.

«Эти исследования в сочетании с другими наблюдениями «Хаббла» обнаруживают поразительно большое число систем, сигнал воды у которых либо ослаблен, либо полностью отсутствует, – говорит Хизер Кнутсон (Heather A. Knutson) из Калифорнийского технологического института, соавтор статьи, представленной Демингом. – Это дает основания предположить, что облачность или присутствие дымки в атмосфере на самом деле является довольно распространенным явлением для горячих юпитеров».

## Звезды

Ученые под руководством Харви Ричера (Harvey B. Richer) из Университета Британской Колумбии в Ванкувере (Канада), проанализировали наблюдения Hubble за восемь лет и впервые смогли определить *возраст звезд в шаровом скоплении* по их орбитальному движению. До сих пор возраст звезд скопления астрономы определяли исключительно на основании изучения их спектров. Разница в химическом составе отдельных звезд заставляла предполагать несколько этапов их образования.

Анализ проводился для шарового скопления 47 Тукана, находящегося на расстоянии в 16 700 св. лет от Солнечной системы. Несмотря на скромные размеры в 120 св. лет в поперечнике, в него входит более 30 тысяч звезд. Возраст 47 Тукана – 10,5 млрд лет; как и прочие шаровые скопления, оно является реликтом ранней Вселенной.

Ричер и его команда наблюдали скопление с помощью камеры ACS, чтобы определить светимость и температуру отдельных звезд. Они также использовали 754 архивных снимка, чтобы измерить орбитальные движения более чем 30 000 светил. Сравнение двух типов данных позволило установить, что все звезды скопления делятся на две большие группы. К первой относятся красные звезды – самые древние, наименее обогащенные тяжелыми химическими элементами. Их орбиты близки к круговым и случайно ориентированы. Ко второй популяции следует отнести голубые звезды – более молодые, с более высокой концентрацией элементов тяжелее гелия и вытянутыми орбитами. Разница в возрасте первых и вторых не превышает 100 млн лет.

Первое поколение «запечатлело» исходную динамику газа, из которого оно образовалось. Эти звезды обладают своего рода памятью о характере своих движений «в молодости». Отсутствие в них тяжелых



▲ Космическая гусеница

элементов обусловлено начальным составом вещества, из которого сформировалось скопление.

«Красное поколение отражает начальное движение газа, сформировавшего скопление», – уточняет Харви Ричер. После того, как самые массивные из них завершили свою эволюцию, произошли взрывы сверхновых, выбросившие в пространство продукты термоядерного синтеза. Они перемешались с уже имевшимся в скоплении веществом и вошли в состав второго, более химически разнообразного звездного поколения, в основном сконцентрированного вблизи центра кластера. С течением времени эти звезды постепенно мигрировали на периферию, на более вытянутые эллиптические орбиты.

Это уже не первый случай открытия телескопом Hubble нескольких поколений звезд в шаровых скоплениях. В 2007 г. исследователи обнаружили три типа «населения» в массивном шаровом скоплении NGC 2808. Однако за командой Ричера остается первенство в определении динамики отдельных звездных популяций. Это открытие может предоставить астрономам важную информацию, помогающую понять, как образовывались звезды в ранней Вселенной.

Активные процессы звездообразования наблюдаются и сейчас – и «Хаббл» изучает их различные стадии. Недавно телескоп сфотографировал узел из межзвездного газа и пыли длиной в один световой год, напоминающий гусеницу, спешащую на обед. Резкие ветра, идущие от чрезвычайно ярких звезд, обрушивают ультрафиолетовое излучение на этот объект, еще только собирающийся стать звездой, и придают ему вытянутую форму. Виновниками этого являются 65 горячих и ярких звезд класса O на расстоянии 15 св. лет от «гусеницы». Эти звезды в совокупности с пятью сотнями менее ярких звезд В-типа представляют собой звездную ассоциацию Лебедь OB2. По оценкам ученых, совокупная масса скопления более чем в 30 000 раз превосходит массу нашего Солнца.

Узел IRAS 20324+4057, напоминающий своей формой гусеницу, находится на расстоянии 4500 св. лет от нас и является протозвездой на очень ранней эволюционной стадии. Протозвезда все еще находится в процессе сбора материала из газовой оболочки, окружающей ее. Однако эта оболочка разрушается под действием излучения, идущего от OB2. Протозвезды в этой области

со временем превратятся в молодые звезды с конечной массой примерно от одной до десяти масс нашего Солнца. Однако в том случае, если излучение ближайших ярких звезд разрушит газовую оболочку раньше, чем протозвезда успеет завершить процесс набора нужной массы, ее конечная масса может быть гораздо меньшей.

Спектроскопические наблюдения за центральной звездой объекта IRAS 20324+4057 показывают, что она все еще довольно активно собирает материал из внешней оболочки, и только время покажет, сможет ли формирующаяся звезда стать «тяжеловесом».

Забавно, но недавно образовавшиеся звезды *воплне могут «чихать»*: «Хаббл» показал ученым такую «чихающую звезду» V633 Кассиопеи. Наблюдая за ней в течение нескольких лет, можно заключить, что это не одно «чиханье», а целая их серия. Молодая звезда выстреливает горячим газом с огромной скоростью, пока наконец не исчерпает себя. Выбросы газа формируют турбулентную среду, создавая структуры, называемые объектами Хербига-Аро.

Эти выбросы, обязанные своим происхождением магнитным полям вокруг формирующейся звезды, могут иметь такую же массу, как у нашей родной планеты, и сталкиваются с ближайшими облаками газа со скоростью сотни километров в секунду. При этом образуются ударные волны, например, U-образной формы, как на изображении, переданном «Хабблом». Удивительно, что, в противоположность большинству других астрономических явлений, эти выбросы происходят довольно быстро – их можно наблюдать в рамках «человеческой» временной шкалы. Вскоре «чиханье» этой звезды прекратится, и из нее со временем сформируется звезда, подобная Солнцу.

С помощью «Хаббла» астрономы могут заглянуть не только в прошлое, но и в будущее. Космический телескоп увидел, что ожидает наше Солнце в конце его «жизненного пути».

Примерно через 5 млрд лет запасы термоядерного топлива светила закончатся, и Солнце начнет расширяться, поглощая и сжигая ближайшие планеты, среди которых будет и Земля. В результате Солнце потеряет большую часть своего вещества – от него останется только плотное ядро, называемое белым карликом.

Как это будет происходить, астрономы узнали благодаря снимку «Хаббла». На изображении представлена гаснущая звезд-

да HD 184738, известная как водородная звезда Кэмпбелла. Она находится в центре небольшой планетарной туманности в созвездии Лебедя. На изображении видно, как светило, сравнимое по массе с Солнцем, окружено красноватыми «перышками»: их огненно-красные и оранжевые оттенки вызваны светящимися газами, включая водород и азот. Звезда находится в процессе сбрасывания своих внешних слоев.

HD 184738 относится к звездам типа WC, редкому классу звезд, схожих с их более массивными «собратьями» – горячими звездами Вольфа-Райе (названы в честь французских астрономов XIX столетия Шарля Вольфа и Жоржа Райе).

Масса звезд Вольфа-Райе примерно в 20 раз больше массы Солнца, при этом они активно теряют свое вещество. Звезды класса WC – это звезды типа Солнца в конце жизненного пути. После того, как они сбрасывают большую часть первоначальной массы, их ядра продолжают терять ее с большой скоростью, создавая горячий ветер. Именно этим они напоминают звезды Вольфа-Райе, но при этом в составе ветра звезд класса WC преобладают углерод и кислород, а некоторые (не все!) звезды Вольфа-Райе богаты азотом.

HD 184738 также является очень яркой в инфракрасной части спектра. Она окружена пылью, очень похожей на вещество, из которого формируются планеты вроде Земли. Однако что это за вещество на самом деле – неизвестно.



▼ Звезда HD 184738

## Дальний космос

Благодаря наблюдениям Космического телескопа имени Хаббла была решена 40-летняя научная загадка. Речь идет о происхождении Магелланова потока – ленты газа длиной с половину Млечного пути. Большое и Малое Магеллановы облака, два карликовых спутника нашей Галактики, находятся в «голове» газового потока.

Магелланов поток открыли в начале 1970-х годов при помощи радиотелескопов, и тогда же исследователи задались вопросом о происхождении гигантской газовой ленты на краю нашей Галактики. Новые наблюдения «Хаббла» показывают, что основная часть вещества была «содрана» около 2 млрд лет назад с Малого Магелланова облака, а остальное – в более близкое к нам время с Большого.

Группа астрономов из Научного института Космического телескопа в Балтиморе исследовала состав вещества потока в шести



▼ Магелланов поток

отдельных зонах. Спектрограф COS «Хаббла» смотрел на свет далеких квазаров через газопылевую структуру Магелланова потока и по линиям поглощения в ультрафиолете установил, что в большинстве зон мало тяжелых элементов (таких как кислород и сера), как и в галактике-источнике. В то же время в части потока рядом с Магеллановыми облаками серы оказалось намного больше.

Так Эндрю Фокс (Andrew J. Fox) и его коллеги ответили на вопрос, который оставался открытым с момента обнаружения потока, а именно с 1970-х годов.

Открытий «галактического масштаба» на счету Космического телескопа много. Астрономы, использующие в своих исследованиях данные «Хаббла», рентгеновской обсерватории Chandra и телескопов наземного базирования, обнаружили, по всей вероятности, самую «плотно населенную» галактику в нашей части Вселенной.

Ультракompактная карликовая галактика, известная как объект M60-UCD1, заполнена колоссальным количеством звезд и, возможно, является самой плотной галактикой, ближайшей к Земле. Объект, возраст которого составляет приблизительно 10 млрд лет, находится возле массивной эллиптической галактики NGC 4649, также именуемой M60, на расстоянии около 54 млн св. лет от нас. На основании данных, полученных с помощью 10-метрового телескопа гавайской Обсерватории имени Кека (W. M. Keck Observatory), ученые пришли к выводу, что M60-UCD1 является самой яркой из известных галактик такого типа и одной из самых массивных. Масса ее в 200 млн раз превосходит массу нашего Солнца.

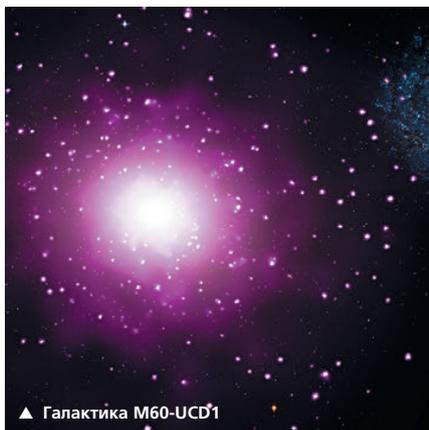
Что делает объект M60-UCD1 особо примечательным? Оказывается, приблизительно половина всей массы находится в радиусе всего лишь около 80 св. лет. Плотность звезд там приблизительно в 15 000 раз выше, чем в ближайшем окружении Солнца, а сами звезды расположены в среднем в 25 раз ближе друг к другу.

«Путешествовать от одной звезды к другой в галактике M60-UCD1 было бы намного проще, чем в нашей Галактике, но даже при условии использования самых современных технологий это заняло бы сотни лет», — разъясняет Джей Страдер (Jay Strader), специалист Университета штата Мичиган в Лансинге и ведущий автор статьи, где представлено это исследование.

Для определения количества элементов тяжелее водорода и гелия в составе звезд

галактики M60-UCD1 использовался 6.5-метровый многозеркальный телескоп MMT, установленный в штате Аризона. Полученные величины оказались близки к параметрам нашего Солнца.

«Обилие тяжелых элементов в этой галактике создает благоприятные условия для процесса производства планет и теоретически для зарождения жизни», — добавляет соавтор работы Анил Чандра Сет (Anil Chandra Seth) из Университета Юты.



▲ Галактика M60-UCD1

Другая интересная особенность галактики M60-UCD1 — присутствие яркого компактного источника рентгеновского излучения в ее центре, который был обнаружен при анализе данных, полученных с помощью телескопа Chandra. Ученые полагают, что он представляет собой гигантскую черную дыру, масса которой приблизительно в 10 млн раз больше массы нашего Солнца.

Астрономы хотят получить ответ на вопрос: сразу ли галактика M60-UCD1 сформировалась как плотно упакованное скопление, или она приобрела более компактную форму, когда происходил процесс вырывания звезд из нее? Если появление компактного рентгеновского источника действительно связано с массивной черной дырой, то, скорее всего, она образовалась при столкновении галактики M60-UCD1 с одной или большим числом находящихся поблизости

галактик. В пользу теории, утверждающей, что данная галактика является остатком другой, существенно более массивной, также говорит большая масса объекта и большое количество тяжелых элементов (тяжелее водорода и гелия).

«Мы считаем, почти все звезды были вырваны из наружной оболочки того, что когда-то представляло собой значительно более крупную галактику, — поясняет Дункан Форбс (Duncan A. Forbes), соавтор из Университета Суинбёрна в Австралии. — После этого остается только очень плотное ядро бывшей галактики и чрезмерно массивная черная дыра».

Если такое «раздевание» происходило на самом деле, то первоначальная масса галактики в 50–200 раз превышала ту, которую она имеет сейчас. При этом условия масса ее черной дыры уже не выглядит чрезмерной и соответствует тому, что наблюдается во Млечном Пути и многих других галактиках. Возможно, «раздевание» имело место в очень далеком прошлом, и галактика M60-UCD1 сохраняет текущие размеры в течение нескольких миллиардов лет.

Столкновения галактик — вовсе не фантазия ученых: Космический телескоп наблюдает их и сегодня. Галактики Антенны (NGC 4038 и NGC 4039) — одна из самых близких к нам и, вероятно, самая красивая пара взаимодействующих галактик. Ничего удивительного, что «Хаббл» снимал их в 1997 г. камерой WF/PC-2 и вновь в 2006 г. камерой ACS. Наиболее качественные изображения были получены камерой WFC3 после последнего ремонта обсерватории в 2009 г.

Галактики Антенны некогда были обычными спиральными галактиками наподобие нашего Млечного Пути. Но, образовавшись относительно недалеко друг от друга, они были обречены. Силы гравитации сблизали пару, пока несколько сот миллионов лет назад не началось столкновение, больше напоминающее танец.

Огромное количество звезд оказалось выброшенным из своих галактик, образовав неправильной формы приливные хвосты. В это же время холодные и разреженные облака межзвездного газа столкнулись, уплотнились и послужили началом новым звездам,



▼ Столкновение галактик

▲ Скопление галактик MACS J0454.1-0300

среди которых множество очень ярких и горячих. Их излучение разогрело облака газа и заставило их светиться. Темп звездообразования в этой системе настолько высок, что вскоре (по космическим меркам) почти весь свободный газ превратится в новые светила. В конце концов ядра двух галактик сольются, и объединение завершится – возникнет новая эллиптическая галактика.

Во Вселенной можно найти и более массивные, чем «звездные острова», структуры: это *скопления галактик*, связанных между собой силами гравитации. На одном из изображений «Хаббла» запечатлено одно из таких скоплений, известное как MACS J0454.1-0300. Каждое из пятен на снимке представляет собой галактику, являющуюся домом для многих миллионов или даже миллиардов звезд.

Астрономы определили массу MACS J0454.1-0300: она составляет около 180 триллионов солнечных масс. Скопления, подобные этому, настолько массивны, что их гравитация может даже изменить поведение пространства вокруг них, изгибая путь проходящего света, усиливая его и действуя как космическая линза. Благодаря этому эффекту можно видеть объекты, расположенные так далеко от нас, что без этого «увеличения» смотрелись бы слишком тусклыми и остались необнаруженными.

В данном случае несколько объектов, по всей видимости, значительно удлинены и выглядят как широкие дуги в левой части изображения. Это галактики, расположенные на огромном расстоянии позади кластера: их изображение было не только увеличено, но и искажено, поскольку их свет проходит через MACS J0454.1-0300. Процесс, известный как гравитационное линзирование, является чрезвычайно ценным инструментом для астрономов, так как позволяет видеть очень отдаленные объекты.

«Хаббл» наблюдает в дальнем космосе и такие объекты, как *квазары*, или «квазизвездные радиоисточники». 1960-е годы ознаменовались открытием двух типов астрономических объектов, которые сейчас часто именуется «экзотическими» – квазаров и пульсаров. И те, и другие сыграли большую роль в нашем понимании физических процессов, протекающих в самых экстремальных условиях во Вселенной – вблизи черных дыр и на нейтронных звездах.

Первые квазары были обнаружены в радиодиапазоне как мощные по астрономи-

ческим меркам радиоисточники, но в оптические телескопы они выглядят похожими на обычные, хотя и тусклые, звезды – отсюда и название. На самом деле квазары не являются звездами; это яркие и очень активные ядра галактик, расположенных на расстояниях в миллиарды световых лет от Земли.

Недавно «Хаббл» сфотографировал самый яркий и один из самых близких и известных квазаров – 3C 273, который находится в созвездии Девы. Он стал первым открытым объектом такого рода; в начале 1960-х годов его обнаружил астроном Аллан Сэндидж (Allan R. Sandage). Расстояние до него составляет примерно 2.5 млрд св. лет, а блеск, равный  $13^m$ , позволяет увидеть его в средних

размеров любительский телескоп (хотя и без каких-либо подробностей).

Колоссальные расстояния до квазаров делают эти объекты тусклыми. На самом деле они способны излучать в сотни и даже в тысячи раз более интенсивно, чем большие галактики, что автоматически делает их самыми яркими объектами во Вселенной. К примеру, если бы квазар 3C 273 был расположен в 30 св. годах от Солнца – примерно в семь раз дальше, чем Проксима Центавра, – то выглядел бы на небе таким же ярким, как наше светило!

Что подпитывает квазары энергией и заставляет так интенсивно излучать в разных диапазонах спектра? Сегодня астрономы сходятся во мнении, что в центре квазара находится сверхмассивная черная дыра, всасывающая в себя вещество – звезды, газ и пыль. Падая на черную дыру, материя формирует огромный диск, где разогревается от трения и действия приливных сил до гигантских температур. Именно свечение этих дисков и наблюдают астрономы в разных диапазонах спектра – от радио до рентгеновского и даже в гамма-диапазоне.



▲ Квазар 3C 273

В некоторых случаях не все вещество диска падает на черную дыру. Небольшая часть оказывается выброшенной с огромной скоростью в виде двух полярных струй или джетов. На снимке «Хаббла» один из таких джетов виден слева от 3C 273 как белая изогнутая нить. Его длина составляет фантастические 200 000 св. лет – вдвое больше размеров нашей Галактики! Механизм образования джетов выяснен пока не полностью. Скорее всего, они образуются под влиянием магнитного поля черной дыры.

## В глубины Вселенной

3 июня 2014 г. NASA опубликовало наиболее полную и красочную картину эволюционирующей Вселенной из всех когда-либо имевшихся (в заголовке статьи). Речь идет о так называемой ультраглубокой площадке UDF (Ultra Deep Field), отснятой «Хабблом» в УФ-диапазоне.

Благодаря ультрафиолетовым камерам телескопов, таких как обсерватория GALEX, астрономы уже многое знали о звездообразовании, происходящем в соседних галактиках. Кроме того, пользуясь возможностью «Хаббла» вести наблюдения в ближнем инфракрасном и видимом спектрах, они исследовали процесс рождения новых звезд в наиболее отдаленных галактиках. Мы видим эти далекие галактики на самых начальных стадиях эволюции, так как свету потребовалось огромное количество времени, чтобы добраться до нас.

Однако для полного понимания процесса звездообразования не хватало данных о временном отрезке между 5 и 10 млрд св. лет от нас, соответствующем периоду времени, когда образовалась значительная часть звезд во Вселенной. Самыми горячими, самыми массивными и молодыми звездами, которые испускают свет в ультрафиолетовом спектре, часто пренебрегали в качестве объектов непосредственного наблюдения, оставляя существенный пробел в наших знаниях о космической шкале времени.

Для изучения «населения» дальнего космоса и была выделена площадка UDF в южном созвездии Печи. Съемка ее велась в период с 2003 по 2012 г. на протяжении 841 витка «Хаббла» вокруг Земли, при этом до 2009 г. съемка велась только в видимом и ИК-диапазоне. Нынешнее композитное изображение на базе снимков, выполненных с помощью камер ACS и WFC3, добавило данные в ультрафиолетовом диапазоне. Таким образом, ученые смогли объединить всю палитру цветов, доступных Космическому телескопу, – от ультрафиолетового до ближнего инфракрасного.

Полученное изображение содержит приблизительно 10 000 галактик, время образования которых восходит к эпохе в первые несколько сотен миллионов лет после Большого взрыва.

Съемка глубокого космоса с помощью WFC3 в ультрафиолетовом спектре открыла ученым возможность непосредственного наблюдения незатененных областей звездообразования. Это поможет в полной мере понять, как формируются звезды. Производя наблюдения на этих длинах волн, можно непосредственно увидеть, в каких галактиках происходит звездообразование и, что не менее важно, где именно формируются звезды. Это позволяет астрономам выяснить, каким образом галактики, подобные Млечному Пути, выросли в размерах от небольших объединений очень горячих молодых звезд до массивных структур, какими они являются сегодня.

Ультрафиолетовые обзоры неба крайне важны для планирования эксплуатации Космического телескопа имени Джеймса Вебба (JWST). «Хаббл» – единственный аппарат, способный в настоящее время получать ультрафиолетовые данные, которые ученые впоследствии объединят с инфракрасными данными от JWST.

**28** июня в 08:45 по местному времени (18:45 UTC) на полигоне ВМС США на острове Кауаи (Гавайские о-ва) начался эксперимент NASA под названием «Сверхзвуковое тормозное устройство низкой плотности» LDSD (Low-Density Supersonic Decelerator). В ходе его аппарат, по форме напоминающий пресловутую «летающую тарелку», в центральной части которого был закреплен твердотопливный разгонный двигатель, стартовал с высотного аэростата.

Целью стратосферных испытаний стала демонстрация технологий надувных тормозных устройств и сверхзвуковых парашютов, которые предполагается использовать в марсианских миссиях будущего. Необходимость их развития обусловлена большой массой будущих аппаратов: так, для выполнения пилотируемой экспедиции требуется мягкая посадка на поверхность планеты модулей массой 20 т и выше. До сего дня самым тяжелым аппаратом, мягко опустившимся на Марс, был ровер Curiosity: для уменьшения его скорости с подлетной до нуля применялась инновационная система, включающая большой тормозной экран, традиционный парашют, ракетное торможение системой Sky crane и спуск на тросе. Однако даже она способна посадить аппарат массой всего около тонны – гораздо меньше, чем потребуется в будущем.

NASA стремится использовать аэродинамическое сопротивление для торможения будущих КА, хотя это огромная проблема из-за крайне разреженной атмосферы Марса. В результате поисков решения задачи инженеры пришли к сверхзвуковому надувному аэродинамическому тормозному устройству SIAD (Supersonic Inflatable Aerodynamic Decelerator) и парашюту типа «сверхзвуковой дисковый парус» SSDS (Supersonic Disk Sail). Оба элемента должны работать на более высоких скоростях, чем любая предыдущая система, которая обеспечивала мягкую посадку аппаратов на Марс.

Испытываемые устройства позволят увеличить до 2–3 т полезный груз, доставляемый на Марс, поднять на 2–3 км\* допустимый уровень поверхности в точке посадки и снизить разброс точек посадки с 10 до 3 км.

Сверхзвуковой надувной аэродинамический тормоз – очень большая и прочная герметичная оболочка конической формы, которая раздувается вокруг спускаемого аппарата, чтобы увеличить площадь поверхности тормозного экрана, способного замедлить спуск в чрезвычайно разреженной марсианской атмосфере до скорости, соответствующей числу Маха от 3.5 до 2.0 или ниже. В стадии разработки находятся два подобных устройства – одно шестиметрового (SIAD-R) и одно восьмиметрового (SIAD-E) диаметра.

Дискообразный аппарат LDSD имеет диаметр 4.7 м и стартовую массу 3120 кг, включая твердотопливный двигатель Star-48B. Аппарат оснащен рядом датчиков и приборов для исследования каждого аспекта полета и тестирования систем. Аэростат общим объемом 0.96 млн м<sup>3</sup> предоставил Летный полигон Уоллопс.

*\* Современные зонды вынуждены садиться в марсианских низинах, где плотность атмосферы выше; увеличение высоты места посадки резко расширяет диапазон возможных районов посадки.*



## Испытан надувной тормоз для посадки на Марс

### Задачи и уроки

Целью первого из трех запланированных испытаний была отработка экспериментального аппарата при полете на больших высотах и скоростях. Испытания надувного устройства и парашюта считались факультативной задачей.

Подготовка к эксперименту началась 17 апреля. Пуск первоначально планировался в период с 3 по 14 июня, однако не состоялся из-за неблагоприятных метеословий. Новый пусковой период начался 28 июня.

Испытания начались с подготовки аэростата. После заполнения оболочки гелием и окончательной проверки в 08:45 воздушный шар был освобожден. Как только он поднялся на высоту пусковой башни, освободился и сам LDSD, закрепленный до этого на башне.

По мере подъема до 120 000 футов (37 км), высоты начала эксперимента, где плотность земной атмосферы сопоставима с марсианской, аэростат все больше и больше увеличивался в размерах. По расчетам, добравшись до своего «потолка», он достиг 140 м в диаметре и 120 м в высоту.

В 11:06 UTC на борт аэростата была направлена команда сбросить экспериментальный аппарат, и LDSD отправился в самостоятельный полет. Видеокамера из гондолы показала «тарелку», уходящую вниз; четыре дополнительные камеры GoPro, установленные в различных местах аппарата, фиксировали важные события полета.

Через доли секунды после начала падения включились четыре двигателя закрутки, которые стабилизировали аппарат вращением. Затем запустился двигатель Star-48B: за 66 сек он разогнал LDSD до скорости, соответствующей числу  $M=3.8$  и поднял на высоту 180 000 футов (55 км). После этого были включены четыре двигателя остановки вращения.

Вблизи апогея траектории аппарат развернул надувной «тормоз» SIAD-R диаметром 6 м. Надувная оболочка затормозила его до числа  $M=2.5$ . По достижении этого значения по команде инерциального измерительного блока был выпущен сверхзвуковой «диско-

вый парус» диаметром 30.5 м – самый большой на сегодня парашют, изготовленный для применения на Марсе. Он примерно в два раза больше купола, с помощью которого Curiosity совершил свою успешную посадку в 2012 г. Видеозапись показала, что парашют, к сожалению, полностью не раскрылся. Купол смог несколько замедлить аппарат для приводнения, но в целом демонстрация парашюта в сверхзвуковых условиях не была успешной. LDSD приводнился со скоростью около 20 м/с (по другим данным, около 30 м/с) в Тихом океане в 11:35, примерно через 30 мин после отделения от аэростата.

В район приводнения были снаряжены два поисково-спасательных самолета, которые определили место посадки. Несмотря на то, что сверхзвуковой парашют не раскрылся, при приводнении надувной экран не получил значительных повреждений. Он остался на плаву, демонстрируя сохранность и герметичность.

Направленные к месту приводнения катера увеличили из воды LDSD, а также его «черный ящик», который был отделен еще на спуске. Его спасение имело решающее значение: записанные с высокой частотой опроса показания приборов и видео высокого разрешения были важны для технической оценки эксперимента.

Авария парашюта создавала впечатление неудачи, хотя в действительности основные цели проверки конструкции в полете были достигнуты. Уроки, извлеченные из проблемы с парашютом, будут учтены при подготовке двух «боевых» испытаний летом 2015 г.

В самой технологии аэростатных испытаний нет ничего нового: примерно так же проверялись, например, прототипы посадочных модулей станций Viking, высадившихся на Марсе в 1976 г. Испытания надувных «тормозов» SIAD с 2012 г. проводятся в аэродинамической трубе. Стратосферным полетам предшествовал этап тестирования на ракетной тележке и запуски масштабных прототипов на зондирующих ракетах. Аппарат LDSD стал, по сути дела, испытательным стендом для SIAD и SSDS.



# Несостоявшаяся «Заря»

И. Афанасьев, Д. Воронцов  
специально для «Новостей космонавтики»

Многоразовые пилотируемые космические корабли обычно ассоциируются с крылатыми системами типа Space Shuttle или «Буран». Бескрылые встречаются гораздо реже. Из летавших к ним можно отнести лишь советский возвращаемый аппарат (ВА) транспортного корабля снабжения (ТКС) орбитального комплекса «Алмаз» с парашютно-реактивной системой посадки. И уж совсем экзотикой выглядят корабли с чисто реактивной посадкой. До недавнего времени они оставались лишь в проектах, вызывая интерес у одной части экспертов и недоверие у другой. Сейчас «мода» на реактивную посадку растет: такая концепция использована в проектах американского корабля Dragon V2 фирмы SpaceX (НК №7, 2014 с.18 – 22) и ранних вариантов российского перспективного транспортного корабля нового поколения (ПТК НП) разработки РКК «Энергия» (НК №1, 2009, с.24 – 27). Однако история попыток создать пилотируемый космический аппарат вертикальной реактивной посадки насчитывает уже не один десяток лет.

**Н**а первый взгляд, реактивная посадка нужна лишь для приземления на безатмосферные небесные тела (такие как Луна и астероиды) или планеты с крайне разреженной атмосферой вроде Марса. На «воздушную» Землю или «своенравную» Венеру проще садиться с помощью парашюта или крыла\*. Однако для обеспечения многократности использования космического аппарата оба эти способа имеют существенные недостатки.

Посадка на парашютах проста, надежна и отработана, не требует больших затрат массы, но точность приземления в этом случае не всегда приемлема. Ограничения по возможности приземления в заданном районе зависят не столько от конструкции корабля и продолжительности участка парашютирования (хотя они, безусловно, влияют на точность), сколько от параметров траектории в момент входа в атмосферу и характеристик системы управления спуском, которые обычно основаны на алгоритме попадающих траекторий и инерциальной навигации. После прохождения плазменного участка спуска и перед вводом парашюта отклонения от номинала при самом благоприятном раскладе составляют порядка 25% от максимально возможного рассеивания. Это можно решить путем использования алгоритма терминального наведения совместно с аппаратурой

спутниковой навигации, а ветровой снос парашюта довольно неплохо учитывается с помощью точного метеопрогноза (скорость и направление ветра по высотам). И все же приходится признать, что парашютная посадка в принципе не совместима с высокой (порядка 1 км) точностью приземления.

Эвакуация экипажа и матчасти кораблей с малыми возможностями по управлению участком входа в атмосферу (а также сошедших в баллистический спуск), у которых неопределенность расчета координат посадки гораздо выше, требует организации сложных операций поиска и спасения с привлечением больших ресурсов.

Для повторного использования спускаемый аппарат необходимо донести до места встречи с землей в максимально целостном виде и посадить, не разрушив его отдельные элементы и не причинив вреда экипажу. Ударные перегрузки при приземлении зависят от жесткости посадочной площадки и скорости в момент ее касания. Американские бескрылые корабли садятся на относительно мягкую воду в океане, но даже в этом случае приходится максимально возможно уменьшать скорость парашютирования. Проще всего увеличивать площадь парашюта, но это не всегда рационально\*\*. Отечественные разработчики нашли оптимальный вариант за счет ввода в конструкцию двига-

телей мягкой посадки, которые перед самой землей снижают остатки скорости до нуля.

В силу низкой точности при снижении на парашюте над сушей посадка может произойти на поверхность произвольного рельефа. В большинстве случаев это ведет к опрокидыванию аппарата. Корабль достаточно крупных размеров может деформироваться. Разумеется, говорить о многократном использовании конструкции после такого приземления трудно, если вообще возможно.

Крылатые аппараты садятся на заранее подготовленные ВПП. Спуск происходит по траектории, которую в большинстве случаев можно скорректировать средствами аэродинамического управления корабля. Перегрузки при входе в атмосферу невелики, полет комфортабелен, вертикальная скорость при касании посадочной площадки мала – идеальный, казалось бы, вариант для многоразового корабля. Однако крыло, нужное для спуска и посадки, становится мертвым грузом при выведении и орбитальном полете. Особенно с учетом того факта, что его обширную поверхность приходится покрывать теплозащитой. К крылу еще прилагается фюзеляж, рассчитанный на большие изгибные нагрузки, хвостовое оперение, аэродинамические органы управления и посадочное шасси. В общем крыло в космосе – отнюдь не панацея: тяжело и дорого.

Реактивная посадка на этом фоне кажется оптимальным решением. Обладая точностью приземления, сопоставимой с самолетной, спускаемый аппарат не нуждается в крыльях, сохраняя компактную и хорошо изученную аэродинамическую формулу капсулы. Правда, для того чтобы погасить скорость более 100–150 м/с\*\*\*, требуются двигатели и топливо. Их масса существенно выше, чем у парашютов, но заметно меньше,

\* В некоторых случаях бывает достаточно даже бескрылого корабля с несущим корпусом, если он обладает способностью выполнять горизонтальную планирующую посадку на взлетно-посадочную полосу (ВПП) аэродрома (НК №10, 2007, с.24-27). Можно также вспомнить и экзотику типа авторо-тирующей посадки на вертолетном винте, но здесь технические проблемы настолько сложны, что рассматривать этот способ в качестве реального метода приземления преждевременно.

\*\* Во-первых, с какого-то момента масса парашюта растет быстрее, чем падает скорость снижения; во-вторых, при увеличении площади многократно множатся трудности, связанные с упомянутым выше ветровым сносом.

\*\*\* Равновесная скорость свободного падения в земной атмосфере плюс запас на предпосадочное маневрирование.

чем у крыла. Точность посадки и небольшие нагрузки при приземлении открывают путь к повторному использованию, причем не исключено что, за меньшую стоимость, чем у крылатых кораблей. Появляется возможность исключить дорогостоящие поисково-спасательные операции, характерные для спуска аппаратов капсульного типа.

Подобные выводы были сделаны полвека назад, правда, применительно к многоразовым одноступенчатым ракетным системам. Достаточно вспомнить проекты американского инженера Филипа Боно (Philip Bono) или не столь давние – 1990-х годов – полеты демонстратора DC-X (НК № 10, 2013, с.57-58). В Советском Союзе реактивная посадка рассматривалась применительно к спасению блоков первой ступени частично-многоразовой ракетно-космической системы «Подъем», проектировавшейся в куйбышевском ЦСКБ в первой половине 1970-х. В качестве посадочных рассматривались турбореактивные двигатели РД-36-35, применявшиеся на Як-36 – прототипе первого советского серийного самолета вертикального взлета и посадки Як-38. Возвращаемые блоки «Подъема» предполагалось оснастить системой управления и посадочными опорами, приспособленными для приземления, в том числе на пересеченной местности.

Идея реактивной посадки была воспринята и создателями пилотируемых космических аппаратов. Одним из первых стал проект многоразового корабля «Заря» (14Ф70), разрабатывавшегося в НПО «Энергия» в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 27 января 1985 г. С учетом обычной советской практики подготовки директивных документов на основе наборок, подтверждающих реальность проекта, можно предположить, что работа началась задолго до выхода постановления. Известно, что, кроме кораблей на базе «Союза» (пилотируемые «Союз-Т» и -ТМ и беспилотные «Прогресс» и «Прогресс-М»), специалисты предприятия в подмосковных Подлипках неоднократно предлагали проекты различных аппаратов, рассчитанных на более мощные носители, чем королёвская «семерка», но менее дорогих, чем орбитальный корабль «Буран». В рамках отдельных научно-исследовательских работ рассматривалась и реактивная посадка, в том числе на воздушно-реактивных двигателях. Все эти наборок и «вылились» в итоге в проект транспортного корабля «Заря».

Инициатором, руководителем и главной движущей силой проекта был К.П.Феоктистов. Работа проводилась под личным контролем генерального конструктора НПО

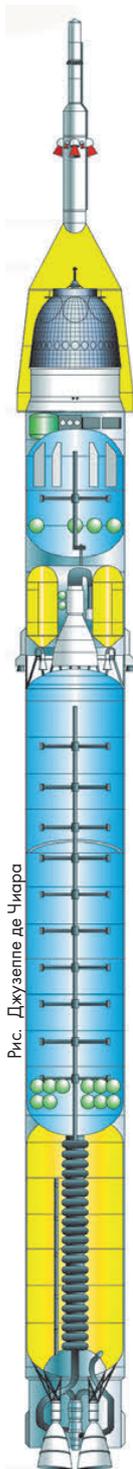


Рис. Джузеппе де Чира

«Энергия» В.П.Глушко. 22 декабря 1986 г. Комиссия по военно-промышленным вопросам при Совмине СССР (ВПК) приняла решение о выпуске эскизного проекта на корабль «Заря». Он должен был создаваться в два этапа. На первом разрабатывался базовый многоразовый пилотируемый транспортный корабль, на втором – его модификации для решения специальных задач в автономных и совместных с другими космическими аппаратами полетах в широком диапазоне высот и наклонений (до 97°) орбит.

Эскизный проект базового корабля был выпущен в 1-м квартале 1987 г. и защищен на Научно-техническом совете (НТС) Министерства общего машиностроения. В целом проект был одобрен, но получил ряд замечаний, которые послужили основой для коррекции, выполненной к маю 1988 г. На совместном заседании НТС Минобщмаша и Главного управления космических средств (ГУКОС) Министерства обороны было принято решение о продолжении работы над «Зарей».

Размерность корабля была выбрана в соответствии с энергетикой РН «Зенит-2», которая должна была стать штатным носителем «Зари». Кроме того, корабль мог размещаться в грузовом отсеке «Бурана» (11Ф35).

Базовый многоразовый корабль «Заря» предназначался для решения нескольких основных задач:

- ◆ доставка экипажей и полезных грузов на постоянно действующие орбитальные станции типа «Мир» с последующим возвращением на Землю;
- ◆ дежурство на станции для обеспечения спуска ее экипажа на Землю в нужный момент (допустимая длительность полета корабля – не менее 195 сут, с доработкой – до 270 сут);
- ◆ доставка и возвращение грузов в беспилотном варианте;
- ◆ операции по спасению экипажей пилотируемых объектов, например орбитальных станций и кораблей «Буран»;
- ◆ автономные полеты в интересах Минобороны и Академии наук СССР.

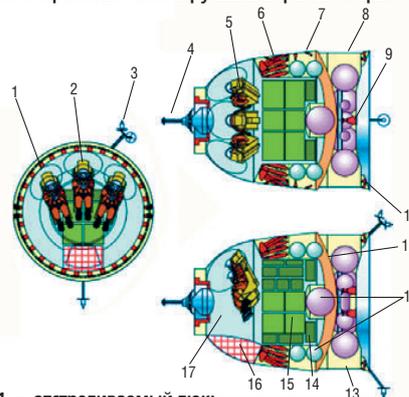
Доработанная конструкция должна была использоваться также для решения целевых задач на втором этапе. Корабль «Заря» оснащался перспективным андрогинно-периферийным агрегатом АПАС-89, который можно было использовать для стыковки как с орбитальной станцией «Мир», так и с многоразовым кораблем «Буран».

Основной задачей, стоящей перед специалистами «Энергии», было создание многоместного многоразового транспортного корабля снабжения. Для ускорения реализации проекта предполагалось использовать весь опыт, накопленный предприятием в предыдущих работах по пилотируемой и беспилотной космической технике.

Базовый корабль разрабатывался как многоцелевой и предусматривал возможность совместной работы с буксирами для широкого орбитального маневрирования, вплоть до гео-

стационарной орбиты\*. При этом изменение целевого назначения или вариации численности экипажа практически не затрагивали основную конструкцию и системы. В зависимости от задач корабль мог комплектоваться экипажем различной численности: в транспортном варианте – два-четыре человека, в варианте спасателя он мог быть беспилотным или иметь экипаж из одного-двух космонавтов, возвращая на Землю от двух-четырех (на первом этапе) до восьми человек (на втором). Вариант для монтажных и ремонтно-восстановительных работ мог иметь экипаж численностью два-три человека.

Многоразовый пилотируемый корабль «Заря»



- 1 – отстреливаемый люк;
- 2 – космонавт в катапультируемом кресле;
- 3 – антенны командной радиосвязи и связи с Землей;
- 4 – стыковочный агрегат;
- 5 – катапультируемые кресла;
- 6 – ЖРД объединенной двигательной установки (ОДУ);
- 7 – ЖРД системы управления;
- 8 – навесной отсек;
- 9 – двигательная установка орбитального маневрирования;
- 10 – ЖРД орбитальной ориентации и сближения;
- 11 – возвращаемый корабль;
- 12 – баки с топливом ОДУ;
- 13 – радиатор системы терморегулирования;
- 14 – приборы и агрегаты;
- 15 – перевозимые грузы;
- 16 – парашютный отсек

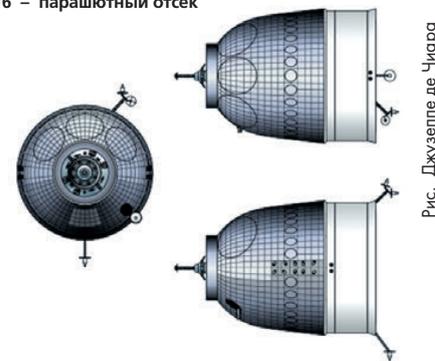


Рис. Джузеппе де Чира

В начале разработки корабль массой около 13 т задумывался полностью многоразовым и был «однодульным» – строился в виде большого спускаемого аппарата с малым аэродинамическим качеством и вертикальной посадкой. Он компоновался довольно консервативно: в верхней части находились выдвигной стыковочный узел и приборные отсеки, в средней размещалась кабина экипажа, в нижней располагались тяжелые агрегаты и посадочные двигатели с топливными баками (поначалу они же должны были использоваться в качестве двигателей орбитального маневрирования).

Для выхода реактивных струй в лобовом щите располагался открывающийся люк. К тому времени это решение было отработано (на экспериментальном американском корабле Gemini II и на ВА ТКС) и хорошо известно, но имело ряд минусов. Во-первых,

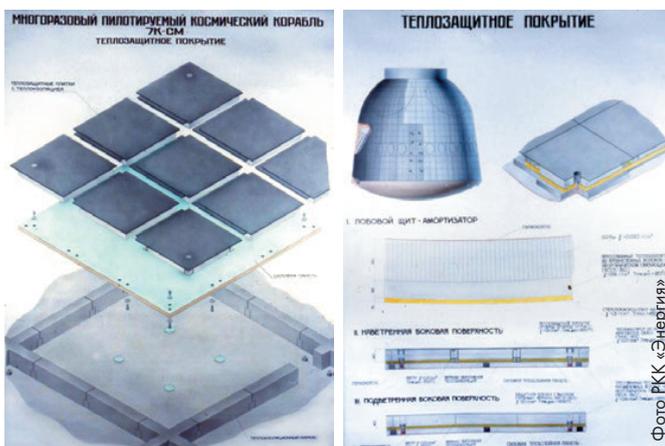
\* В данном случае в беспилотном варианте.

с момента аварии беспилотного корабля «Союз» («Космос-140»), который в феврале 1967 г. после повреждения лобового «щита» при входе в атмосферу и разгерметизации спускаемого аппарата утонул в Аральском море, у проектантов «Энергии» долгое время оставалось недоверие к любым манипуляциям с теплозащитным экраном, особенно в самых напряженных точках. Во-вторых, для того чтобы обеспечить необходимые газодинамические условия при посадке и не повредить корабль собственным выхлопом, нужны были довольно длинные посадочные опоры. И, в-третьих, размещение точки приложения тяги значительно ниже центра масс требовало создания достаточно мощных исполнительных органов системы управления.

Поэтому к разработке был принят альтернативный вариант компоновки. Двигательный отсек убрали из нижней части, подняли по высоте и расположили по периферии спускаемого аппарата, получившего название «Возвращаемый корабль» (ВК). Связку двигателей расположили вдоль образующей корпуса, обеспечив пересечение векторов тяги ЖРД существенно выше центра масс, повысив устойчивость и снизив потребные управляющие силы. В верхнем днище отсека, противоположном лобовому щиту, разместились тоннель с люком и стыковочный агрегат и иллюминаторы, в том числе с оптическими визирами для ориентации. На внутренних поверхностях откидных панелей расположили антенны.

Функцию орбитального маневрирования возложили на отдельную двигательную установку (ДУ), которую с рядом подсистем вывели в одноразовый навесной отсек (НО), отделяемый перед входом в атмосферу. В этом варианте корабль диаметром 4.1 м и длиной 5 м имел максимальную массу около 15 т, при выведении на опорную орбиту наклонением 51.6° и высотой до 190 км мог доставлять на станцию и возвращать на Землю 2.5 т и 1.5–2.0 т грузов соответственно при экипаже из двух космонавтов, или 3.0 и 2.0–2.5 т – при полете без экипажа.

ВК вмещал экипаж, грузы, основные системы, а также посадочную ДУ с запасом топлива. Новый корабль заимствовал у «Союза



▲ Схема установки теплозащитного покрытия на возвращаемый корабль

ТМ» ряд решений, систем и агрегатов. В частности, ВК по форме являлся масштабной увеличенной копией «союзовской» «фары»: длина – 3.6 м, диаметр – 3.7 м и коэффициент аэродинамического качества – 0.26.

Теплозащитное покрытие боковой поверхности корабля было многоразовым и «плиточным» – того же типа, что и на «Буране». Лобовой теплозащитный экран сделан одноразовым, поскольку он не только подвергался самым большим тепловым нагрузкам, но и играл роль посадочного амортизатора.

Во время спуска в атмосфере перед включением реактивной системы посадки выпускался стабилизирующий парашют относительно небольшой площади. За несколько десятков секунд до касания земли, на километровой высоте, начинали работать посадочные двигатели. В составе основной системы планировалось использовать 24 ЖРД объединенной двигательной установки (ОДУ) тягой 1.5 тс каждый\*\*. Сопла двигателей располагались под небольшим

углом к продольной оси корабля, с тем чтобы истекающие струи не повреждали обшивку аппарата.

В качестве компонентов применялись малотоксичные вещества – высококонцентрированная перекись водорода в качестве окислителя и керосин в качестве горючего\*\*\*. Управление спуском осуществляли 16 однокомпонентных (на перекиси) двигателей тягой 62 кгс каждый, также входящих в ОДУ.

По техническому заданию, бортовой комплекс управления и средств посадки должен был обеспечивать точность приземления не хуже 2.5 км и перегрузку не более 10 единиц. Вообще «борт» корабля строился на самых передовых решениях того времени и был в основном «цифровым».

В целях повышения безопасности экипажа до набора необходимой статистики посадок на ЖРД в посадочном комплексе предусматривались отработанные и надежные резервные средства. Так, на кораблях первого этапа предполагалось использовать катапультные кресла для спасения космонавтов в аварийных ситуациях при посадке и на начальном участке выведения на орбиту, хотя их размещение в ВК ограничивало бы численность экипажа до четырех космонавтов. Кроме того, корабль оснащался традиционной «башенкой» ДУ САС, созданной на основе «союзовской».

По расчетам, ВК мог использоваться до 30–50 раз, что достигалось как применением многоразовой теплозащиты, так и реактивной схемой, гасившей посадочную скорость практически до нуля.

В одноразовом НО предполагалось разместить multifunctional двигательную установку, обеспечивающую орбитальное маневрирование (в частности, подъем с опорной орбиты на рабочую и спуск на Землю с высоты рабочей орбиты 200–550 км) и включающую два ЖРД тягой по 300 кгс каждый, работающих на компонентах АТ–НДМГ, а также двигатели причаливания и ориентации. На наружной поверхности отсека располагались радиаторы системы обеспечения теплового режима корабля.

На орбиту «Заря» должна была выводиться модифицированная РН «Зенит-2». Поскольку масса корабля несколько превышала максимальную грузоподъемность стандартной ракеты, в баки второй ступени вместо керосина предполагалось залить горючее «циклин» («синтин»; НК №2, 2008, с.44–45), что позволяло увеличить тягу и удельный импульс двигателя. Кроме того, предлагалось использовать возможности ДУ САС для довыведения: в штатном безаварийном полете она включалась перед запуском двигателя второй ступени, уве-



Схема спуска возвращаемого корабля в атмосфере:

- 1 – выход стабилизирующего парашюта;
- 2 – спуск на парашюте;
- 3 – отстрел стабилизирующего парашюта;
- 4 – включение ЖРД объединенной двигательной установки;
- 5, 6 – маневрирование и спуск на двигателях;
- 7 – выключение двигателей и посадка

Рис. Джузеппе де Чюрра

\* В свое время – в начале 1960-х – «фара» была выбрана как разумный компромисс между желанием получить высокое (для скользящего управляемого входа в атмосферу) аэродинамическое качество и необходимостью обеспечить максимальный внутренний объем при ограниченных габаритах. Эта же задача, с учетом размещения грузов внутри ВК, решалась и при проектировании «Зари».

\*\* Изначально эти двигатели предполагали использовать и в роли двигательной установки системы аварийного спасения (САС).

\*\*\* По некоторым данным, в ранних проработках предполагались «штатные» для советской ракетно-космической техники компоненты – азотный тетроксид (АТ, «амил») и несимметричный диметилгидразин (НДМГ, «гептил»). Однако соседство высокотоксичного топлива в одном отсеке с экипажем сочли недопустимым, и место в топливных баках заняли перекись и керосин.

личивая энергетику ракеты, и только потом сбрасывалась.

Кроме прочего, использование «Зенита» было особенно важным, учитывая наличие спасательной модификации корабля: как известно, эта РН проектировалась исходя из возможности быстрого – в течение двух часов после поступления команды – старта. Такая оперативность позволяла проводить быстрые спасательные операции, в том числе эвакуацию экипажа орбитального корабля «Буран».

К 1989 г. НПО «Энергия» выпустило полный комплект конструкторской документации, и стало возможным начать на Заводе экспериментального машиностроения (ЗЭМ) изготовление матчасти. На левой ПУ стартового комплекса «Зенит» космодрома Байконур к тому же времени был смонтирован агрегат обслуживания пилотируемых КА\* (фото в заголовке), куда по высоте вмещался корабль «Заря» вместе с ДУ САС.

В целом «Заря» представлялась более разумным вариантом многоразового корабля для многих околоземных операций, нежели «Буран»: орбитальные станции класса «Мир» или «Мир-2» вполне могли обслуживаться кораблями такой размерности. С помощью «Бурана», вероятно, было бы удобнее осуществлять сборку или модернизацию станций путем замены отдельных модулей, но доставка сменных экипажей и расходных материалов вовсе не требовала 30-тонной грузоподъемности. Кроме того, «Заря» выводилась на орбиту носителем, пуск которого стоил в десятки раз дешевле «Энергии».

Однако, несмотря на достоинства нового корабля, в 1989 г. все работы по проекту были свернуты. Официальной причиной такого решения называется дефицит финансирования, который начал реально ощущаться в конце 1980-х годов. Основная часть средств, выделяемых на отечественную космонавтику, уходила на реализацию программы «Буран», которая считалась абсолютным приоритетом. На создание системы, призванной «не допустить военного и технического превосходства потенциального противника», были брошены силы всей ракетно-космической промышленности и авиастроения. В отдельные годы «Буран» «отъедал» свыше 20% всего космического бюджета. И в этой связи даже удивительно, что разработка «Зари» вообще была санкционирована и дело дошло до изготовления задела, пусть и небольшого, – сворачивались или тормозились многие другие работы, гораздо более важные.

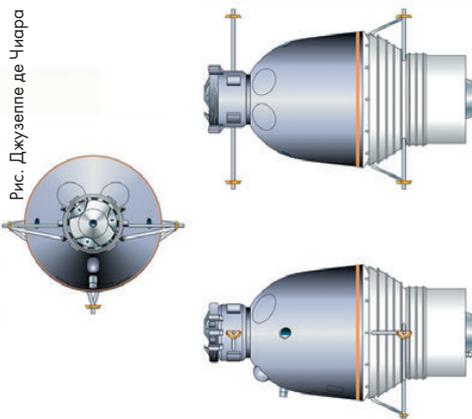
Однако основные причины могли быть и иными. Так, известно, что Военно-воздушные силы весьма скептически относились к идее реактивной посадки. Беспрецедентная схема вызывала закономерные претензии со стороны военного заказчика, привыкшего к отработанным средствам: даже парашютная система, совершенствовавшаяся десятилетиями, дала сбой в полете «Союза-1», когда

\* В просторечье – «башня для посадки экипажа», шуточно называемая «скворечником».

\*\* С позиций сегодняшнего дня, непреодолимых проблем в выполнении требований безопасности нет: их полностью закрывают быстродействующая система управления, резервирование двигателей и исключение их взаимного влияния.

погиб Владимир Комаров (1967). В новом же корабле предполагалось применить совсем другие решения.

Даже среди разработчиков не было единого мнения по поводу реактивной посадки на 24 двигателях: еще свежи были воспоминания об авариях Н-1, во многом связанных с использованием многодвигательной установки. По воспоминаниям работника НПО «Энергия» Сергея Щербака, в числе проблем называлась невозможность дублировать ЖРД мягкой посадки. К тому времени были сформулированы и приняты к исполнению согласованные требования к надежности пилотируемой ракетно-космической техники. В частности, выполнение целевой задачи должно было обеспечиваться при единичном отказе, а безопасное возвращение экипажа – при двойном. Принятые для «Зари» технические решения не обеспечивали выполнение этого требования\*\*.



▲ Корабль-спасатель для МКС на базе «Зари»

Очень сильно сработал и субъективный момент. Как вспоминают ветераны «Энергии», К. П. Феоктистов как раз тогда «в дым» разругался с Ю. П. Семёновым, после чего был вынужден уйти на пенсию, что пагубно отразилось на судьбе нового корабля. Уже много лет спустя Константин Петрович говорил, что считает «Зарю» своей ошибкой – заложил недостаточную величину аэродинамического качества, которое не обеспечивало требуемый боковой маневр и высокую точность посадки.

Улучшить эти значения можно было увеличением аэродинамического качества и совершенствованием системы управления. Первый способ требовал перекомпоновки с переходом на новую форму ВК (например, на конус с большим углом полураствора, как у ВА ТКС или у командного модуля Apollo) и соответственно... новых затрат времени и денег. Оставалась надежда на систему погружения в атмосферу (как у Apollo или «Зонда» 7К-Л1): выполнив первый «нырок» и погасив часть скорости, корабль выскакивал из атмосферы и определял свои координаты и компоненты вектора скорости либо по звездным датчикам, либо по сигналам навигационного спутника «Ураган» (ГЛО-

НАСС). Затем ВК возвращался в атмосферу и маневрировал в ней уже с учетом полученной навигационной информации. Очевидно, что и этот способ повышения точности посадки нельзя назвать простым.

Оставалась и еще одна нерешенная проблема. По воспоминаниям проектанта НПО «Энергия» В. Н. Бобкова, моделирование и испытания парашютно-реактивной системы приземления блоков А ракеты «Энергия» показали, что при посадке на мягкий грунт (песок, лес, пашня) струи реактивных двигателей роют под аппаратом большую яму («кратер») с горкой в центре. В момент выключения двигателей ВК почти неизбежно оказывался на этой горке и, вследствие неустойчивого равновесия, падал в кратер и заваливался на бок. Несмертельно, но очень неудобно и для выхода экипажа, и для извлечения аппарата из кратера. Да и отсутствие деформации корпуса и повреждения агрегатов (теплозащиты или двигателей) гарантировать было нельзя. К. П. Феоктистов даже предлагал бетонировать специальную круговую посадочную площадку, но исходя из условий технического задания диаметр такой площадки должен был составить не менее 5 км! А это уже не просто неудобно для проекта, в который закладывалась возможность посадки «где угодно и когда угодно».

Очень серьезным недостатком реактивной посадки признавался высокий уровень акустических нагрузок от ЖРД, работающих в непосредственной близости от экипажа.

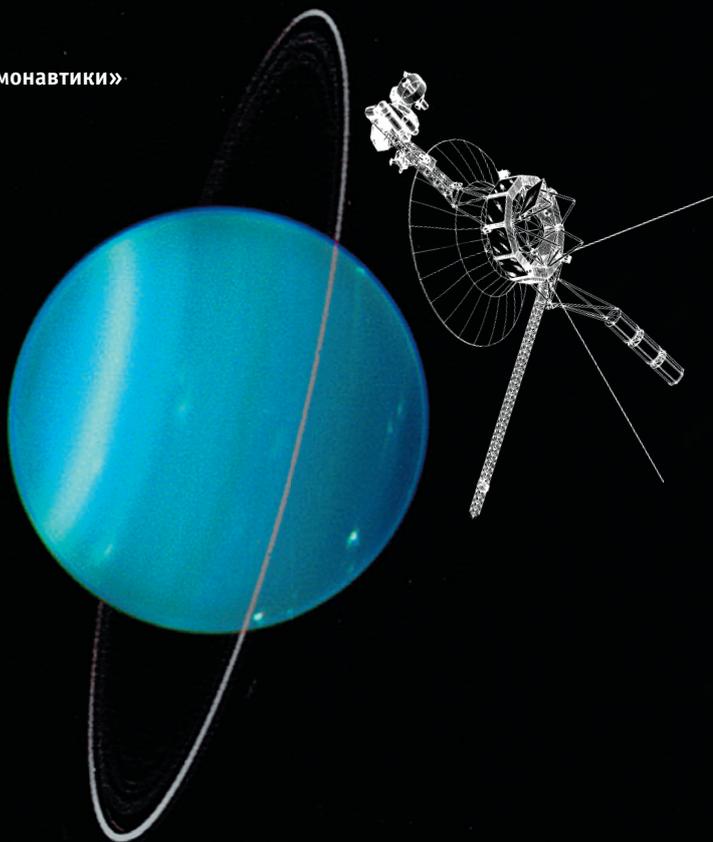
В целом, несмотря на привлекательность замысла, «Заря» оказалась «не у дел». Тем не менее идея легла в основу нескольких проектов. О ПТК НП уже упоминалось. Менее известна другая разработка.

В 1995–1996 гг. РКК «Энергия» совместно с американской компанией Rockwell International и ГКНПЦ имени М. В. Хруничева предложила на базе «Зари» проект восьмиместного (два члена экипажа плюс пассажиры) корабля-спасателя, доставляемого на Международную космическую станцию шаттлом и находившегося в составе орбитального комплекса в течение пяти лет в постоянной готовности к спуску. Корабль-спасатель имел массу 12,5 т, из которых на спускаемый аппарат с экипажем приходилось 8 т, длину 7,2 м и диаметр 3,7 м.

В июне 1996 г. NASA решило использовать на этапе развертывания МКС в качестве корабля-спасателя трехместный модифицированный корабль «Союз ТМ», работы по которому развернулись в июле 1996 г., с тем чтобы позднее заменить его собственным космическим кораблем CRV, который предполагалось создать на базе экспериментального аппарата X-38. В итоге – теперь уже из-за недостатка средств у американцев – специализированный корабль так и не появился, и эту функцию взял на себя штатный «Союз-ТМА».

Отголоски «Зари» можно найти и в ранних вариантах корабля ПТК НП, которые использовали большой спускаемый аппарат в форме фары. Сама же идея реактивной посадки получила новую жизнь с появлением новых технологий. В общем в полном соответствии с диалектикой развитие техники идет по спирали...

И. Лисов.  
«Новости космонавтики»



## Величайший межпланетный проект К 30-летию юбилею «Вояджеров»

Продолжение. Начало в НК № 10 и 11, 2007; № 1, 2008; № 8, 2009; № 3 и 4, 2010 и № 2, 2011

Исторической статье к 30-летию запуска двух американских АМС Voyager была уготована странная судьба. Ее написание и публикация растянулись уже на семь лет, и единственное, что отчасти утешает и оправдывает авторов, – это тот факт, что части, посвященные встречам «Вояджеров» с планетами-гигантами, все-таки появляются до наступления 30-летних юбилеев соответствующих событий. Наши «бумажные» аппараты летят быстрее, чем их реальные прототипы.

После Сатурна пути близнецов разошлись. Пройдя мимо окольцованной планеты 12 ноября 1980 г., Voyager 1 направился в бесконечное путешествие к звездам. А вот Voyager 2, сблизившийся с Сатурном 26 августа 1981 г., выполнил программу изучения планет-гигантов лишь наполовину. Для него изначально была рассчитана траектория, позволяющая продолжить полет к Урану и Нептуну. Выбор ее, однако, зависел от целого ряда условий.

### Решение

Во-первых, Voyager 1 должен был изучить Титан, крупнейший спутник Сатурна, и неудача потребовала бы повторения этой программы вторым аппаратом. К счастью, в ноябре 1980 г. первый «выжал» из Титана все, что можно, и эта проблема была снята.

Во-вторых, нужно было убедиться в безопасности пролета на расстоянии порядка 160 000 км от центра Сатурна, необходимого для гравитационного маневра с выходом на траекторию полета к Урану. Это было доказано 1 сентября 1979 г., когда Pioneer 11 прошел у Сатурна по аналогичной траектории.

В-третьих, требовалось политическое решение – ведь при запуске «Вояджеры» были заявлены как зонды для изучения Юпитера и Сатурна, и финансирование было заложено лишь на срок до 1981 г. Эта проблема оказалась самой неприятной, и решение ее сильно затянулось.

В ноябре 1980 г. администрация президента Джеймса Картера разрешила продление полета Voyager 2 вплоть до встречи с Ураном, согласившись выделить дополнительно 85 млн \$, необходимые для планирования, управления полетом и обработки научной информации. Увы, за неделю до встречи первого «Вояджера» с Сатурном Картер проиграл выборы Рональду Рейгану, который имел обширные планы перестройки экономики США и пересмотра бюджетных приоритетов.

Последний внесенный Картером в Конгресс проект бюджета (на 1982 финансовый год) предусматривал выделение NASA 6722 млн \$. В начале февраля 1981 г. Дэвид Стокман, глава бюджетного управления новой администрации, предложил в порядке экономии сократить эту сумму более чем на

9%, или на 629 млн, причем если программа Space Shuttle теряла всего 5.3%, то космическая наука – 28.8%. Это означало, что невозможно будет начать ни один новый проект. «Под нож» попали американский зонд из совместного с Европой проекта исследования Солнца ISPM и аппарат для изучения кометы Галлея. Предлагалось также отсрочить начало работ по проекту VOIR для картографирования Венеры и прекратить создание аппарата Galileo для подробного изучения системы Юпитера.

Массовые протесты научной общественности привели к тому, что в официальном внешнем 10 марта бюджете Рейгана сокращения оказались поскромнее. Проект Galileo сохранили, но космическая наука должна была получить 584 млн \$ вместо 757 млн в ставшем неактуальным плане Картера.

В те долгие месяцы, когда Конгресс рассматривал законопроект Рейгана, бюджетное управление не унималось. В октябре 1981 г. оно предложило срезать с NASA 367 млн \$ сразу (в дополнение к сокращению, объявленному ранее) и еще по 1 млрд \$ за каждый год из двух последующих лет. В частности, Стокман вновь предложил закрыть проект Galileo и отказаться от межпланетной программы как таковой. Но тогда автоматически становилась ненужной сеть дальней связи DSN, и возникал соблазн прекратить ее финансирование. Это означало, что оба «Вояджера» придется просто выключить и встреча с Ураном и Нептуном не состоится. Как сообщила 7 октября Washington Post, суммарная экономия за восемь лет должна была составить внушительную сумму – 222 млн \$...

19 октября новый администратор NASA Джеймс Беггс заявил о решительном несогласии агентства с планами «похоронить» уникальный проект: «К настоящему времени КА пересекли пояс астероидов и встретили гигантскую планету Юпитер, и совсем недавно Сатурн, а теперь [Voyager 2] находится в полете к Урану и, может быть, к Нептуну, – сказал он и, перефразируя Джона Кеннеди, добавил: – Я верю, что до конца этого десятилетия мы увидим Нептун». А директор JPL Брюс Мюррей поставил вопрос так: «Действительно ли мы настолько поражены текущими проблемами, что должны отказаться от инвестиций в будущее?»

Конгресс выдержал второй натиск крохоборов и выделил NASA на начавшийся финансовый год 6020 млн \$, хотя отстоять экспедицию к комете Галлея не смог. Однако в ноябре стали известны наметки бюджета-1983: его составители по-прежнему хотели избавиться от Galileo и VOIR, хотя уже не ставили вопрос о ликвидации сети DSN и закрытии миссии Voyager. 4 января советник Рейгана по науке Джордж Киурт подтвердил, что такой шаг не планируется: «Сеть DSN, необходимая для приема данных с «Вояджера», будет по-прежнему получать средства на прием и анализ данных, – сказал он. – Отказавшись от финансирования этих работ, мы бы выбросили на ветер миллиарды, сэкономив несколько миллионов».

Окончательно угроза проекту отступила 3 февраля 1982 г., когда Рейган направил в Конгресс проект бюджета-1983. Документом предусматривалось дальнейшее фи-

нансирование Galileo, санкционировались совместные работы с ЕКА над европейским зондом проекта ISPM и выделялись средства на эксплуатацию сети DSN, включая работу с «Вояджерами» до марта 1986 г.

В-четвертых, вызывало опасения техническое состояние КА. За четыре года полета Voyager 2 испытал серьезный, почти смертельный отказ бортового радиокомплекса и частичный отказ привода сканирующей платформы – застревание по азимуту. Первую неисправность операторы научились обходить, со второй тоже удалось справиться, а в случае повторения ее в принципе можно было компенсировать разворотами всего «Вояджера» вокруг продольной оси. На это, конечно, пришлось бы тратить драгоценное топливо, но его хватило бы по крайней мере на 150 разворотов – и на вполне достойную программу съемки Урана и его спутников.

Когда же в свете всего сказанного выше было принято и реализовано решение о полете к Урану? Парадоксально, но – намного раньше!

Определяющим обстоятельством стал отказ в апреле 1978 г. командного приемника на борту «Вояджера-2». В любой момент могла быть утрачена способность принимать команды с Земли, а значит желаемую траекторию нужно было выбрать как можно раньше. Только при этом условии аппарат смог бы выполнить хотя бы «аварийную» версию программы в автономном режиме.

Фактически траектория полета «Вояджера-2» мимо Сатурна к Урану была сформирована коррекциями 10 и 23 июля 1979 г., сразу после пролета Юпитера. Именно тогда время встречи с Сатурном приблизили примерно на 33 часа, на один орбитальный период Энцелада, по сравнению с первоначальным планом полета GB23/TB20\*. Как следствие, была сохранена встреча с Энцеладом вблизи перигея и улучшены условия наблюдений Тефии; пожертвовать же, помимо Титана, пришлось близким (30 000 км) пролетом Мимаса.

Однако лишь в ноябре 1980 г. штаб-квартира NASA утвердила предложение руководителей проекта Voyager продлить работу второй станции и направить ее от Сатурна к Урану. Официальное сообщение о выборе траектории в системе Сатурна и последующем полете к Урану было опубликовано еще позже – 8 января 1981 г. В нем говорилось, что Voyager 2 продолжит идти по существующей трассе и что если бы потребовался второй пролет Титана, с нее пришлось бы уходить, причем не позднее начала 1981 г. Теперь же прибытие к Урану было намечено на 24 января 1986 г. с пролетом на минимальном расстоянии 107 000 км.

Вот почему между 23 июля 1979 г. и 26 февраля 1981 г. не было проведено ни одной коррекции траектории «Вояджера-2». Руководители проекта изначально «поставили на Уран», и, к счастью, никакие

последующие события не заставили от этого отказаться.

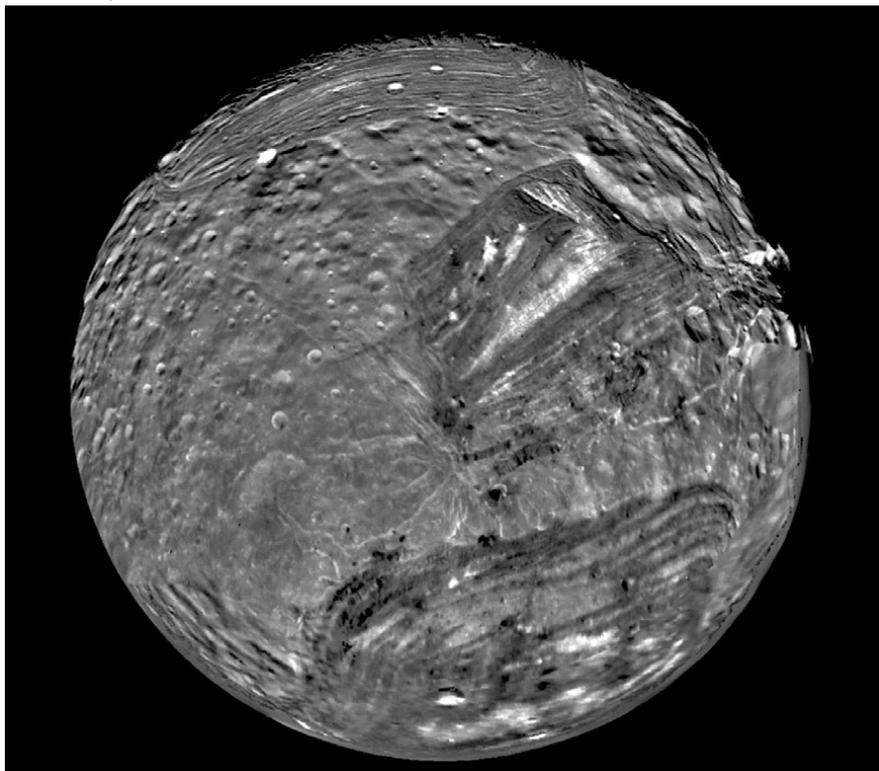
Сближение с Сатурном прошло успешно, и в результате гравитационного маневра – пролета 26 августа 1981 г. на высоте около 101 000 км над вершинами его облаков – Voyager 2 изменил направление движения почти на 90°, а его гелиоцентрическая скорость увеличилась с 16.5 км/с на подлете до 20.7 км/с на отлете. Так аппарат вступил в новую стадию своего полета, названную без пафоса «межзвездной миссией «Вояджера» к Урану».

### К седьмой планете

Путешествие к седьмой планете предстояло долгое – более четырех лет. По оценке руководителей полета, оглашенной после визита в систему Сатурна, вероятность сохранения работоспособности станции до пролета Урана в январе 1986 г. составляла 65%, а до встречи с Нептуном в августе 1989 г. – не более 40%. Вряд ли они поверили бы летом 1981-го, что пройдет тридцать лет и три года, а оба «Вояджера» все еще будут работать на благо науки!

29 сентября 1981 г. аппарат успешно выполнил коррекцию ТСМ-В10, целью которой было скомпенсировать полученное у Сатурна отклонение от расчетной траектории и направить ее в точку прицеливания у Урана. Выбор траектории пролета определял условия гравитационного маневра для дальнейшего полета к Нептуну. Поскольку необходимое расстояние от центра Урана было близким к радиусу орбиты Миранды, оставалось лишь подобрать удобное время прибытия, чтобы заснять с близкой дистанции саму Миранду, а заодно и Ариэль. Все это было сделано в ходе длительного (на 5754 секунды) включения двигателей, обеспечившего приращение скорости около 15 м/с.

▼ Миранда. Основой этого композиционного изображения стали семь детальных снимков «Вояджера», а небольшие пробелы по краям были заполнены за счет обзорных фотографий с большего расстояния



\* Эти обозначения расшифровывались так: КА встречается с Ганимедом ранее Юпитера и с Титаном ранее Сатурна через 23 и 20 витков после определенных базовых дат соответственно. Траектория, по которой проследовал Voyager 1, имела обозначение IA19/TB2, что соответствовало пролету Ио после Юпитера и встрече с Титаном ранее Сатурна.

Complain about  
"FDS Status in SOE  
=> no logs shows which  
mem. you're using

Sept 1, 83 KES

B611A

Look: CAIOPUS

Day	SOE	CMD Action	FDS Clock	MODE	FDS/DB	OWLT
267	14:42:24	Lead begin	0013:45	CRS	MANA	1°44'19"
270	07:51:12	FDS Memory change for GALPAT test	0135:13	MC-40	04-1502	1:47:44
	16:40:00	Copy 152B onto A and C (over 04A)	0154:12	"	1502-1:15	48
271	07:02:12	FDS Memory change B(1502) to A(1502)	1364:11	MC-40	1502/15:14	52
	11:52:59	GALPAT test on Mem B	1378:13	CS-3	1502/15:45	55
	16:40:49	Copy A(1502) to B(1502)	1376:13	MC-40	1502	"
272	12:48:00	FDS Memory change A(1502) to B(1502)	1401:22	MC-40	1502	1:50:05
	17:00:48	Reload A mem. with 04A1	1406:35	MC-40	B-1502	6
	21:31:03	Real Time Cmd Simulator	1412:25:05	MC-40	B	"
	05	AC401	1412:15:04			
	06	AM61				
	33:02	AE710	18:216			
273	12:43:12	FDS Memory change B(1502) to A(04A)	1431:15	MC-40	B-0A	1:09
277	18:00:01	GAAT for an ASCAL test	1552:50	MC-40	1502/15:46	50
	41:06		1553:43			
280	16:42	Lead ends	1946:14	CR-5	A(04A)	1°52'34"
Oct 17					DDB=.16	
					Y=.35	
					X=.90	

▲ Выписка из программы работы КА за 6 сентября – 17 октября 1983 г.

собственное излучение Урана было слабее, чем приток энергии от Солнца.

Уильям Хаббард (William B. Hubbard) и Дж. МакФарлейн (J.J. MacFarlane) в 1980 г. предложили такую модель внутреннего строения Урана: железосиликатное ядро размером примерно с Землю, в котором сконцентрировано 24% массы планеты, ледяная и жидкая мантия из воды, метана и аммиака глубиной около 10 500 км (65% массы) и плотная атмосфера толщиной порядка 7600 км (11%, преимущественно из молекулярного водорода и гелия).

О наличии магнитного поля и магнитосферы в 1981 г. еще ничего не было известно, но спутник IUE зафиксировал на Уране свечение водорода, которое связывали с полярными сияниями.

Два самых далеких и крупных спутника Урана – Титания и Оберон – были замечены Гершелем в 1787 г. Две луны поменьше и поближе – Ариэль и Умбриэль – нашел Уильям Лассел в 1851 г. Еще более миниатюрная Миранда обязана своим открытием в 1948 г. Герарду Койперу. Всем им были даны имена героев пьес Шекспира\*.

10 марта 1977 г. Джеймс Эллиотт (James L. Elliott) с коллегами вылетели из Перта на борту самолетной обсерватории имени Койпера, чтобы на высоте 12 300 м над Индийским океаном в 2000 км юго-западнее Австралии пронаблюдать с помощью ИК-телескопа покрытие Ураном звезды 9-й величины в созвездии Весов с обозначением SAO 158687. К удивлению ученых, на кривой блеска звезды было пять отчетливых провалов до начала покрытия и пять симметричных им – после. Это могло означать только одно: Уран имеет кольца, как и Сатурн, но узкие и очень темные – настолько, что с Земли они не видны. Внешнее, самое заметное кольцо имело в ширину 50–60 км, а внутренние и того уже – вплоть до 0.5 км. На фоне великолепного «ожерелья» Сатурна они выглядели очень бледно... если, конечно, так можно говорить об объектах, которые удалось впервые увидеть лишь семью годами позже.

Кольца занумеровали греческими буквами от  $\alpha$  до  $\epsilon$ , но позднее более точная обработка данных выявила шестое кольцо между вторым и третьим. Переименовывать их не стали, и кольцо  $\eta$  «незаконно» прописалось между  $\beta$  и  $\gamma$ . Другая группа астрономов при наблюдении покрытия 10 апреля 1978 г. увидела уже девять колец; три из них оказались круглыми, а остальные были слегка эксцентричны. Трём внутренним кольцам были даны числовые обозначения: 6, 5 и 4. Почему не буквенные, тем более что они предлагались? Потому что так они были занумерованы в первой публикации. Астрономы чтут право первооткрывателей...

Объем знаний о системе Урана ровно через 200 лет после открытия планеты был очень наглядно описан руководителем фотографической группы проекта Voyager Брэдфордом Смитом (Bradford A. Smith). На пресс-конференции после пролета Сатурна он заявил буквально следующее: «Теперь мы летим вслепую. Мы не знаем даже, какие вопросы можно задать нашим камерам. И не уверены в том, какие фильтры использовать». Правда, научный руководитель проекта Эдвард Стоун (Edward C. Stone) видел в этом не проблему, а возможность: «Мы определенно сможем увидеть новые явления, которые невозможно наблюдать с Земли».

Научное сообщество проекта Voyager надеялось, что на часть вопросов об Уране успеет ответить Космический телескоп имени Хаббла, запуск которого на шаттле ожидался тогда в январе 1985 г. По первым наблюдениям орбитальной обсерватории предполагалось откорректировать программу наблюдений в системе Урана. В действительности «Хаббл» не помог «Вояджеру» исследовать ни Уран, ни даже Нептун – он был выведен на орбиту лишь в апреле 1990 г. Поэтому существенные данные для подготовки программы изучения Урана удалось получить лишь наземными средствами.

Так, 23 июня 1982 г. были анонсированы данные наблюдений спутников планеты на ИК-телескопе IRTF на горе Мауна-Кеа на Гавайях, выполненных по гранту NASA.

Проведя фотометрию и радиометрические измерения в ИК-диапазоне, Хамилтон Браун (R. Hamilton Brown), Дейл Круйкшенк (Dale P. Cruikshank) и Дэвид Моррисон (David Morrison) определили с погрешностью не более 5%, что диаметр Оберона достигает 1690 км, при том что предыдущая оценка составляла лишь 900 км. Титания получилась немного меньше – 1590 км вместо 1000 км. Диаметр Ариэля исчислили в 1410 км, а Умбриэля – в 1160 км, чуть ли не вдвое увеличив предыдущие оценки. О сложности измерений с дистанции в почти 3 млрд км наглядно говорил такой факт: к моменту официальной публикации 2 декабря в Nature авторы пересмотрели уже объявленные данные – почти «уравняли» в размерах Оберон и Титанию (1630 и 1600 км) и сделали «усушку» двум остальным спутникам до 1330 и 1110 км. Надежно определить размер Миранды не удалось вообще.

Стоит заметить, что прежние оценки делались исходя из видимой звездной величины в предположении об определенном альбедо вещества поверхности спутников. Теперь были получены независимые данные о размерах и соответственно пересчитана отражательная способность. Она оказалась весьма низкой: Умбриэль, Титания и Оберон были сходны со спутником Юпитера Каллисто, а Ариэль яркостью и цветом походил на Гиперион, самый темный в системе Сатурна. Природа того агента, который затемнил ледяные поверхности лун Урана, оставалась загадкой.

В апреле 1984 г. Ричард Террайл (Richard J. Terrile) и Брэдфорд Смит (Bradford A. Smith) впервые смогли сфотографировать кольца Урана. Добиться этого удалось, так как наблюдения проводились на высокогорной обсерватории Лас-Кампаньяс в Чили, а изображения регистрировались на ПЗС-матрицу с последующей компьютерной обработкой. Кольца оказались чернее угля: они отражали всего 2% солнечного света. В октябрьской публикации исследователи предположили, что ответственность за это несет «темное органическое вещество, распространенное во внешней части Солнечной системы». Как вариант они были готовы рассмотреть налет из замерзшего метана.

С учетом всех доступных данных на специальной конференции в феврале 1984 г. ученые скомпоновали программу изучения системы Урана из четырех основных разделов (планета и ее атмосфера, спутники, кольца, магнитосфера, космическая среда), сформулировали 30 основных целей исследований и взялись вместе с инженерами за превращение всех этих «хотелок» в расписанную по минутам программу наблюдений. Помимо выполнения очевидных ограничений на токопотребление и скорость передачи данных, они должны были использовать только медленные развороты сканирующей платформы.

Как мы помним, ее азимутальный привод застрял во время съемки Сатурна на отлете. Моделирование на Земле и осторожное тестирование на борту выявило проблему со смазкой механизма привода, решением которой оказалось изменение теплового режима вместе с ограничением на угловую скорость разворотов. Режим максимальной скорости (1° в секунду) просто запретили, а среднюю скорость (0.33 °/с) разрешалось

\* Г. Стейгманн (G.A. Steigmann) в 1978 г. предположил существование шестого спутника, малютки диаметром всего 30 км, на орбите радиусом 105 221 км, но эта гипотеза не нашла подтверждения.

задействовать лишь при самой крайней необходимости. А она была: Voyager 2 подошел к Урану со стороны его условно южного полюса, почти перпендикулярно к плоскости колец, и оптимальные условия для съемки всех объектов наступали практически одновременно, на протяжении каких-то пяти часов. С учетом всех обстоятельств пришлось все-таки ввести в программу восемь разворотов самого КА, заменив ими повороты платформы на большие углы.

Конкретная программа работы механизмов и приборов КА должна была храниться в свободных словах памяти компьютерной командной подсистемы CCS (Computer Command Subsystem) – суммарно их было около 2500 в двух запоминающих устройствах емкостью по 4096 слов. Пожелания ученых материализовались примерно в 18000 слов кода, которые пришлось поделить на девять последовательных программ на четырех временных этапах сближения и пролета. Они включали получение примерно 7000 снимков, в том числе около 500 непосредственно на этапе пролета. Основные съемки вблизи момента встречи с Ураном были скомпонованы в восьмичасовой «подвижный блок», время начала которого можно было смещать с шагом 48 секунд с учетом реальной баллистической ситуации. В свою очередь, время начала радиозондирования атмосферы планеты выбиралось отдельно уже в пределах «подвижного блока» с точностью до секунды.

Резервные программы готовились на случай отказа CCS или одного из каналов компьютера подсистемы летных данных FDS (Flight Data System), ответственного за сбор и форматирование данных научных приборов. Кроме того, если бы азимутальный привод сканирующей платформы заклинило вновь в ходе «генеральной репетиции», пришлось бы использовать резервную программу съемки с разворотами самого КА.

А тем временем Voyager 2 взял за опорную звезду Канопус и продвигался к Урану. Текущие программы его работы, каждая на несколько недель, готовились на Земле и загружались на борт для исполнения в оперативном режиме. Загрузка программы занимала около 90 минут, не включая время ожидания «квитанции» борта об ее приеме.

Например, программа V602 действовала с 26 октября по 23 ноября 1981 г. и предусматривала «малый научный маневр» 29 октября и калибровку УФ-спектрометра UVS и фотополариметра PPS 2–5 ноября. Маневр Mini-CRSMVR (Mini Cruise Science Maneuver) включал два последовательных разворота КА – сначала на 1440° по рысканью, затем на 1440° по крену, то есть по четырее кувырка в каждом направлении. Записанные научные данные были переданы на Землю на следующие сутки. При калибровке опорными звездами были Вега и Канопус, а сканирующая платформа последовательно наводила приборы на Вега, Сириус, Регул и звезду  $\delta$  Скорпиона.

Следует отметить, что астрономические наблюдения с использованием UVS велись регулярно в течение всех 4,5 лет полета к Урану. За это время были открыты два новых белых карлика, наблюдались катаклизмические переменные и цефеиды, изучалось рас-

пределение звезд по энергиям в диапазоне от 91,2 нм до видимого спектра.

В 1982 г. активность аппарата была минимальна. Voyager 2 выполнял программы с V602 по V607. 13 апреля был проведен «большой научный маневр» CRSMVR – 10 оборотов по рысканью и 25 по крену, а 20 октября – еще один «малый». (Разница между ними состояла в основном в объеме записанных данных: большой занимал ленту записывающего устройства почти полностью, а малый – лишь на 40%.) Кроме того, 20 сентября проводилась пробная съемка Урана и Нептуна узкоугольной телекамерой в составе съемочной системы ISS.

29 апреля состоялся тест механизма фильтров фотополариметра в ходе наблюдений  $\delta$  Скорпиона. Ученые надеялись, что воздействие энергичных электронов за время полета могло улучшить его поведение, однако проба показала, что доступным остался все тот же неполный набор фильтров.

6–7 декабря в память компьютера подсистемы летных данных FDS (канал В) был загружен и 8 декабря испытывался алгоритм кодирования данных Риды–Соломона (см. «Обеспечение передачи информации от Урана» на с.62).

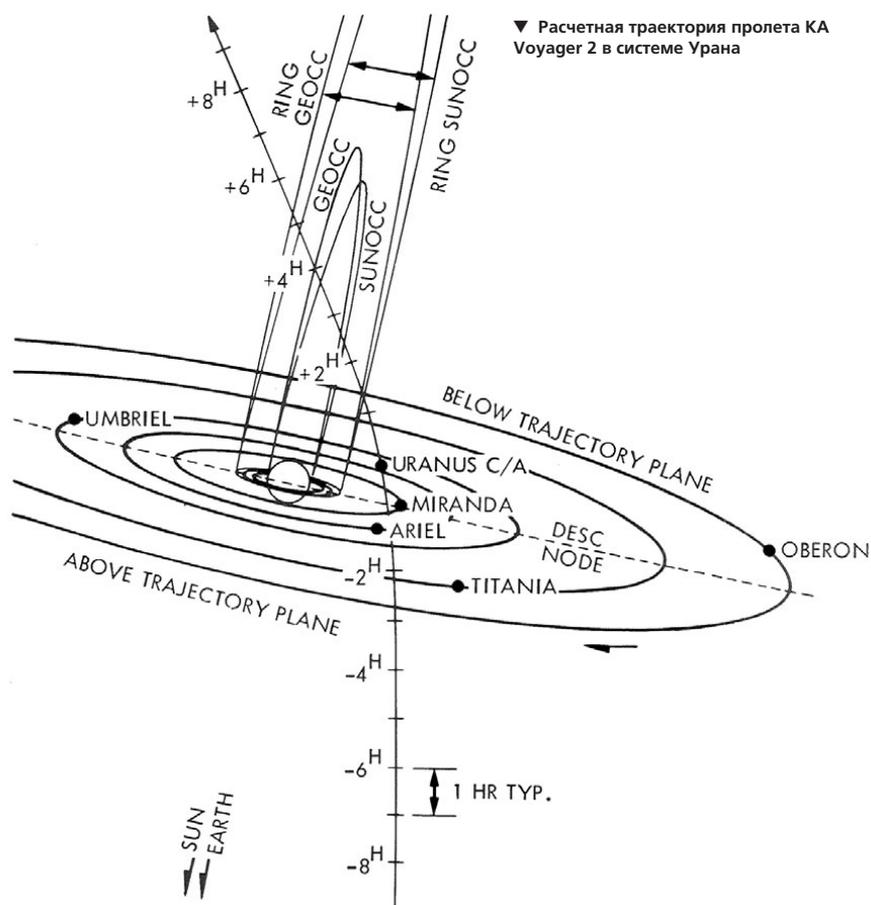
Год 1983-й начался с тестирования гироскопов 20–21 января, дополненного калибровкой фотополариметра по  $\alpha$  Лире и УФ-спектрометра по  $\sigma$  Стрельца, с возвращением в штатную ориентацию по Канопусу. 6–16 июня после временной перерезки ориентации КА на Фомальгаут проводилась калибровка спектрометров по  $\epsilon$  Персея, а вот еще одна серия калибровочных снимков 19 октября не получилась. 12 мая и 9 ноября были выполнены малые научные маневры, а 7 июля – калибровка магнитометра (четыре

оборота КА по крену). В сентябре также проводился тест приводов сканирующей платформы при малой скважности управляющих импульсов – это был вновь разработанный метод контроля их фактического состояния. Все перечисленные операции содержались в рабочих программах от V607 до V612.

В 1984 г. разворотов для калибровки магнитометра было проведено два, 20 января и 24 июля, причем в первом случае было сделано четыре полных оборота, а во втором шесть. Дважды проводился и малый научный маневр – 24 мая и 20 ноября; после первого из них считали записанную информацию удалось лишь 10 июля, со второй попытки. 11–12 апреля проводилась съемка Урана, а 20 ноября отработывался алгоритм конечного сканирования фотополариметром.

В осенней программе V615 было два важных события. Первое: 13 ноября была проведена первая за три года коррекция TCM-V12 (предыдущая, с номером V11, была отменена ввиду малого отклонения траектории от расчетной). Второе: 1 и 2 октября в память бортового компьютера FDS-B загрузили версию программы 1708, обеспечивающую сжатие изображений, а в память FDS-A – программу 1808 с кодированием данных по Риду–Соломону. За 5 октября набрали необходимые данные, и 8–10 октября выполнили четыре сброса информации на Землю. По окончании эксперимента 12 октября прежнее состояние памяти было восстановлено.

В 1985-м темп жизни резко ускорился. Было сделано два малых научных маневра, 30 мая и 26 ноября, и четыре калибровки магнитометра. Правда, первая попытка 5 февраля не удалась (не была выдана разрешающая команда), но развороты 2 мая, 19 июня, 19 августа и 18 сентября были



успешны. Три последних совместили с подготовкой экспериментов по радиопросвечиванию: уточнялась информация о направлении оси остронаправленной антенны HGA.

Но главные усилия были направлены, конечно же, на подготовку к встрече с Ураном. 30 марта и 1 апреля была произведена загрузка программ 1709 и 1808 в память компьютеров FDS-B и FDS-A соответственно, и со 2 апреля Voyager 2 начал постоянную работу в недублированном режиме.

2–10 января в рамках программы V616 выполнялись тесты сканирующей платформы со съемкой Урана и Нептуна. Ожидаемое разрешение узкоугольной камеры ISS уже сравнялось с лучшими показателями земных обсерваторий, но Уран все еще выглядел как однородный туманный серый диск размером в несколько пикселей. 4 апреля прошли калибровочные съемки звезд широкоугольным объективом ISS, а 6–10 мая на  $\alpha$  Павлина отработывалось построение «мозаичных» изображений. Фотополяриметр PPS 28 января калибровали по звездам, выбранным для просвечивания колец Урана, а с 26 февраля по 18 марта многократно отработывали космическое сканирование.

Добавим, что до калибровки УФ-спектрометра очередь дошла лишь 24 сентября. Долго мучились с ИК-радиометром и интерферометром IRIS и колдовали с его нагре-

вателями. В самом конце года при проверке он выдал ненормальные данные, но после дополнительных тестов 13 января прибор признали годным к работе. Вслед за IRIS взбрыкнул 4 января фотополяриметр: не переключился по команде на заданный размер поля зрения. Принятыми мерами прибор также был приведен «к послушанию».

Низкая освещенность объектов системы Урана диктовала увеличение экспозиции при съемке с риском смазывания изображения. Чтобы повысить стабильность КА и его камеры, предусмотрели компенсацию возмущающих моментов (например, ввели импульс двигателем одновременно с включением привода записывающего устройства) и снизили вдвое штатную продолжительность включений двигателей в процессе поддержания ориентации в заданных пределах. Последнее решение в марте 1985 г. с успехом опробовали на «Вояджере-1», но лишь 31 июля реализовывали на «Вояджере-2». В итоге была достигнута стабильность ориентации на уровне 0.5' в секунду.

7 июня 1985 г. с дистанции 302 млн км были сделаны первые навигационные снимки системы Урана, а 13 июня эти изображения поступили на Землю. 15 июля из трех новых кадров с цветными светофильтрами было синтезировано и 12 сентября опубликовано первое цветное изображение Урана.

### Обеспечение передачи информации от Урана

Мероприятия, имеющие целью прием информации с «Вояджеров» от Сатурна (HK №3, 2010), не были достаточны для полноценной работы с КА Voyager 2 в системе Урана на вдвое большем расстоянии и при вчетверо меньшей мощности принимаемого сигнала.

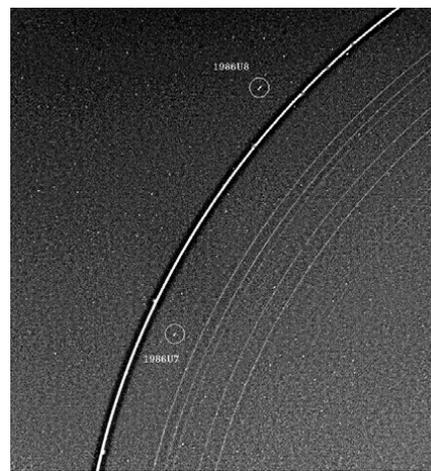
Камера ISS, самый «прожорливый» научный прибор «Вояджера», выдавала изображение в 800 линий по 800 точек с 256 градациями (8 бит) яркости – в современных терминах это соответствовало 5 Мбит. Оно вполне умещалось в канал 115200 бит/с при передаче в реальном масштабе времени по 48 секунд на кадр, оставляя некоторое место для информации с остальных инструментов. При пролете Сатурна пропускная способность радиолинии уменьшилась до 44800 бит/с, и пришлось снизить скорость формирования изображения втрое – до 144 секунд на кадр. (Эта возможность была ранее продемонстрирована при съемке Меркурия камерой «Маринера-10».) Для Урана при ожидаемой скорости 21 600 бит/с (или в лучшем случае 29860 бит/с) эта технология уже не была достаточной, но были предложены две новые.

Во-первых, было решено «сжимать» изображения. Если передавать не полный 8-битный код яркости элемента, а лишь разность уровней соседних точек в пределах строки, то объем данных типового снимка, содержащего «пустой» космос или низкоконтрастные облачные структуры, уменьшался на 60–70% без потери информации. Во-вторых, использовавшееся до сих пор конволюционное кодирование данных по Голею требовало передачи двух битов на каждый информационный при весьма жестких требованиях к соотношению сигнал/шум. Перед пролетом Урана было впервые задействовано имеющееся на борту устройство «внешнего» блочного кодирования Рида–Соломона (с одним контрольным битом на пять информационных). Благодаря этому необходимое соотношение сигнал/шум удалось снизить до 2.4 дБ и одновременно уменьшить частоту ошибок с  $5 \cdot 10^{-3}$  до  $10^{-6}$ .

Проблема состояла в том, что алгоритмы, обеспечивающие оба этих решения, не удавалось вписать в 8192 слова памяти каждого из двух каналов компьютера FDS. Пришлось пойти на распараллеливание их функций: основной канал FDS-A специализировался на кодировании Рида–Соломона, а дублирующий FDS-B – на жатии изображений. В случае отказа основного канала во время выполнения этой программы дело могло кончиться не только потерей ценной информации, но и гибелью аппарата.

На комплексе Сети дальней связи DSN в Канберре, где условия видимости во время максимального сближения с Ураном были наилучшими, организовали совместную обработку сигналов, приходящих на основную 64-метровую антенну DSS-43 и две дополнительные 34-метровые, в том числе одну новую «высокоэффективную» антенну DSS-45, и за счет этого общее увеличение коэффициента усиления составило 1.2 дБ. Кроме того, было осуществлено сопряжение по радиолинии с 64-метровым радиотелескопом в Парксе, в 320 км от основного комплекса, который также работал на прием. Аналогичным образом в Голдстоуне были объединены 64-метровая антенна DSS-14 и две «тридцатьчетверки» – старая DSS-12 и новая DSS-15.

Еще одной нетривиальной проблемой была неточность прогноза положения Урана (а также Нептуна и его главного спутника Тритона). Модели движения этих тел, составленные на основе телескопических наблюдений с Земли, имели ошибки порядка 5000, 10 000 и 6700 км, хотя для Сатурна они не превышали 800 км, а для Юпитера – 400 км. Предпринятые усилия по уточнению эфемерид за счет расширения базы наблюдений и использования подходящих методик динамического моделирования не были достаточны, так что Voyager 2 в значительно большей мере, чем при встрече с Юпитером и Сатурном, должен был полагаться на данные оптической навига-



▲ Кольца Урана и спутники-пастухи Корделия (внизу) и Офелия (вверху). Снимок сделан 21 января 1986 г. с расстояния 4.1 млн км, разрешение – 36 км

Уран все еще выглядел как ровный голубой шарик, были видны четыре больших спутника, а Миранда оказалась слишком тусклой. Между тем она была основной целью «Вояджера» – планировался пролет на дистанции 29 000 км при относительной скорости около 20 км/с. Чтобы «поймать» Миранду в кадр и качественно отснять, нужно было знать ее положение с ошибкой не более 100 км. Только наземными средствами, без съемки Урана и его спутников на подлете с определением их координат на фоне звезд, получить такую точность было немыслимо.

Далее, для компенсации смаза за время длительной экспозиции были предусмотрены развороты КА с нужной угловой скоростью под управлением гироскопов. Поскольку необходимая навигационная информация ожидалась всего за двое суток до пролета или даже позже, впервые были предусмотрены оперативно загружаемые дополнения LSU (Late Stored Update) к рабочей программе. Именно в них содержалась информация о направлении и скорости вращения КА для компенсации смаза изображения при съемке Миранды, Ариэля, Титании, а также точная временная привязка разворотов КА при радиозаходе за Уран. План предусматривал загрузку LSU за 30 часов до пролета. 9–11 сентября процедура их расчета и подготовки была с успехом «проиграна» на Земле.

24–25 октября на расстоянии 117 млн км от Урана в рамках программы V624 была проведена генеральная репетиция пролета планеты. В «боевом» режиме работали центр управления в Пасадене и приемная станция в Австралии, а Voyager 2 выполнил запланированный разворот на 115° и реализовывал восемь часов пролетной программы – два до сближения с «виртуальным» Ураном и шесть после. 28 и 30 октября результаты были получены на Земле. Сканирующая платформа работала без замечаний, а вот подготовка дополнений LSU прошла не совсем удачно: они были приняты на борту всего за 10 минут до расчетного времени использования. Процедуру подготовки пришлось отретировать еще раз 9 ноября.

### Уран на экране

В первых числах ноября 1985 г. на борт была загружена первая «урановская» программа V701, и 4 ноября в 12:42 UTC по бортовому

времени\* на расстоянии 103.5 млн км от Урана с построения ориентации КА по звезде Алькаид (η Большой Медведицы) началось ее исполнение.

Режим обсервации был запланирован до 10 января и имел своей основной научной задачей изучение динамики атмосферы Урана – то есть съемку системой ISS «мультифильмов» движения облачности планеты. Каждый из семи циклов продолжался около 38 часов – немного больше двух периодов обращения Урана – с частотой съемки 12 кадров в час. Еще до первого из них начал работать УФ-спектрометр с задачей поиска водородной короны планеты в линии 121.6 нм, однако ее удалось заметить лишь 18–19 декабря. Камера приступила к съемкам 6 ноября, а с 8 ноября проводились также фотополариметрические наблюдения атмосферы Урана. Проводилась калибровка приборов, регистрирующих поля и частицы, а также блока автоматической регулировки усиления радиокomплекса, антенны и солнечного датчика.

Навигационная съемка 7 ноября принесла приятный сюрприз: на кадре с 15-секундной экспозицией было замечено самое широкое кольцо ε. На снимках за 28 ноября с дистанции 72.3 млн км оно было видно уже в деталях: с одной стороны от планеты пошире, с другой – поуже. Уран при разрешении 1400 км все еще не давал никаких деталей.

Аппаратура PRA для регистрации излучения в радиодиапазоне ничего не «слышала» ни в ноябре, ни в декабре, ни в первой половине января. Для сравнения: радиоизлучение Земли стихло только после орбиты Марса, а радиосигнал Юпитера начался в день запуска и с тех пор не прекращался! Так что же – у Урана нет магнитного поля? 3 декабря д-р Майкл Кайзер (Michael L. Kaiser) из Центра космических полетов имени Годдарда провидчески заметил: «Немного нужно, чтобы сформировать магнитосферу, которая будет создавать шум на том расстоянии, которое отделяет нас от Урана. Поэтому мы полагаем: или нам встретилась планета без магнитного поля, или оно настолько странное, что мы просто не знаем, что искать».

С 30 ноября по 20 декабря планета и Voyager 2 проходили за Солнцем, и нормальная двусторонняя связь с аппаратом была невозможна. Тем не менее на «Вояджер» активно работали передатчики обоих диапазонов – они использовались для радиопросвечивания короны Солнца и для экспериментов по теории относительности, предсказывающей отклонение и замедление радиолуча при прохождении на малом угловом расстоянии от светила. В период с 29 ноября по 22 декабря в когерентном режиме проводились высокоточные измерения времени прохождения радиосигнала до КА и обратно. Максимальная релятивистская задержка сигнала составила 230 мкс, что соответствовало «виртуальному» смещению КА на 35 км. После обработки информации ученые заключили, что так называемый постньютоновский параметр  $\gamma$  равен 1 с погрешностью не более 3%.

\* Время распространения сигнала от КА до Земли в период встречи с Ураном изменялось от 2 час 40 мин до 2 час 45 мин. Здесь и далее приводится бортовое время, если не оговорено иначе.

Окончательная версия программы наблюдений при пролете была утверждена 13 декабря. Однако к 20 декабря на основании траекторных измерений и снимков ISS навигационная группа пришла к выводу, что масса Урана на 0.3% больше, чем закладывалось в расчеты. Пришлось сместить точку прицеливания на 340 км от планеты, чтобы обеспечить желаемую выходную траекторию в сторону Нептуна.

С учетом принятого решения 23 декабря в 17:16 UTC была проведена коррекция ТСМ-В13. Двигатели КА были включены на 14.5 мин и израсходовали около 1 кг топлива, приращение скорости КА составило 2.1 м/с. Время прибытия не корректировалось, так как лежало глубоко в пределах допуска: начало «подвижного блока» пролетной программы можно было сдвигать в пределах  $\pm 12$  мин относительно номинального значения 18:00. Новый баллистический прогноз говорил, что встреча с Мирандой состоится на 92 сек раньше.

В последующие дни отклонение траектории полета «Вояджера» от расчетной, как по точке прицеливания, так и по времени пролета, оставалось настолько незначительным, что запланированная на 19 января в 02:26 вторая подлетная коррекция не потребовалась. Такое произошло впервые за девять лет экспедиции двух «Вояджеров». К 7 января момент наибольшего сближения с Ураном можно было предсказать уже с погрешностью не более 70 секунд, а вот положение КА относительно Миранды просчитывалось лишь с допуском в 500–600 км.

27 декабря на снимках Урана, особенно с фиолетовым фильтром, впервые стали выделяться широтные зоны: темно-бурая у полюса и светлая у экватора. Тогда же в поле зрения камеры ISS попал неизвестный ранее спутник Урана. Стивен Синнотт (Stephen P. Synnott) смог подтвердить его существование 31 декабря, когда до планеты оставалось 31 млн км; объявили об открытии 8 января. Объект, получивший временное обозначение 1985 U1 (расшифровка: первый спутник Урана, открытый в 1985 г.), обращался на расстоянии 86 000 км от центра планеты – внутри орбиты Миранды, но выше колец – имея период 18 час 17 мин 09 сек. Сейчас этот спутник имеет номер XV и носит название Пак.

16 января команда Синнотта объявила об открытии в ходе январских съемок еще шести новых спутников. Наиболее крупные объекты 1986 U1 и U2 были обнаружены на снимках, полученных 3 января, U3 – 9 января, а U4, U5 и U6 – 13 января. Не будем утомлять читателя тогдашней информацией об их размерах и орбитах; скажем лишь, что в современном списке спутников Урана этим

### Основные баллистические события встречи с Ураном 24 января 1986 года

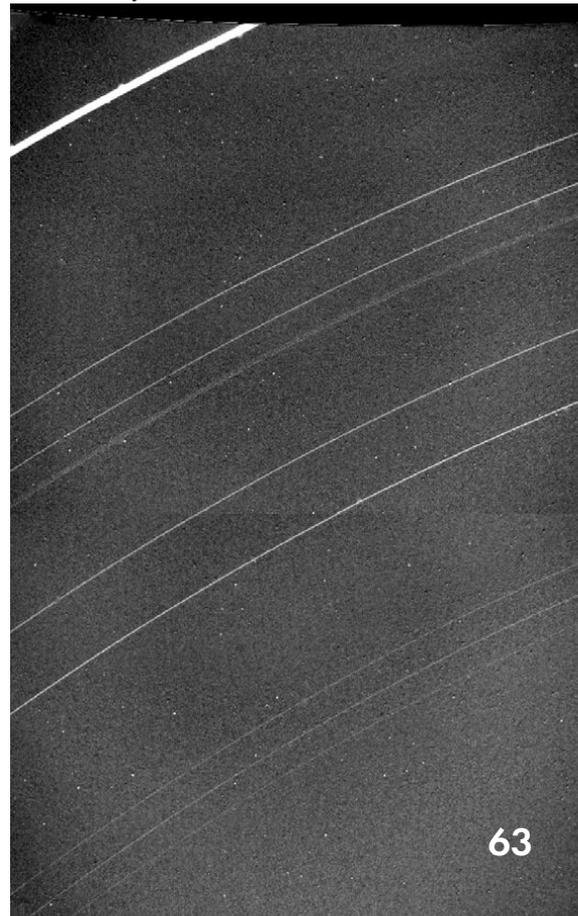
Время, ССЕТ	Время от пролета, час:мин:сек	Событие	Радиус объекта, км	Расстояние от центра объекта, км
<b>Предварительный прогноз</b>				
15:11	-2:49	Титания, минимальное расстояние	800	365200
16:13	-1:47	Оберон, минимальное расстояние	815	470600
16:22	-1:38	Ариэль, минимальное расстояние	665	127000
17:05	-0:55	Миранда, минимальное расстояние	250	29000
17:16	-0:43	Нисходящий узел орбиты, плоскость колец		115000
18:00		Уран, минимальное расстояние	25500	107100
19:44	+1:44	Прохождение за кольцом ε		148000
20:03	+2:03	Прохождение за кольцом б		161000
20:25	+2:25	Вход в тень		178000
20:36	+2:36	Заход за Уран		186000
20:53	+2:53	Умбриэль, минимальное расстояние	550	325000
21:44	+3:44	Выход из тени		243000
22:02	+4:02	Выход из-за Урана		258000
22:35	+4:35	Прохождение за кольцом б		286000
22:54	+4:54	Прохождение за кольцом ε		303000
<b>Результаты обработки навигационной и фотографической информации</b>				
15:09:49	-2:49:58	Титания, минимальное расстояние	790	364467
16:12:43	-1:47:04	Оберон, минимальное расстояние	762	469480
16:20:54	-1:38:53	Ариэль, минимальное расстояние	579	127262
17:03:48	-0:55:58	Миранда, минимальное расстояние	236	28254
17:59:46.5		Уран, минимальное расстояние	25559	107153
20:37:27	+2:37:41	Заход за Уран		
20:53:26	+2:53:40	Умбриэль, минимальное расстояние	586	324443
22:00:19	+4:00:33	Выход из-за Урана		

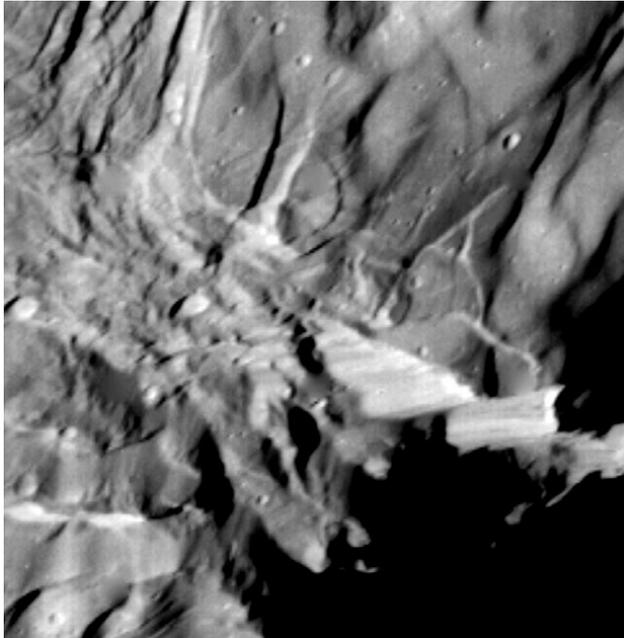
временным обозначениям соответствуют спутники XII Порция, XI Джульетта, IX Кресида, XIII Розалинда, XIV Белинда и X Дездемона.

Вероятно, научная группа «Вояджера» не ожидала столь раннего и обильного «урожае», ведь поиск спутников был основным содержанием предполетного этапа, известного также как дальнейшее сближение FE (Far Encounter). Гранницей этапов стал момент, когда Уран с его кольцами перестал полностью уместиться в кадре телеобъектива видеосистемы ISS.

В ходе дальнего сближения выполнялись две рабочие программы – В721 с 10 до

▼ Десятое кольцо Урана, или U1R, было найдено на снимках, сделанных 23 января с расстояния 1.12 млн км. На этом изображении, составленном из двух кадров ISS, видны все они – от яркой полосы кольца ε вверху до внутреннего кольца б внизу





▲ Один из детальных снимков Миранды, сделанный с расстояния 36 250 км. Уступ правее и ниже центра покрыт желобами, которые, вероятно, образовались в результате движения двух сторон разлома относительно друг друга

18 января и В723\* с 18 до 22 января. В этот период камера ISS продолжала съемку спутников и колец, а ИК-спектрометр IRIS измерил 14 января тепловое излучение Урана.

Voyager 2 внезапно решил «взбрыкнуть» 18 января, за шесть суток до встречи с планетой: на многих снимках телесистемы ISS появились светлые и темные полосы. Наземные средства работали нормально – следовательно, проблема возникла на борту. Весь день 19 января готовилась посылка команд для считывания устройства памяти FDS-B, которую считали источником проблемы. Вечером их адресовали «Вояджеру», и через 5.5 часов, около полуночи по времени Пасадепы (08:00 UTC), содержимое памяти было в руках инженеров. Да, один бит, который должен был содержать 0, оказался в состоянии 1!

20 января одна группа специалистов готовила исправленный вариант программы, в котором соответствующее слово памяти не использовалось, а вторая проверяла, можно ли изменить значение злосчастного бита, или он «залип» навсегда. Выяснилось, что бит заперчен; в тот же день новый вариант программы был загружен на борт, и полосы на снимках исчезли.

Кстати, на снимках 20 января стали появляться отдельные детали поверхности Оберона, Титании и Ариэля. В этот же день Ричард Террайл нашел два спутника-пастуха по обе стороны от кольца ε – U7 и U8. В сегодняшнем каталоге они числятся под именами VI Корделия и VII Офелия.

В рамках первоначального плана утром 20 января провели тест приводов сканирующей платформы и убедились, что они находятся в хорошем состоянии и позволяют выполнить штатную пролетную программу. 21-го погрешность прогноза положения

\* Номер В722 был пропущен.

\*\* Для этого пришлось уменьшить на один число кадров Миранды.

Миранды снизилась до 200 км, и стало ясно, что требуемая точность будет достигнута. Реальная же ошибка не превысила 50 км!

Фаза пролета NE (Near Encounter) началась 22 января за 54 часа до встречи с Ураном. В этот же день планировался запуск «Челленджера», в экипаж которого была включена школьная учительница Криста МакОлифф. По свидетельству руководителя группы планирования миссии Voyager Чарльза Колхейза (Charles E. Kohlhase), Лаборатория реактивного движения направила в NASA официальную просьбу сдвинуть старт шаттла на неделю, чтобы «развести» два высокоприоритетных события, но получила отказ. Причина была связана не

только с напряженным графиком полетов по программе Space Shuttle. Почти никто не знал, что по инициативе Рональда Рейгана в программу полета «Челленджера» была включена церемония выдачи Кристою символической команды «Вояджеру» на исследование Урана. Увы, старт шаттла в силу различных причин задержался до 28 января – дня, когда «Челленджер» потерпел катастрофу.

Итак, 22 января Voyager 2 начал исполнять первую пролетную программу В751. Помимо регулярной съемки спутников, она включала мозаику колец Урана и цветную съемку Умбриэля с расстояния около 1 млн км. На одном из снимков 23 января Брэдфорд Смит нашел еще один спутник планеты – 1986 U9; впоследствии ему дали имя VIII Бьянка.

Интересная деталь: в 1985 г. советские астрономы Н. Н. Горькавый и А. М. Фридман попытались объяснить структуру колец Урана орбитальными резонансами с еще не открытыми спутниками планеты. Из предсказанных ими объектов четыре – Бьянка, Крессида, Дездемона и Джульетта – были найдены в действительности командой «Вояджера», и будущий автор «Астронивитанки» получил Государственную премию СССР за 1989 год.

Тем временем навигационная группа выдала самые свежие целеуказания для приборов в программу В752, которая была загружена и активизирована за 14 часов до встречи. Наконец, 24 января в 09:15 оперативное дополнение LSU было отправлено на борт и принято за два часа до начала исполнения. Voyager 2 шел с опережением графика на 69 секунд, так что «подвижный блок» программы пришлось сместить на один шаг по времени, то есть на 48 сек.

Таблица основных баллистических событий этапа пролета Урана представлена на с. 63. В первой ее половине приведены расчетные времена – бортовое по Гринвичу и относительно максимального сближе-

ния с планетой – и минимальные расстояния до Урана и его спутников по прогнозу августа 1985 г. Во второй половине даны фактические значения из работы Роберта Джейкобсона (Robert A. Jacobson) с коллегами, опубликованной в июне 1992 г. в The Astronomical Journal. Здесь приводится эфемеридное время ET, которое используется в модели движения тел Солнечной системы и которое во время описываемых событий было на 55.184 сек больше UTC.

Следует отметить, что изменения характера радиосигнала в ходе пролета регистрировались на Земле с задержкой на 2 час 44 мин 50 сек, а вот снимки записывались на борту, и передача их в реальном масштабе времени не предполагалась. Эта волнующая процедура была назначена на 25 января.

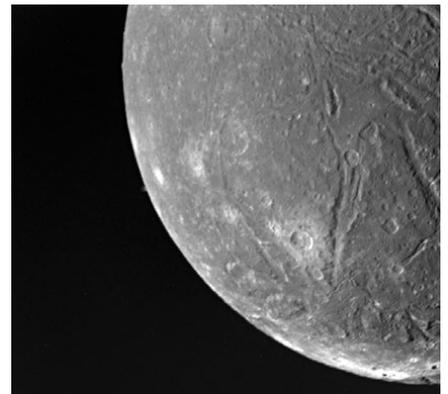
В день встречи с Ураном на борту «Вояджера» выдал пять сбоев компьютер подсистемы ориентации и приводов AACS (Attitude and Articulation Control System). К счастью, на выполнении программы они не сказались.

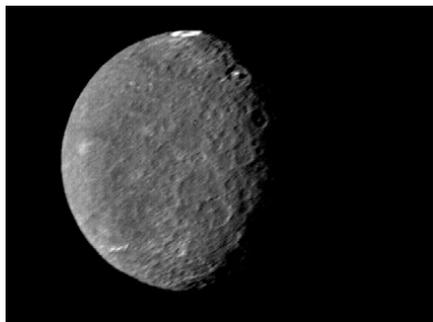
В пятницу 24 января начиная с 04:41 UTC в течение примерно четырех часов фотополариметр PPS и УФ-спектрометр UVS регистрировали прохождение звезды σ Стрельца позади колец ε и δ. В 08:48 были сделаны и записаны наиболее качественные снимки Оберона, а 19 минутами позже – компоненты для сборки цветной фотографии Титании. В 09:31 аппарат выполнил единственный снимок только что открытого спутника 1985 U1, не входивший в первоначальную программу\*\*. В 11:45 были сделаны лучшие кадры Умбриэля, а в 14:16 – Титании. Еще через 20 мин была проведена цветная съемка Ариэля.

В 14:45 аппарат перенацелился для регистрации экваториального плазменного слоя и для съемки Миранды и в 15:01 сделал ее цветные фотографии. Затем он вновь отвлекся на Ариэль, сделав в 16:09 качественные снимки этого спутника. Наконец, в 16:37 Voyager 2 начал мозаику из семи кадров Миранды с расстояний от 40 300 до 30 200 км, а еще через 28 минут прошел примерно в 29 000 км мимо нее, как и планировалось. Сразу после съемки Миранды аппарат развернулся антенной HGA к Земле, чтобы участвовать в высокоточных доплеровских измерениях.

В 17:08 телесистема ISS сделала четыре снимка колец на фоне планеты перед самым прохождением через их плоскость. Радиоаппаратура PRA и прибор для изучения плаз-

▼ Детальный снимок Ариэля с расстояния 130 000 км. Желоба считаются свидетельствами тектонической активности, а гладкие участки – местами отложения материала





▲ Умбриэль был сфотографирован с дистанции 557 000 км, так что снимок оказался наименее детальным, с разрешением около 10 км

менных волн PWS вели в это время запись с повышенной частотой опроса с задачей оценки плотности пылевых частиц.

24 января 1986 г. в 17:58:51 UTC, или в 17:59:46.5 ET, бортового времени американский КА Voyager 2 прошел на минимальном расстоянии от центра Урана – оно составило 107 153 км. Отклонение от расчетной точки не превысило 20 км. Баллистическим результатом гравитационного маневра у Урана стало довольно скромное увеличение гелиоцентрической скорости «Вояджера» с 17.88 до 19.71 км/с.

После этого аппарат был сориентирован так, чтобы профотометрировать два прохождения звезды  $\beta$  Персея за всей системой колец. Первое началось в 18:26, а второе – в 19:22. Линейное разрешение при этих измерениях достигало 10 м – на порядок лучше, чем давала камера ISS. Параллельно с 19:24 до 20:12 проводилось радиопросвечивание колец – теперь уже Voyager оказался за ними с точки зрения Земли. Телеметрия КА была выключена, и использовалась лишь несущая сигнала X-диапазона.

В 20:25 аппарат вошел в тень Урана, а еще через 11 минут скрылся за диском планеты. Затмение продолжалось до 21:44, а радиотень – до 22:02. УФ-спектрометр отслеживал заход Солнца, чтобы установить состав атмосферы, а камера ISS в тени в течение 20 минут снимала кольца «на просвет». Разумеется, затмение Земли Ураном использовалось и для радиозондирования его атмосферы с целью расчета давления и температуры. Аппарат по заранее заложенной программе и в соответствии с временной поправкой в LSU отслеживал в каждый момент ту точку лимба, за которой с точки зрения Земли и с учетом рефракции он находился. В ходе этого эксперимента передатчик S-диапазона был включен на полную мощность, а X-диапазона – на малую, так как на оба сигнала мощности бортового радиозотопного генератора уже не хватало. В Пасаде радиосигнал «Вояджера» был вновь принят около 16:30 местного времени, но телеметрия не включалась еще два часа – пока не закончилось повторное радиопросвечивание системы колец (22:35–22:54).

В ходе пролета УФ-спектрометр UVS вел съемку полярных сияний на Уране, отслеживал погружение  $\gamma$  Пегаса в его атмосферу и выполнил сканирование лимба планеты. ИК-аппаратура IRIS изучала тепловой баланс и состав атмосферы планеты, а фотополариметр PPS помимо затмений измерял показатель поглощения Ураном солнечной энергии.

25 января аппарат уходил от планеты, имея приблизительно одинаковую с ней угловую скорость и ориентируясь на Фомальгаут и Ахернар. Измерения параметров плазмы и частиц вели приборы LPS и LECP, а УФ-спектрометр регистрировал погружение звезды  $\nu$  Близнецов в атмосферу планеты. Кроме того, в 12:37 камера ISS повторила мозаику колец с расстояния 1040 000 км.

26 января, через 42 часа после Урана, началась послепролетная фаза PE (Post Encounter) с программой B771. Вплоть до 3 февраля аппарат передавал записанную информацию, параллельно снимая на отлете и при неблагоприятной фазе планету и ее кольца. 2 февраля было повторно измерено тепловое излучение Урана.



▲ Титания. Композитный цветной снимок с расстояния около 500 000 км с разрешением 9 км. В области терминатора видны крупный разлом и край большого кратера – бассейна

В рамках следующей программы B772 были выполнены малый научный маневр 5 февраля и калибровка магнитометра 21 февраля. Послепролетные наблюдения были закончены 25 февраля.

14 февраля была проведена коррекция TCM-B15, задающая предварительные условия пролета Нептуна. Следует отметить, что без этого маневра Voyager 2 все равно достиг бы восьмой планеты 27 августа 1989 г. и в 05:15 UTC прошел бы примерно в 34 000 км от Нептуна. Более того, аппарат уже имел в памяти уставки для ориентации на Землю остронаправленной антенны на случай прекращения работы командного приемника.

Цель коррекции 14 февраля 1986 г. состояла в том, чтобы сместить момент прибытия примерно на двое суток и провести аппарат ближе к планете и ее главному спутнику Тритону, оставив при этом максимум свободы при окончательном выборе траектории. Двигатели «Вояджера» были включены на 2 час 33 мин – это была их самая продолжительная работа за весь полет. Расчетное приращение скорости было 21.1 м/с с основной компонентой вектора на разгон; фактически скорость до маневра составляла 19 698 м/с, а после – 19 715 м/с.

Параметры гиперболической гелиоцентрической орбиты «Вояджера» после коррекции составили:

- наклонение – 2.49°;
- минимальное расстояние от Солнца – 1.4405 а.е. (215.5 млн км);
- эксцентриситет – 5.810.

Двигаясь по новой траектории, аппарат должен был достичь Нептуна 25 августа в 16:00 UTC и пройти на высоте всего 1300 км над его облаками. Минимальное расстояние от Тритона было определено в 10 000 км.

Средства на полет к Нептуну и его исследование были впервые запрошены в проекте бюджета 1986 ф.г., одобрены и с этого времени выделялись в полном объеме.

### «До туманных топей Оберона» Планета, ее спутники и кольца

Подводя предварительный итог проведенной работе, 27 января бессменный научный руководитель проекта Эдвард Стоун сказал: «Система Урана просто полностью отличается от всего, что мы видели раньше». Что же нашел Voyager 2? Что удалось увидеть сразу и что открылось ученым лишь после тщательной обработки\*?

25 января в Лаборатории реактивного движения принимали записанные «Вояджером» фотографии спутников Урана, а 26 января они были представлены общественности. Гвоздем программы, конечно, оказались снимки Миранды с расстояния всего 31 000 км с разрешением 600 м: тело со столь сложным рельефом еще не встречалось ученым в Солнечной системе! Планетолог Лоренс Содерблом (Laurence A. Soderblom) охарактеризовал его как фантастический гибрид геологических деталей разных миров – долины и потоки Марса, разломы Меркурия, покрытые желобами равнины Ганимеда, уступы шириной по 20 км и три невиданных прежде свежих «овоида» длиной до 300 км, местами расчерченных «в линейчку» – по меньшей мере десять типов рельефа сошлись на небесном теле каких-то 500 км в диаметре...



▲ Оберон. Композитный цветной снимок с расстояния около 660 000 км с разрешением 12 км

Экзотическая картина требовала нестандартных объяснений: быть может, в процессе дифференциации Миранда неоднократно сталкивалась с другими телами и собиралась из обломков вновь, и то, что в итоге застыло и оказалось перед нами, включает внутренние части первоначального спутника. Заметный наклон плоскости орбиты Миранды к экватору планеты (4°) мог остаться свидетельством таких столкновений. Низкая температура поверхности (86 К в подсолнечной точке) исключала возможность современного вулканизма, но приливное трение могло сыграть свою роль в истории Миранды.

На остальных четырех больших спутниках камера «Вояджера» нашла более привычные ландшафты: кратеры, лучи, долины и эскарпы.

На Обероне был обнаружен особенно крупный кратер с ярким центральным пиком, дно которого было частично покрыто

\* Первые ее результаты легли в основу серии статей в номере Science за 4 июля 1986 г., а уточнения публиковались на протяжении еще нескольких лет.

очень темным материалом. Некоторые из более мелких ударных кратеров диаметром 50–100 км были окружены яркими лучами, как на Каллисто, а на их дне также фиксировались темные отложения последующих эпох. Интересной и неожиданной деталью оказалась гора, выступавшая над краем спутника на экваторе примерно на 6 км. Если в действительности это был центральный пик невидимого «Вояджеру» кратера, его полная высота могла быть 20 км и даже больше.

Титания, вопреки данным наземных наблюдений, оказалась чуть-чуть больше Оберона. Два крупных кратера, диаметром 200 и 300 км, были видны на краях освещенного диска. Остальная поверхность была испещрена ударными кратерами диаметром 10–50 км и «пропахана» разломами длиной до 1500 км, шириной до 75 км и глубиной 2–5 км – явными свидетельствами геологических процессов. Очень яркие склоны, обращенные к Солнцу, соблазнительно было приписать свежим ледяным отложениям. К сожалению, разрешение при съемке с 369 000 км было невысоким – около 13 км, и снимки не позволяли сделать твердых выводов.

Ариэль, наиболее яркий из спутников Урана с альбедо 0.40, удалось заснять с дистанции 130 000 км с деталями до 2.4 км, но в кадр вошло только около 3/4 диска. Здесь тоже было обилие кратеров диаметром 5–10 км при почти полном отсутствии 50- и 100-километровых, множество уступов и долин (грабен). Планетологи предположили, что разломы сформировались в результате расширения и коры спутника. Часть видимого полушария была покрыта относительно молодым материалом с меньшей плотностью ударных кратеров, и уже в нем сформировались извилистые уступы и долины – возможно, в результате течения жидкости. Три характерные линейные структуры очень напоминали земные ледники, но перекрывающие их крупные кратеры говорили о том, что соответствующие процессы происходили достаточно давно.

В отличие от остальных «классических» спутников, Умбриэль оказался малокоонтрастным и очень темным: его поверхность отражала лишь 16–19% солнечного света, примерно как лунные плоскогорья. Сходство дополняло большое количество ударных деталей, среди которых выделялся 110-километровый кратер с ярким центральным пиком, и непонятное белое кольцо диаметром до 140 км на экваторе – быть может, слой инея у свежего кратера. Следов геологической активности замечено не было, и вообще поверхность Умбриэля представлялась очень древней – быть может, наиболее древней в Солнечной системе. «Умбриэль – это такое место, о котором очень трудно судить, – заметил Л. Содерблом. – Между очень активными объектами, как внутри сэндвича, затесался объект очень темный, очень старый и неактивный. Мы не знаем, почему».

Единственная фотография шестого спутника была потеряна при первой попытке передачи на Землю из-за сбоя на принимающей наземной станции. Процесс считывания удалось повторить, и со второй попытки снимок был получен. Стало ясно, что при обнаружении размер спутника был сильно занижен из-за очень темной поверхности

(альбедо 7%). Реальный диаметр тела составил  $170 \pm 30$  км, а не 75 км, как считалось до этого. Более крупный из двух видимых кратеров имел около 45 км в диаметре.

Масса Миранды была определена по гравитационному влиянию на КА, проявившемуся дополнительным доплеровским смещением частоты сигнала. Массы Ариэля, Умбриэля, Титании и Оберона нашли путем подстройки моделей их движения по большой серии навигационных снимков. Независимое определение размеров спутников (по фотографиям) позволило установить их среднюю плотность.

Казалось бы, по мере удаления от Солнца должна была снижаться доля силикатов и расти процент летучих веществ. Тем не менее спутники Урана оказались в среднем более плотными, чем спутники Сатурна. Титания, Оберон и Ариэль имели среднюю плотность от 1.63 до 1.71 г/см<sup>3</sup>, Умбриэль – 1.39 г/см<sup>3</sup> и Миранда – 1.20 г/см<sup>3</sup>. Это означало, что большие луны Урана на 50–60% состоят из силикатов и материалов на базе углерода и азота, и лишь на 40–50% из водяного льда. У пяти классических спутников вращение и обращение оказались синхронизованы, как и ожидалось.



▲ Спутник 1985 U1, или Пак, с расстояния 492 600 км при разрешении около 10 км. Этот представитель семейства малых лун Урана отражает всего 7% падающего света

Кольца Урана на фотографиях получились немного разного оттенка, что могло свидетельствовать о неоднородном составе. В частности, кольцо  $\epsilon$  оказалось серого цвета; ширина его менялась от 20 км в периферии до 96 км в апоцентре, а толщина края не превышала 150 м. Альбедо колец оказалось очень низким, порядка 5%, поэтому они и выглядели такими тусклыми.

Всего по кольцам фотополяриметр сделал 1.5 млн измерений, а радиокомплекс дал 5 млрд точек данных. Радиопросвечивание показало, что кольцо  $\epsilon$  состоит из достаточно крупных объектов, порядка 1 м, а по данным фотополяриметра их средний размер был близок к 0.2 м. Более мелких фрагментов между ними почти не было – очевидно, они быстро покидают кольцо и выпадают на поверхность Урана. В то же время снимки «на просвет» широкоугольным объективом с большой экспозицией выявили на фоне основной системы сложные пылевые структуры из малоразмерных частиц, вероятно, образующихся в результате столкновений более крупных фрагментов.

При пересечении плоскости колец на расстоянии более 60 000 км от внешнего кольца  $\epsilon$ , в 115 000 км от центра планеты, инструмент PWS зарегистрировал множественные попадания пылевых частиц. Картина соответствовала прохождению через диффузное облако толщиной около 4000 км.

Voyager 2 обнаружил два новых кольца Урана. Первое находилось между кольцами

$\delta$  и  $\epsilon$  и получило временное обозначение 1986 U1R, а впоследствии за ним закрепили букву  $\lambda$ . Обнаружили его в ходе УФ-наблюдений, и уже позже нашли на снимках, так как при прямом солнечном освещении оно выглядело очень узким, всего 1–2 км, и слабым. А вот «с тыла», в проходящем свете, новое кольцо сияло исключительно ярко, затмевая даже главное кольцо  $\epsilon$ . Этот факт и сильная зависимость оптической плотности от длины волны заставили сделать вывод, что кольцо U1R – пылевое и состоит из частиц микронного размера. Детальный анализ данных «Вояджера» выявил азимутальную вариацию яркости кольца, напоминающую стоячую волну.

Второе, очень слабое кольцо 1986 U2R было найдено лишь на одном снимке, сделанном менее чем за час до пролета: оно располагалось внутри кольца  $\delta$  на расстоянии 37 000–39 500 км от центра планеты. «Это диффузная полоса материала, – объявил 29 января Джеффри Куцци (Jeffrey N. Cuzzi) из фотометрической команды. – Я бы назвал его кольцом». Буквенное обозначение  $\zeta$  так и не стало общепринятым, да и само существование кольца удалось подтвердить лишь в 2003–2004 гг. наблюдениями на телескопе имени Кека, причем оно «мигрировало» наружу от первоначального положения и теперь занимало зону 37 850–41 350 км. Слабая концентрация пылевого материала наблюдается и между внутренним краем кольца и границей видимой атмосферы Урана. В 2007 г. при пересечении Землей плоскости колец Урана именно оно стало самой яркой деталью системы.

Данные фотополяриметра говорили о том, что еще несколько колец, возможно, неполных, лежат снаружи от кольца  $\epsilon$ . Кольца  $\alpha$  и  $\beta$  оказались непостоянной ширины – от 5 до 12 км. Ширина колец  $\delta$  и  $\gamma$  также менялась более чем в два раза, а узкая компонента кольца  $\eta$  местами просто пропадала. Все это указывало на относительную молодость системы колец Урана.

Атмосфера Урана оказалась не столь интересна, как у Юпитера и Сатурна. В ней были представлены широтные полосы и – при съемке в полосе поглощения метана 619 нм – просматривались отдельные облачные структуры. Облака из метанового конденсата фиксировались на уровне, соответствующем давлению 0.9–1.3 атм, причем их распределение указывало на множественные источники и малую степень широтной диффузии. Общая динамика атмосферы характеризовалась выраженными зональными течениями. Ветры Урана в средних широтах дули в направлении вращения планеты со скоростями от 40 до 160 м/с, а в экваториальных – до 110 м/с в противоположном направлении.

В атмосфере был найден гелий, но его оказалось не 40% по объему, как предсказывали, а лишь  $15 \pm 5\%$ , немного больше, чем на Юпитере, при 85% водорода. Метан почти отсутствовал выше облачного слоя, но под ним этого газа было до 2% – в пересчете на углерод в 20 раз больше, чем на Солнце, и в 10–11 раз больше, чем на Юпитере и Сатурне. В глубине атмосферы УФ-спектрометр зафиксировал слой углеводородов, включая ацетилен. Высотная туманная дымка над полюсом,

по представлениям ученых, могла состоять из полиацетиленовых углеводородов, синтезированных фотохимическим способом.

Удалось получить профиль температуры и давления до глубины, соответствующей 2.5 атм. Минимум температуры – тропопауза – пришелся на отметку 0.11 атм по давлению и составил 52 К. В тропосфере ниже метановых облаков было порядка 80 К, а в стратосфере на 50 км выше тропопаузы – около 60 К. Далее температура росла, и верхняя атмосфера была разогрета до 750 К.

В полосе между 15° и 40° широты освещенного полушария температуры были на 2–3 К ниже, но в целом температура полярных и экваториальных районов на глубине 0.6 атм не различалась, что указывало на внутренние механизмы перераспределения энергии, поступающей главным образом в полярную зону. Интересно, что у неосвещенного («зимнего») полюса оказалось теплее, чем на «летней» стороне – около 90 К на уровне 0.001 атм.

Ионосфера имела слоистую структуру с двумя хорошо определенными слоями на высотах 2000 и 3500 км и простиралась как минимум до 10 000 км. Разреженная водородная оболочка планеты на дневной стороне светилась в ультрафиолете.

Масса Урана оказалась равна 86.84·10<sup>24</sup> т, в соответствии с имеющимися представлениями, а средняя плотность – 1.285 г/см<sup>3</sup>. Период обращения планеты был определен по радиоизлучению сначала в 16.8±0.3 час, но позднее было принято уточненное значение 17.24±0.01 час. Сходные результаты дали измерения магнитного поля (17.3±0.1 час) и частиц магнитосферы (17.4 час).

Исходя из этих данных пришлось отчасти пересмотреть модель строения Урана. Ученые отказались от представления о выравненном силикатном ядре и решили, что в центре планеты силикаты, аммиак, вода и метан почти равномерно перемешаны с водородом и гелием, и это плотное «варево» разогрето примерно до 11 000 К. Именно его признали в итоге ответственным за формирование магнитного поля планеты.

Данные по системе Урана по состоянию на июнь 1992 года		
Объект	Расстояние от центра Урана, км	Диаметр или ширина, км
Кольцо 1986 U2R	38500	2500
Кольцо 6	41837	1–3
Кольцо 5	42235	2–3
Кольцо 4	42571	2–3
Кольцо α	44718	7–12
Кольцо β	45661	7–12
Кольцо γ	47176	0–2
Кольцо η	47627	1–4
Кольцо δ	48299	3–9
1986 U7 (VI Корделия)	49752	40
Кольцо 1986 U1R	50024	1–2
Кольцо ε	51149	22–93
1986 U8 (VII Офелия)	53764	50
1986 U9 (VIII Бьянка)	59165	50
1986 U3 (IX Крессиды)	61767	60
1986 U6 (X Дездемона)	62658	60
1986 U2 (XI Джульетта)	64358	80
1986 U1 (XII Порция)	66097	80
1986 U4 (XIII Розалинда)	69927	60
1986 U5 (XIV Белинда)	75255	60
1985 U1 (XV Пак)	86004	170
V Миранда	129850	472
I Ариэль	190950	1158
II Умбриэль	266010	1172
III Титания	436340	1580
IV Оберон	583510	1524

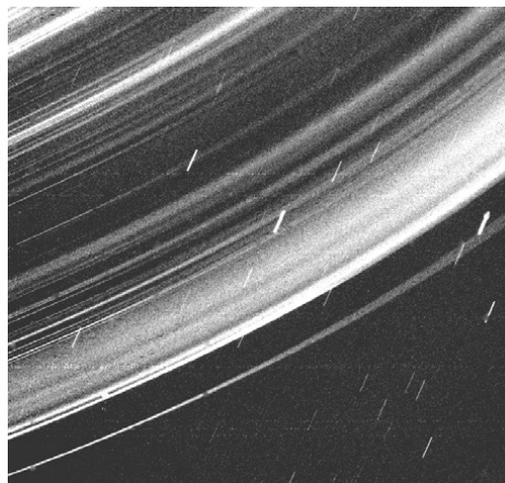
Радиоизлучение Урана было впервые зарегистрировано лишь 16 января на расстоянии 6 млн км (намного позже, чем ожидалось), а магнитное поле – 19 января. Ударную волну Voyager 2 встретил 24 января в 07:28, за 10.5 час до максимального сближения с планетой на расстоянии 23.7 радиуса Урана (RU). За следующие три часа аппарат преодолел турбулентный магнитослой и в 10:08 на отметке 18.0 RU вошел собственно в магнитосферу. Максимум магнитного поля был отмечен в 17:56, вблизи максимального сближения, и составил 413 нТ. Voyager 2 входил в нейтральный слой 25 января в 06:59, 12:31 и 22:09. Он вышел из магнитосферы 26 января в 07:15 и по крайней мере пять раз на протяжении 27–29 января проходил ударную волну в направлении наружу и внутрь. КА окончательно вышел в поток солнечного ветра со скоростью 430 км/с 29 января около 06:00.

В результате обработки данных выяснилось, что Уран обладает магнитным полем примерно такой же напряженности, как Сатурн и Земля, причем северный магнитный полюс отстоит от южного географического на 60° (на Земле – всего 12°), а магнитная ось смещена от центра на треть радиуса планеты. В качестве объяснения такой странности было высказано предположение, что на Уране мы застали смену магнитных полюсов, которая время от времени происходит и на Земле.

Следствием большого наклона магнитной оси является весьма интересная структура магнитосферы планеты: ее отклоненный в сторону хвост вращается наподобие винта, и в районах позади Урана магнитное поле дважды за оборот меняет свое направление. Что же касается частиц, то основное население внешней магнитосферы – ионизированный водород и электроны. Радиационные пояса Урана имеют примерно ту же интенсивность, что и земные, и температура плазмы в них превышает 500 млн К. Добавим, что в радиусе 7–10° от магнитного полюса ночной стороны наблюдались полярные сияния.

Сначала казалось, что кольца и спутники до Умбриэля включительно движутся в пределах магнитосферы, а Титания и Оберон – снаружи. Поэтому выдвигалось предположение, что темный оттенок колец и поверхности спутников – результат разложения метанового льда протонами с энергией 28 кэВ на уходящий водород и остающийся углерод. В более поздних публикациях границу магнитосферы провели в 590 000 км на солнечной стороне и в 10 раз дальше на теневой, и в результате в ее пределах оказались все спутники, вплоть до Оберона.

19 сентября 1986 г. в JPL награждали участников экспедиции «Вояджер». Ричард Лезер (Richard P. Laeser), менеджер проекта с 1981 г., был удостоен медали NASA «За выдающиеся заслуги». Медалью «За выдающееся лидерство» были награждены его заместитель Джордж Текстор, менеджер по техническим вопросам Уильям МакЛафлин, по управлению полетом Дуглас Гриффит, по планированию Чарлз Колкейс, глава группы бортовых программ Реймонд Моррис, менед-



▲ При съемке «на просвет» с расстояния 236 000 км оказалось, что пылевые частицы довольно равномерно распределены между яркими кольцами. Вертикальные штрихи – следы движения звезд за время 96-секундной экспозиции

жер системы наземных данных Аллан Сакс и научный руководитель проекта Эдвард Стонун. Медаль «За исключительные инженерные достижения» досталась руководителю группы КА Voyager Говарду Мардернессу и главному инженеру Отдела связи и приема данных JPL Робертсону Стивенсу. Медалью «За исключительные научные достижения» наградили научных руководителей всех экспериментов, и еще 35 человек получили медали «За исключительные заслуги».

Продолжение следует

### Поправки

В таблице отечественных гражданских телекоммуникационных спутников (НК №7, 2014, с.33) оказались перепутаны наименования КА «Ямал-201» и «Ямал-202». В действительности отказавший спутник «Ямал-201» находился в позиции 90° в.д. и был подстрахован аппаратом «Ямал-300К». Спутник «Ямал-202» в точке стояния 49° в.д. продолжает работать. Редакция приносит извинения за досадную ошибку. – И.Л.

В НК №7, 2014, на с.68-69 не указано авторство фотографий. Редакция приносит свои извинения и исправляет упущение: это фотографии из личного архива профессора, главного научного сотрудника Института космических исследований РАН О.Л. Вайсберга. – А.И.

В НК №4, 2014, на с.35-36 ошибочно указано, что ориентация КА GPM Core осуществляется с использованием блока силовых гироскопов. В действительности речь идет об управляющих двигателях-маховиках. Кроме того, описание режима работы двигателей должно быть следующим: «Двигатели коррекции орбиты могут работать в непрерывном режиме в течение 35 секунд при максимальном давлении подачи в начале миссии и 70 сек в конце миссии, когда давление снижается до минимума. Для поддержания ориентации во время коррекций орбиты и для разгрузки маховиков двигатели включаются в импульсном режиме со скважностью 33, 67 или 83% в первом случае и 17, 33 или 67% во втором. Серии импульсов продолжительностью в несколько секунд выдаются с интервалами в несколько минут». – И.А.

# Ленинградские двигатели

В. Декстер специально для «Новостей космонавтики»

Окончание. Начало в НК № 5, с. 70-71, и № 7, 2014, с. 70-71

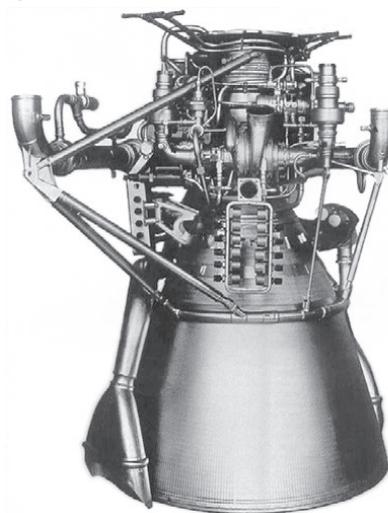
ценном растворенным азотом до равновесной концентрации. Наддув баков горючего и окислителя обеспечивали генераторы «холодных» (до 200°C) газов – «сладкого» и «кислого» соответственно, входящие в конструкцию рулевого двигателя. Для экономии массы баков и снижения давления наддува в системе подачи окислителя предполагалось применить бустерный насос. Задавался весьма продолжительный срок хранения и нахождения ракеты на боевом дежурстве в заправленном состоянии, что приводило к жестким условиям выбора материалов. Но самой сложной проблемой оказалась необходимость проведения спланированного объема доводочных работ в кратчайшие сроки. Казалось, это требование выполнить невозможно, поскольку опытная база предприятия была рассчитана исключительно на испытание авиационных, а не ракетных двигателей.

Для проектантов наиболее сложной задачей являлось обеспечение высокого удельного импульса маршевого двигателя при минимальной массе конструкции. При открытой схеме (без дожигания генераторного газа за турбиной) и сравнительно невысоком давлении в камере сгорания этого можно было достичь исключительно в условиях высокой степени расширения сопла. Но при считавшемся оптимальным давлении в камере (60–70 атм) размеры выходного сечения оказывались огромными: диаметр сопла превышал мидель ракеты! Рассматривался вопрос о разработке двигателя замкнутой схемы с дожиганием генераторного газа, что позволяло поднять давление в камере до 200 атм. Но от этого варианта отказались по нескольким причинам: создание принципиально новой камеры с дожиганием представлялось неопределенной задачей, прежде всего в части достижения требуемой полноты сгорания, да и двигатель оказывался раза в полтора тяжелее.

Заместитель главного конструктора по расчетам С. А. Кирзнер и начальник отдела перспективного проектирования В. В. Старовойтенков предложили в традиционной схеме без дожигания «сместить» оптимум давления за счет существенного повышения среднего КПД турбонасосного агрегата (ТНА). Была разработана двухступенчатая турбина с вдвое большей эффективностью, чем у применявшихся ранее одноступенчатых, а также принят ряд мероприятий по повышению КПД центробежных насосов. Усовершенствовали систему выхлопа, обеспечившую максимальное расширение генераторного газа на турбине и максимально возможную тягу выхлопных труб. Таким образом можно было повысить давление в камере до 150 атм при том, что потери удельного импульса на привод ТНА составили всего 1.3% от теоретически возможного.

Благодаря указанным мероприятиям, удалось использовать ряд преимуществ открытой схемы по сравнению с вариантом с дожиганием генераторного газа, в том числе снизить массу, упростить, удешевить и ускорить разработку и доводку двигателя. На базе разработанных 15Д13 и 15Д14 и их узлов и агрегатов в кратчайшие сроки были созданы другие двигатели – 5Д22, 5Д18, 5И28, 5Д54, 5Д55, 5Д56, 12А6, 13А6, 5Д21, 5Д29.

Трудная задача достижения требуемых массовых характеристик усложнялась тем, что двигатели были «нагружены» дополнительными функциями: требование минимального импульса последствия привело к необходимости установки семи (!) отсечных пироклапанов, в рулевой ЖРД вошли газогенераторы наддува баков ракеты, во входную магистраль окислителя маршевого двигателя был введен эжектор, повышающий давление перед насосом на 0.9 атм. К существенному росту массы привела установка электрооборудования систем регулирования, рекомендуемого заказчиками.



▲ Маршевый двигатель второй ступени межконтинентальной баллистической ракеты УР-100

В борьбе за снижение массы двигателей использовалось все возможное. Интересно, что наибольший эффект приносили не революционные решения на уровне изобретений, а то, что уже давно известно и применялось: например, увеличение скорости компонентов топлива в трубопроводах двигателей до 15–20 м/с, применение сухарных замков вместо фланцевых соединений для крепления крышек насосов, использование камеры эжектора в качестве смесительной и т. д.

Сопло камеры профилировалось с использованием нового по тому времени метода В. Д. Курпатенкова, дающего контур с изломом образующей, что позволило существенно укоротить и облегчить оболочку.

Создание двигателей для второй ступени межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) УР-100 стало одной из вершин творчества ОКБ-117.

В 1957 г. Соединенные Штаты приняли программу массового развертывания МБР второго поколения Minuteman-1, а в 1962 г. – Minuteman-2, предусматривающую постановку на боевое дежурство почти 1000 этих легких ракет. Для обеспечения ядерного паритета в Советском Союзе решили создать новый комплекс шахтного базирования на основе межконтинентальной ракеты УР-100 (8К84)\* разработки ОКБ-52 генерального конструктора В. Н. Челомея. Проектирование двигателей 15Д1/15Д2 (РД-0216/0217) для первой ступени было поручено ОКБ-154 (ныне КБ химавтоматики), для второй ступени – маршевого 15Д13 и рулевого 15Д14\*\* – ОКБ-117 (с 1970 г. – ЛНПО имени В. Я. Климова) под руководством главного конструктора С. П. Изотова.

Работы начались в конце 1962 г. – как раз во время объединения коллективов С. П. Изотова и А. С. Мевиуса. Техническое задание предписывало разработку двух автономных двигателей – однокамерного маршевого с тягой 13.4 тс и четырехкамерного рулевого с тягой 1.5 тс. Несмотря на уже имевшийся опыт, перед ленинградским коллективом возникло множество серьезных проблем. Прежде всего, нужно было добиться высокой экономичности двигателей при минимальной массе, минимальном импульсе последствия и полной ампулизации конструкции.

Предстояло обеспечить управление значением тяги в пределах  $\pm 12\%$  при соотношении расхода компонентов  $\pm 10\%$ , а также работоспособность ЖРД на топливе, насы-

\* По классификации США и НАТО – SS-11 Mod.1 Sego.

\*\* Связка двигателей получила обозначение 8Д419.

Агрегаты двигателя проектировались с минимально возможными запасами прочности. В этих вопросах значительную роль играл отдел прочности, руководимый В.И. Образцовым\*. Итог этих работ – минимальная, на уровне высших отечественных и мировых достижений, масса маршевого и рулевого двигателей. В 1993–1994 гг. в ЦИАМе проводилось сопоставление технических характеристик зарубежных и отечественных ЖРД с выработкой критериев оценки, методик. По свидетельству экспертов, связанных с этими работами, двигатели ЛНПО имени В.Я. Климova действительно имели лучшие массовые характеристики.

К концу 1963 г. проектирование двигателей было закончено, 12-томный эскизный проект прошел экспертизу, и предприятие приступило к подготовке производства. Необходимо было освоить целый ряд технологий. Прежде всего это касалось камер: выполнение полностью фрезерованных гофр на внутренней оболочке камеры и сопла, изготовление бронзовой вставки в районе критического сечения сопла, ее соединение со стальными оболочками камеры и сопла, отработка новых процессов пайки.

В 1964 г. коллектив ОКБ-117 включал около 450 инженеров и техников; 90% специалистов были заняты всевозможными работами по двигателям для 8К84. К середине 1964 г. эта напряженная деятельность стала давать результаты: опытный завод поставил первые экземпляры двигателей, началась подготовка к огневым испытаниям, которые предполагалось вести в филиале №1 НИИТП (в то время НИИ-1) в 25 км от г. Нижняя Салда – там заканчивался монтаж стендов.

Это очень интересный городок: почти весь деревянный, с каменной трехпрестольной Никольской церковью (построена Никитой Демидовым), стариннейшим «железодельным» заводом, краеведческим музеем. Через город течет приток Тагила – река Салда с прудом, где молодежь испытательной станции организовала воднолыжную секцию. Рядом с городом – кедровая роща; в сезон сбора бабушки на рынке продают распаренные в русской печи кедровые шишки – на всю жизнь запомнил этот запах!

Коллектив инженеров-испытателей на 90% молодежный: выпускники Казанского и Куйбышевского авиационных институтов со стажем работы год или два.

В Ленинграде были спроектированы три установки:

- ◆ стенд №1 – для «земных» испытаний связки маршевого и рулевого двигателей;
- ◆ стенд №3 – для «высотных» испытаний рулевого двигателя;
- ◆ стенд №4 – для «высотных» испытаний маршевого двигателя.

Стендовые высотные установки имели барокамеры, к которым пристыковывались газодинамические трубы, имевшие входную конфузурную часть и выходной диффузор. При запуске двигателей за счет эжекции воздуха в барокамерах создавалось разрежение (абсолютное давление – 0.06 атм), течение в соплах камер было безотрывным, что позволяло измерять характеристики двигателя.

\* Один из соратников академика В.Я. Климova, участвовавший в разработках первого советского турбореактивного двигателя ВК-1.

Примерно в это же время ленинградский серийный завод №466 («Красный Октябрь») подготовился к выпуску двигателей. В течение 10 месяцев нужно было начать и закончить доводку, провести государственные (межведомственные) испытания, наземные тесты в составе второй ступени ракеты и передать двигатели на летные испытания 8К84.

Производственная программа двух заводов (серийного и опытного), предусматривавшая выпуск до 20 и более комплектов двигателей в месяц, порождала сплошной поток проверок и испытаний. Нередко в течение одних суток на испытательной станции в дневную и вечернюю смены шли прожиги двух связок 8Д419 на первом стенде и еще одно испытание маршевого или рулевого двигателя на стендах №4 или №3.

Из Ленинграда на Урал были командированы инженеры-испытатели, мотористы, слесари, прибористы, лаборантки. Около 200 человек проживало в заводских гостиницах Верхней и Нижней Салды. Каждый день утром и вечером на двух-трех автобусах ездили на испытательную станцию. Обычный цикл (подготовка материальной части к работе, монтаж, проведение испытания, демонтаж, нейтрализация, разрезка и дефектация двигателя, обработка материалов, подготовка заключения по испытанию и согласование его с военпредами) занимал, как правило, пять-шесть дней. Но уже через 20 минут после прожиги (в крайнем случае, через 2 часа) становилось ясно, успешно он прошел или нет.

Не все шло гладко. Вспоминается такой случай. Идет очередной прожиг связки 8Д419, примерно сотая секунда работы. Внезапно из-за спин находящихся в пультовой раздается крик: «Штора! Штора! Штора!..» Это заместитель главного конструктора по испытаниям Г.И. Мирзабекян заметил, что поперек струи истекающего из сопла газа опускаются стендовые шторные ворота. За несколько секунд часть створки ворот площадью 2 м<sup>2</sup> полностью выгорела (не прерывавшиеся испытания были признаны зачетными и успешными)...

Или еще случай. На стенде №1 идет подготовка к испытанию связки. Внезапно отрывается дренажный кран на концевом трубопроводе окислителя, и находящийся поблизости инженер-испытатель Николай Лычев с ног до головы заливается азотным тетроксидом (к счастью, он успел закрыть глаза руками, а работавшие рядом мотористы поставили его под водяной душ). Характерна реакция Николая: сменил одежду, спецкостюм и... вернулся на стенд продолжать работу. Рыже-бурые пятна на лице и на руках держались месяц-полтора.

Однажды на стенде №4 при подготовке двигателя 15Д13 к прожигу по случайному сигналу, поступившему с пульта другого стенда, произошел несанкционированный подрыв пиропатрона пусковой камеры. Запуск не состоялся, так как стендовые пневмоклапаны были закрыты, но ротор ТНА ушел в «разнос»: двигатель оказался полностью непригодным к дальнейшему использованию и был снят с испытания...

Случались и другие неприятности: например, аварийные сбросы в атмосферу компонентов топлива. Руководство при этом считало, что вред здоровью испытате-



Фото А.Х. Орроших

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

▲ Экспонат музея завода имени Климova, изображающий двигатель 15Д13

лей компенсируется лечебно-профилактическим питанием, шестичасовым рабочим днем и другими льготами. Условия, в которых жили и трудились ленинградцы, оставляли желать лучшего: примитивные гостиницы-общежития без самых необходимых удобств, работа в полторы смены в помещениях, где почти постоянно ощущался запах компонентов (это означало, что их концентрация в воздухе намного превосходит предельно допустимую). Тяжело приходилось девушкам-лаборанткам, занимавшимся расшифровкой результатов испытаний: чаще всего их работа происходила во вторую смену, а иногда и в ночь.

Курировал испытания заместитель главного конструктора Г.И. Мирзабекян, а руководил всеми работами начальник испытательного цеха Г.Г. Новичков. С.П. Изотов неоднократно бывал на станции: требовал от конструкторов тщательного отслеживания всего, что происходит на испытаниях. Надо отметить, что далеко не все проходило безоблачно. Много сил тратилось на устранение разных дефектов в работе стендового оборудования. Например, долго боролись с обеспечением сплошности поступления компонентов топлива в двигатель в условиях максимальных концентраций растворенного азота. ЖРД страдали множеством «детских болезней»: в маршевом имели место протечки окислителя в турбину, что через 15–20 сек работы приводило к разрушению диска первой ступени турбины, в рулевом случался «затянутый» запуск, причиной которого являлось неожиданное длительное заполнение трубопроводов рулевых камер.

Осенью 1964 г. ОКБ столкнулось с разрушениями камеры маршевого двигателя по причине возникновения высокочастотных колебаний (ВЧК) процесса горения. Этот дефект был слабовоспроизводимым: происходил один раз

на 10–15 успешных испытаний. Начались поиски мероприятий по устранению «высокой частоты». Были испробованы до десяти вариантов форсуночной головки камеры, введены и установлены антивибрационные перегородки на огневом днище и другие мероприятия. К решению вопроса подключились научные институты, в частности ЦИАМ и НИИ-1.

Насколько сложна была ситуация с ВЧК, мы, молодые специалисты ОКБ-466, тогда и не подозревали. Между тем над предприятием «сгустились тучи». Наш заказчик – Завод имени М. В. Хруничева – «стоял» целых три месяца, вместе с ним простоял и Омский авиазавод № 166 (ныне – ПО «Полет») и Оренбургский авиазавод № 47 (ПО «Стрела»). Любопытная картина: двигатель 8Д419 без замечаний проходит на стенде контрольно-выборочные испытания, позволяющие произвести поставку партии из пяти комплектов, но военпреды запрещают поставку, так как за несколько дней до этого такой же в точности двигатель сошел с испытаний по причине высокочастотных колебаний.

Серьезность ситуации стала понятна после совещания, проведенного первым заместителем председателя Совета Министров СССР Д. Ф. Устиновым в Ленинграде. Тогда Дмитрий Фёдорович сказал министру авиационной промышленности П. В. Дементьеву: «До решения вопроса я бы на твоём месте здесь (в кабинете Изотова) поставил бы себе раскладушку». К счастью, в тот момент по ВЧК было уже все ясно (почему происходят и как их надо устранять).

Кстати, нам, молодым инженерам, на совещании, о котором упоминалось выше, посчастливилось познакомиться с В. Н. Челомеем. «Высокое начальство», выполнив необходимую «миссию», быстро оставило

▼ Макет ракеты УР-100 в шахте, на переднем плане – головная часть УР-100К с тремя боевыми блоками

остальных решать конкретные вопросы. А Владимир Николаевич с разрешения Изотова спустился в подвал и там осматривал наш «музей»: на стеллажах были разложены сотни дефектных деталей, узлов двигателей, фотографии, заключения по проведенным исследованиям, копии осциллограмм. Владимир Николаевич задавал множество вопросов, вникал в подробности, прочитывал заключения, сам высказывал свои соображения. Заметив наше удивление, он пошутил: «Важнее понять причину, почему не работает машина, чем знать, почему она работает» – и сказал, что не жалеет о потраченном на поездку в Ленинград времени...

Наконец в декабре 1964 г. причина возникновения ВЧК была найдена. Начальник отдела камер сгорания В. П. Сигалов обратил внимание на характер разрушения импульсных трубок, присоединяемых к полостям камеры. На камерах, разрушенных от ВЧК, трубки были оторваны (место разрыва похоже на срез), но разрушение одной из импульсных трубок, присоединенных к газовой полости камеры, совершенно явно происходило вследствие внутреннего взрыва. Виктор Петрович предположил, что при запуске из газовой полости камеры в трубку попадают окислитель и горючее, и через некоторое время (одна-две секунды после запуска) в трубке происходит взрыв, который инициирует возникновение ВЧК. Это предположение, множество раз проверенное на специально организованных экспериментах, блестяще подтвердилось. Были разработаны мероприятия по устранению таких трубок из конструкции камер сгорания. С 50 ракет были демонтированы и доработаны двигатели; начался новый этап работ: проведение межведомственных испытаний (с теми же темпами и интенсивностью). Затем производство двигателей было переведено в Омск на Моторостроительный завод имени П. И. Баранова: испытания проводились там же, на стендах Химзавода, принадлежащего предприятию. И далее такой дефект не возникал в течение всего жизненного цикла двигателя.

Выявление причин возникновения высокочастотных колебаний и их устранение привело к тому, что на многих предприятиях отрасли были проведены мероприятия по устранению полостей, в которых могло происходить инициирование ВЧК. Начальник отдела камер сгорания Виктор Петрович Сигалов был награжден орденом Ленина.

Напряженная работа коллектива ОКБ-117 дала свои плоды: в кратчайшие сроки был спроектирован, отработан и запущен в производство современный ЖРД с высоким техническим уровнем. Решающая роль в этом принадлежала главному конструктору С. П. Изотову. За создание двигателей для ракеты 8К84 Сергей Петрович был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Стратегический ракетный комплекс УР-100 с ракетой 8К84 был принят на вооружение постановлением Совмина СССР от 21 июля 1967 г. № 705-235 и вскоре составил основу стратегических ядерных сил СССР, обеспечив ядерный паритет с США. МБР обладала максимальной дальностью стрельбы 10 600 км с круговым вероятным отклонением 1000–1400 м. Стартовая масса ракеты составляла 41.4–42.3 т, длина – 16.93 м и диаметр – 2 м. Тяга марше-

вой двигательной установки первой ступени у земли – 80 тс, а в пустоте – 87 тс при удельном импульсе 274 и 306 сек соответственно. Общая тяга двигателей второй ступени – 14.9 тс при удельном импульсе 318 сек.

Ракета долгие годы стояла на вооружении РВСН и проявила себя достаточно надежным изделием. Но, как известно, все, что создано руками человека, имеет надежность меньше единицы. Не стала исключением и «Сотка»... Во время грандиозного воздушного парада в честь 50-летия Октябрьской революции, проходившего в Домодедово 9 июля 1967 г., руководителям страны передали срочное сообщение: при проведении регламентных работ произошел взрыв ракеты 8К84\*. К вечеру того же дня была сформирована государственная комиссия, и через сутки уже в воинской части она приступила к работе.

По версии военных, произошла разгерметизация полостей горючего, его самовоспламенение на воздухе, прогар бака горючего и, как следствие, взрыв первой и второй ступеней с выбросом ракеты из шахты. Наша подкомиссия (ею руководил С. П. Изотов) по результатам осмотра остатков материальной части пришла к выводу: имел место обычный (от штатного пиропатрона) запуск рулевого двигателя 15Д14 и работа четырех его камер в течение 15–30 сек. При этом действительно последовал прожог баков первой ступени и последующий выброс ракеты из шахты (крышка шахты была сдвинута). Специалисты из ОКБ-52 в течение трех дней установили причину подрыва пиропатрона: сержант, проводивший работу в оголовочной камере шахты, где находится пульт для проведения регламента, перепутал места соединения штекерных разъемов.

Позже, по словам нашего военпреда, в другом месте примерно через месяц случилось то же самое\*\*, но уже с гибелью нескольких человек. Инцидент имел место при работах с закрытой крышкой шахты. Госкомиссия тогда не собиралась, а может быть, нас не приглашали. Для меня остается загадкой: чья это ошибка? Знаю, что изначально штекеры перепутать было невозможно, так как они разного типа. Но кто-то из подразделения нормализации и стандартизации ОКБ-52 потребовал применить однотипные штекерные разъемы.

В практике ЛНПО имени В. Я. Климова случаи такого порядка также происходили. Однажды это вышло с 15Д13. На одном из летных испытаний 8К84 тяга двигателей второй ступени ракеты оказалась на уровне 65–70% от номинальной. То же самое следовало и из результатов телеметрических измерений. Узвязка параметров показала, что средний КПД турбонасоса на этом двигателе был примерно вдвое меньше расчетного (тот объем измерений, который предусматривала телеметрия, не позволял сделать более подробные выводы). После долгих и мучительных поисков были найдены обломки ракеты. Дефектацию останков двигателей проводили на заводе «Красный Октябрь». Обнаружилось, что направляющий аппарат между пер-

\* По другим данным, авария произошла в июне 1967 г. в Пермской ракетной дивизии. – Ред.

\*\* Авария случилась 5 августа 1967 г. в Красноярской дивизии. – Ред.

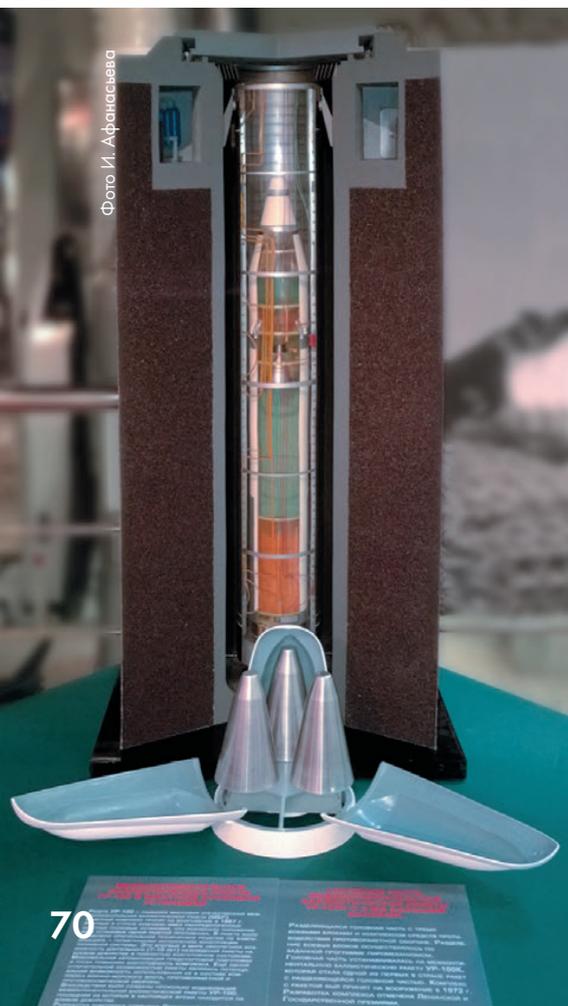


Фото И. Афанасьева



Фото А.Х. Орощих

▲ Двигатель для установки на гиперзвуковой аналог орбитального самолета «Спираль»

вой и второй ступенями турбины установлен неправильно – перевернут на 180°. Тотчас же изменили конструкцию, чтобы установка была возможна только в правильном положении. Весь задел был проконтролирован рентгеном.

Начальный срок службы двигателей 8Д419 составлял десять лет. По его истечении ЛНПО имени В. Я. Климова занималось продлением этого срока на пять лет, а затем еще на пять. Основными трудностями, препятствующими продлению ресурса, были всеяческие неметаллы и комплектующие агрегаты. Например, разработчики электропривода одного из дросселей системы регулирования отказались продлевать сроки эксплуатации. Пришлось организовывать замену этого электропривода на вновь изготовленный. Для этого инженер из летно-эксплуатационного отдела ЛНПО опускался в зазор между стенкой шахты и ракетой (примерно 200 мм) на глубину 7–8 м и через соответствующий лючок выполнял замену электропривода. Побуждающими стимулами в этом деле были энтузиазм исполнителя и некоторые премиальные...

Имея уже достаточно богатый опыт в проектировании и доводке ЖРД, ОКБ-117 участвовало в различных работах по новой технике. Например, ОКБ-52 выдавало технические задания на двигатели для ракетных блоков кораблей ЛК и ЛК-700, которые коллектив В. Н. Челомея проектировал по лунной программе в качестве альтернативы разработкам ОКБ-1 С. П. Королёва. Аналогичные запросы поступали от Г. Е. Лозинко-Лозинского на двигатели для орбитального самолета системы «Спираль».

В последнем случае «навскидку» вполне подходили наши двигатели 5Д21 и 5Д29 (маршевый тягой 9.6 тс и рулевой тягой 4×0.375 тс), разработанные для изделий МКБ «Факел»: они прошли межведомственные испытания, но требовали солидной до-

работки. В самолет надо было написать два 5Д21 и рулевой, но только с двумя рулевыми камерами вместо четырех.

Главные трудности заключались в обеспечении многократности использования: не менее пяти остановов и последующих пяти запусков с минимальным объемом обслуживания между пусками. В надежности и качестве основных узлов сомнений не было (они представляли собой слегка измененные элементы двигателей 15Д13 и 15Д14), но возникли вопросы по ресурсу турбонасосов. На испытаниях, проводившихся на стендах КБхиммаш в Фаустово, двигатели (им присвоили индексы 5Д21М и 5Д29М) нарабатывали до двух часов с многократными остановками, продувками и последующими запусками. Для нас это были совершенно уникальные результаты. ЖРД были подготовлены к государственными испытаниям, к установке на орбитальном самолете...

Развертывание во второй половине 1960-х годов работ по

ракетах различных типов с большой продолжительностью полета потребовало создания нового поколения бортовых источников питания (БИП) большой мощности. После совещания с привлечением ведущих специалистов и главных разработчиков ракетного оружия на правительственном уровне было решено при заводе «Красный Октябрь» организовать новое ОКБ, которому поручалась разработка, изготовление и доводка БИП совместно с ОКБ-670 главного конструктора М. М. Бондарюка – последняя организация в этих работах стала головной.

Приказом министра авиапромышленности от 9 января 1968 г. № 14. А. С. Мевюс был назначен начальником организованного на заводе п/я А-8006 («Красный Октябрь») филиала МКБ «Красная Звезда» (такое наименование получило ОКБ-670) и заместителем М. М. Бондарюка. Вместе с Анатолием Сергеевичем на новое место работы из ОКБ-117 пришел коллектив из 20 человек.

В ОКБ велась доводка БИП 5И43 для ракеты 5В21 и 4Е60 для ракеты 4К60 корабельного зенитного ракетного комплекса М-11 «Шторм», велась подготовка для запуска в производство документации на БИП 5И47 (5И47Н) для ракеты ПВО 5В28.

БИПы этого поколения представляли собой газотурбинные установки, работавшие на тех же компонентах топлива, что и маршевые двигатели, с редукторами для приводов электрогенераторов и гидронасосов. Электрогенераторы обеспечивали бортовое оборудование ракет различным напряжением (общая мощность потребителей до 3.5 кВт), а гидронасосы создавали давление жидкости ЛЗМГ-2, достаточное для привода рулевых машин.

Коллектив филиала провел большой объем конструкторских, исследовательских и натурных работ для обеспечения работоспособности БИП во всем оговоренном по техническому заданию температурном диа-

пазоне. Для 5И43 был разработан новый газогенератор, обеспечивший его надежную работу при температурах до -50°C.

Твердотопливный БИП 4Е60 для ракеты 4К60 был разработан под руководством Л. С. Душкина, доводился и дорабатывался в МКБ «Красная Звезда» и в его филиале при заводе «Красный Октябрь». Пуски опытных газогенераторов производились с учетом возможного температурного диапазона использования изделия: на 6 июня 1968 г. было произведено при температуре -50°C – девять пусков, при +65°C – два пуска, при +15°C – один пуск. Особые сложности возникли при проведении конструкторских, исследовательских работ и натурных испытаний для обеспечения надежной работы при температуре до -50°C. Состоялась серия прожигов для определения потребной величины пороховой навески, обеспечивавшей привод БИП. С июля 1968 г. завод «Красный Октябрь» выпускал опытные БИП уже с доработками, произведенными по итогам испытаний.

По результатам доводки конструкторская документация на 5И43 и 4К60 была откорректирована, переиздана и предъявлена МВК для утверждения к серийному производству.

Директор завода М. Н. Ляпунов и заместитель главного конструктора ОКБ А. С. Мевюс предлагали создать при заводе «Красный Октябрь» самостоятельное конструкторское бюро. Была согласована структура и с участием руководства министерства подготовлен соответствующий приказ по МАП, но внезапная смерть Анатолия Сергеевича 20 мая 1969 г. прервала исполнение этих планов.



Фото из архива семьи А. С. Мевюса

▲ Анатолий Сергеевич Мевюс

Последняя завершённая работа А. С. Мевюса – доклад, в котором освещались основные этапы работ по ЖРД и предлагались решения по повышению эффективности двигателей. Доклад был подготовлен к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по совокупности выполненных работ, защита предполагалась в середине 1969 г.

Филиал МКБ «Красная Звезда» просуществовал на заводе «Красный Октябрь» до 1970 г. и был закрыт из-за отсутствия явного лидера, способного возглавить работу многочисленного коллектива...

**18 июня** на 57-м году жизни после тяжелой и продолжительной болезни скончался бывший командующий Космическими войсками России, бывший глава Федерального космического агентства, генерал армии запаса **Владимир Александрович Поповкин**.

Владимир Поповкин родился 25 сентября 1957 г. в Душанбе, где после службы в армии работал его отец. В 1968 г. семья переехала в г. Калинин, где Володя окончил физико-математическую школу. В 1974 г. он поступил в Военный инженерный Краснознаменный институт (ВИКИ) имени А.Ф. Можайского в Ленинграде. На механическом факультете Владимир Поповкин изучал конструкции ракет-носителей и спутников. В 1979 г. он окончил ВИКИ, защитив дипломную работу на тему «Проектирование ядерной энергетической установки для космического аппарата».

Лейтенант Поповкин выбрал местом службы космодром Байконур и получил назначение начальником отделения в 32-ю отдельную инженерно-испытательную часть на «гагаринской» второй площадке. Через год он стал начальником отделения, потом начальником команды, проводившей испытания космических аппаратов на герметичность и проверявшей в безэховой камере системы стыковки пилотируемых кораблей. Благодаря его настойчивости и целеустремленности, высокой самодисциплине, инженерной квалификации и умению работать с людьми, через три года команда заняла первое место в соревновании и стала лучшей. И тогда командир части Ю. И. Лукьянов подписал рапорт старшего лейтенанта Поповкина о направлении на учебу.

В 1984–1986 гг. Владимир Александрович учился в Москве в Военной академии имени Ф.Э. Дзержинского и окончил ее с отличием. Затем по приглашению начальника Главного управления космических средств (ГУКОС) генерал-полковника А. А. Максимова капитан Поповкин проходил службу в ГУКОС МО СССР (с 1989 г. – Управление начальника космических средств, УНКС) в должностях инженера отдела, офицера и старшего офицера отдела, отвечающего за заказы по теме «Буран» и за программу целевого использования многоразовой системы.

С августа 1991 г. В. А. Поповкин служил в Главном оперативном управлении Генерального штаба ВС СССР, ОВС СНГ и ВС РФ на должностях старшего офицера-оператора, начальника группы, заместителя начальника направления. А по вечерам... подрабатывал частным извозом на «Жигулях», доставляя офицера в качестве поощрения за участие в программе «Буран». Время было тяжелое, зарплату выдавали с опозданием на несколько месяцев.

В 1999 г. он был назначен начальником направления одного из управлений Главного оперативного управления Генерального штаба (ГОУ ГШ) и курировал все космические силы и средства, используемые РВСН,



## Владимир Александрович ПОПОВКИН

**25.09.1957–18.06.2014**

ГРУ ГШ, Управлением начальника связи, ВВС и ВМФ. Как и многие другие военные руководители, Владимир Поповкин считал ошибкой ликвидацию в ноябре 1997 г. Военно-космических сил. Его инициативу по воссозданию космического рода войск поддержали начальник ГОУ ГШ генерал-полковник Ю. Н. Балуевский и начальник Генштаба генерал армии А. В. Квашнин. 24 марта 2001 г. вышел указ Президента Российской Федерации, предусматривавший создание Космических войск. Название новому роду войск предложил В. А. Поповкин.

В июле 2001 г. генерал-майор Поповкин был назначен начальником штаба – первым заместителем командующего Космическими войсками РФ и взял на себя всю практическую работу по их формированию и подготовке основополагающих документов по управлению войсками, концепции развития, планам строительства. Тогда он стал часто общаться с прессой и производил впечатление очень квалифицированного, умного, интеллигентного человека. Он никогда не устраивал разносы подчиненным – но «внушения», сделанные вкрадчивым, негромким баритоном, всегда доходили до сознания провинившегося.

Три года спустя командующий Космическими войсками А. Н. Перминов возглавил Роскосмос, а генерал-лейтенант Поповкин указом Президента РФ от 10 марта 2004 г. № 337 был назначен новым командующим. Указом от 22 февраля 2005 г. № 194 Владимиру Александровичу присвоили воинское звание генерал-полковника.

При В. А. Поповкине сдвинулось с мертвой точки строительство технического и стартового комплекса для перспективного семейства РН «Ангара» в Плесецке. При его активном участии была разработана и принята в ноябре 2005 г. программа развития российских космодромов, а в ноябре 2007 г. состоялось решение о создании нового космодрома Восточный. Были размещены заказы на разработку и изготовление КА военного назначения нового поколения и начались их запуски.

В мае 2005 г. в Лехтуси под Санкт-Петербургом началось строительство новой РЛС высокой заводской готовности «Воронеж-М» для ракетно-космической обороны, и уже в декабре 2006 г. она была поставлена на опытно-боевое дежурство. В мае 2006 г. приступили к строительству головной РЛС «Воронеж-ДМ» в районе Армавира, а затем и других объектов. Осуществлялась реконструкция и модернизация объектов Системы контроля космического пространства.

С 30 июня 2008 г. указом Президента РФ № 1010 В. А. Поповкин назначен начальником вооружения Вооруженных сил РФ – заместителем министра обороны РФ. 22 февраля 2009 г. ему присвоили воинское звание генерала армии, а 30 марта того же года Владимир Александрович был уволен с военной службы в запас и переведен в разряд федеральных государственных служащих с сохранением занимаемой должности.

30 апреля 2010 г. ему был присвоен классный чин действительного государственного советника РФ 2-го класса.

Указом Президента РФ от 21 июня 2010 г. № 767 В. А. Поповкин был назначен первым заместителем министра обороны. Находясь на постах начальника вооружения и первого заместителя министра, он внес большой вклад в оснащение Вооруженных сил РФ передовыми образцами техники. Владимир Александрович не останавливался перед закупкой передовых образцов вооружения на Западе. Наибольшую известность приобрел подготовленный при нем и подписанный в июне 2011 г. контракт на строительство во Франции двух вертолетоносцев класса Mistral, но не стоит забывать и то, что В. А. Поповкин как командующий Космическими войсками санкционировал закупку французских радиовысотометров Sadko для спутников космического геодезического комплекса «Гео-ИК2».

А дальше вмешалась судьба: потеря в декабре 2010 г. «Протона» с тремя спутниками системы ГЛОНАСС, а в феврале 2011 г. – первого КА «Гео-ИК2» повлекла за собой непродление контракта (по достижении предельного возраста для госслужащего) с главой Роскосмоса А. Н. Перминовым. Распоряжением Правительства РФ от 29 апреля 2011 г. № 749-р Владимир Александрович Поповкин был назначен новым руководителем Федерального космического агентства.

Ранее в тот же день президентским указом №552 он был освобожден от должности первого заместителя министра обороны.

Владимир Поповкин согласился пойти с понижением на «расстрельную» должность: он считал себя обязанным спасти космическую отрасль России, явным образом входившую в кризис. Год 2011-й проявил тяжелые тенденции во всей стране. Он был отмечен не только долгожданным успешным запуском уникального научного аппарата «Спектр-Р» и двумя первыми стартами российского носителя «Союз-СТ» с космодрома Куру, но и целой серией аварий. За одну неделю августа на давно отработанных носителях были потеряны «Экспресс-АМ4» и «Прогресс М-12М». В ноябре отказал через считанные часы после выхода на орбиту первый за 15 лет российский межпланетный аппарат «Фобос-Грунт», а в декабре погиб очередной «Меридиан».

Расследование выявило целый комплекс причин: отсутствие надежной элементной базы, развал производственной кооперации, падение конструкторской и производственной дисциплины, деградация военной приемки, массовый уход специалистов советской закалки и невозможность удержать молодых инженеров и рабочих на нищенских зарплатах. Предстояла тяжелая работа сразу на двух фронтах: срочное решение текущих проблем и стратегическая реорганизация отрасли.

Денис Лысков, статс-секретарь и заместитель руководителя Роскосмоса, вспоминал: «Владимир Александрович был трудолюбивым в хорошем смысле этого слова: все документы вычитывал сам, с работы уходил последним, был фанатично предан своему делу и всегда стремился досконально разобраться в любом вопросе, чтобы принять правильное решение». С ним согласен и советник руководителя Фонда Сколково Сергей Жуков: «Поповкин, особенно в начальный период руководства отраслью, мало спал и очень много работал. Думаю, до того, как прийти в агентство, он не представлял себе всей степени тяжести положения, в котором находилась ракетно-космическая промышленность».

В 2011 г. Роскосмосом был подготовлен проект государственной программы «Космическая деятельность России», которая была утверждена в декабре 2012 г. и собрала «под одной крышей» три прежде самостоятельные федеральные целевые программы. Весной 2012 г. была разработана Стратегия развития российской космонавтики, утвержденная в апреле 2013 г. как Основы политики РФ в области космической деятельности до 2030 г. и на дальнейшую перспективу. Были официально расставлены новые приоритеты: в первую очередь – прикладные космические системы в интересах обороны и народного хозяйства, затем научные исследования и пилотируемая программа.

В.А. Поповкин убедил правительство в необходимости резко повысить финансирование космической деятельности, и бюджет Роскосмоса увеличился с 94,3 млрд руб в 2011 г. до 167,6 млрд руб в 2013 г. Средняя зарплата работников отрасли была доведена до 30 000 руб в 2011 г. и до 38 000 руб в 2012 г.

В агентстве был создан единый центр заказов космической техники вместо несколь-

ких тематических заказывающих управлений. Для контроля качества продукции создавались представительства Роскосмоса в организациях и на предприятиях ракетно-космической промышленности. Были заменены руководители нескольких крупных космических фирм. По итогам проверки фискальных органов, инициированных Роскосмосом, был возбужден ряд громких уголовных дел.

В ответ – пожалуй, впервые в истории отечественной космонавтики – началась травля принципиального руководителя. Особенно изошрялись некоторые противники В.А. Поповкина и подхватившие их клевету «принципиальные» журналисты и блоггеры после того, как 7 марта 2012 г. главу Роскосмоса госпитализировали в нейрохирургическое отделение Главного военного клинического госпиталя имени академика Н.Н. Бурденко.

В это же время, в первой половине 2012 г., по инициативе В.А. Поповкина был проведен первый в истории СССР и России открытый конкурсный набор кандидатов в космонавты. В этом же году начались полномасштабные строительные работы на космодроме Восточный.

Занимаясь реорганизацией «фирм-гигантов» советского периода, В.А. Поповкин считал необходимым помочь становлению новых частных предприятий. Он побывал в США у Элона Маска и был впечатлен эффективной организацией работы SpaceX. По его настоянию лицензию на осуществление космической деятельности в России получили частные компании «Спутникс», «Даурия Аэропейс» и «Спектралазер».

Всемерную поддержку Владимир Александрович оказывал и единственному в России частному новостному космическому журналу «Новости космонавтики».

В.А. Поповкин видел путь реформирования ракетно-космической отрасли в создании государственной корпорации Роскосмос по образцу Росатома. Он надеялся, что с получением соответствующих властных полномочий сможет принять чрезвычайные меры и навести порядок в отрасли. Владимир Александрович привлек к разработке и экспертной оценке концепции команду Сергея Жукова, которая предложила другой вариант: разделить функции Роскосмоса как заказчика и промышленной корпорации как исполнителя госзаказа.

После новой неудачи «Протона» в августе 2012 г. вопрос о реорганизации отрасли был перенесен на уровень правительства. Поповкин продолжал отстаивать идею госкорпорации. Экспертный совет правительства высказался за сохранение Роскосмоса как планирующего и координирующего органа, с основной задачей размещения госзаказа, при одновременном объединении предприятий отрасли в корпорацию холдингового типа, в то время как эксперты Сколково выдвинули предложение расширить полномочия Роскосмоса и создать несколько холдингов по направлениям деятельности.

В ноябре рабочая группа вице-преьера Д.О. Рогозина высказалась в пользу третьего варианта – объединения предприятий в шесть тематических космических холдингов. Однако уже в апреле 2013 г. Рогозин склонился к необходимости реорганизации

отрасли в единую структуру. Предложение о создании Объединенной ракетно-космической корпорации было одобрено на совещании у Президента России В.В. Путина 9 октября и реализовано в указе от 2 декабря 2013 г. «О системе управления ракетно-космической отраслью».

10 октября 2013 г. распоряжением Правительства №1839-р Владимир Поповкин был освобожден от должности руководителя Роскосмоса. Несомненно, на это решение повлияло «резонансное» падение «Протона» с тремя КА ГЛОНАСС, показанное 2 июля в прямом эфире российским телевидением. И, увы, байконурская трагедия не прибавила Владимиру Александровичу здоровья. «Добавьте к этому уже упомянутую череду аварий, в которых он не был виноват, но за которые именно он отвечал перед руководством страны, – пишет С.А. Жуков. – После падения «Протона» он высадил водителя – помчался на место аварии, надышался паров гептила... Что именно стало пусковым механизмом, запустившим смертельную болезнь? Думаю, все в совокупности».

Владимир Поповкин умер 18 июня. На следующий день ракета «Днепр» доставила на орбиту первый частный спутник, изготовленный в России компанией «Спутникс», и два аппарата фирмы «Даурия Аэропейс». А менее чем через месяц, 9 июля, первая «Ангара» выполнила успешный полет с космодрома Плесецк.

Похороны В.А. Поповкина состоялись 23 июня на Троекуровском кладбище в Москве.

В.А. Поповкин был награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV и III степени, «За военные заслуги», Почета, многими медалями. Он был лауреатом премии Правительства РФ в области науки и техники (2005), доктором технических наук, действительным членом Российской академии космонавтики.

Редакция *НК* выражает глубокое сочувствие родным и близким Владимира Александровича. Его вклад в оборону страны и в развитие российской космонавтики не будет забыт.

