

НЕПРИДУМАННЫЕ

# КОСМИЧЕСКИЕ ИСТОРИИ

ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

• ОТКРОВЕНИЯ  
ИНЖЕНЕРОВ И УЧЕНЫХ  
NASA  
• ЗАКУЛИСЬ КОСМИЧЕСКИХ  
ПРОЕКТОВ  
• ТРИУМФЫ И ТРУДНОСТИ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
КОСМОСА  
•



Правда о Вселенной, меняющая наше  
представление о космосе навсегда!

**НЭНСИ АТКИНСОН,**  
автор и редактор сайта UNIVERSE TODAY

Сенсация в науке

Нэнси Аткинсон

**Непридуманные  
космические истории**

«ЭКСМО»

2016

УДК 629.78  
ББК 39.6

**Аткинсон Н.**

Непридуманные космические истории / Н. Аткинсон — «Эксмо»,  
2016 — (Сенсация в науке)

ISBN 978-5-04-091431-9

Известный космический журналист Нэнси Аткинсон собрала в своей книге захватывающие рассказы более чем 35 инженеров и ученых NASA (Национального управления по авиации и исследованию космического пространства). Вы проникнете за кулисы космических проектов, и ваши взгляды об устройстве Солнечной системы в корне изменятся. Трудности и триумфы космических исследований, дух открытий, цветные фотографии, демонстрирующие научные победы и поражения, потрясающие виды Вселенной – все это в книге «Непридуманные космические истории».

УДК 629.78

ББК 39.6

ISBN 978-5-04-091431-9

© Аткинсон Н., 2016

© Эксмо, 2016

# Содержание

Пролог	10
Глава 1	13
Они сказали, это невозможно сделать	13
«Новые горизонты»	16
Планета или не планета?	19
Занятые люди	24
Связь потеряна	30
История легендарного «сердца Плутона»	35
День пролета	38
Плоды победы	41
Плутон как на ладони	44
Полет продолжается	50
Глава 2	51
Семь минут ужаса	51
Полеты на Марс	56
Марсоходы	57
Curiosity	61
Ночь посадки	64
По марсианскому времени	70
Вода, вода...	71
Другие открытия	78
Как управлять марсоходом	79
Проблемы роверов	86
Найти равновесие на Марсе	89
Зверь	91
Глава 3	92
Созерцание звезд	92
Преграды	95
«Очумелые ручки» в космосе	101
Космический школьный автобус	105
Новый взгляд на Вселенную	107
Как создаются красивые картинки	110
Как взглянуть сквозь окуляр «Хаббла»	115
Наследие Хаббла	118
Еще один раз	123
«Хаббл» и будущее	127
Глава 4	130
Дуализм, дихотомия, Dawn	130
Космическая станция Dawn	133
Краткая история Солнечной системы в изложении Весты и Цереры	137
Комета, астероид или планета?	140
Множественность миров Марка Реймана	141
Ионные двигатели, или Что общего между наукой и научной фантастикой?	143
Обычные ракеты в сравнении с ионными	148

Инженеры спасают ситуацию	154
Никаких «минут ужаса»	161
«Рассвет» на Церере	165
До конца...	170
Глава 5	173
Иной взгляд	173
Одиноки ли мы?	175
Первые шаги в охоте на планеты	182
История проекта «Кеплер»	185
Восторг и изумление	187
О блинах и планетах	191
Кладезь планет	193
К2	197
Добровольцы – охотники на планеты	204
Будущее планетной охоты	205
Экзистенциальные экзопланеты	208
Глава 6	210
На последних каплях топлива	210
Как составить план	215
Проблемы с Титаном	217
Научная и фотодокументальная программа	221
Открытки с Сатурна	224
«Гюйгенс» на поверхности Титана	226
Активные ледяные гейзеры на спутнике Сатурна Энцеладе	228
Удивительно активные и динамичные кольца Сатурна	231
Изучение сверхбурь на Сатурне	239
Загадки таинственных лун	241
Приозерные уголья Титана	247
Большой финал «Кассини»	250
Глава 7	251
На грани катастрофы	251
Как работает Солнце?	255
Как работает SDO	259
День запуска: 11 февраля 2010 года	260
Давайте займемся наукой!	266
Мы <3 SDO	275
Солнечные вспышки – убийцы? Нет	278
SDO и будущее	281
Глава 8	282
Восставший из праха	282
Соревнование	287
Марсианская разведка	289
HiRISE	293
Как фотографировать с быстроходной космической станции	301
Открытия MRO	307
О двух головах	309
Визит кометы	312
Вы сами можете сделать фото Марса	314
Наследие MRO	318

Глава 9	319
Доказательства программы Apollo	319
«Вернуться на Луну, чтобы больше не уходить оттуда»	325
Куда мы идем?	329
Лунные лучи	332
Новая Луна	335
Вода и многое другое	337
Луна вблизи	344
Будущее Луны	352
Глава 10	355
Космические тягачи	355
На горизонте	362
Изучение Юпитера вблизи: Juno	363
Следующий полет на Марс: Exomars	367
OSIRIS-REx: полет к астероиду	368
Задержавшийся марсианский посадочный аппарат: Insight	370
Vericolombo: первый европейский аппарат к Меркурию	371
Новое поколение космических обсерваторий: космический телескоп «Джеймс Уэбб»	374
И снова Марс: ровер «Марс-2020»	376
Полет на спутник Юпитера Европу	378
Эпилог	379
Благодарности	382
Об авторе	385
Рекомендованные дополнительные источники и литература	386

# **Нэнси Аткинсон**

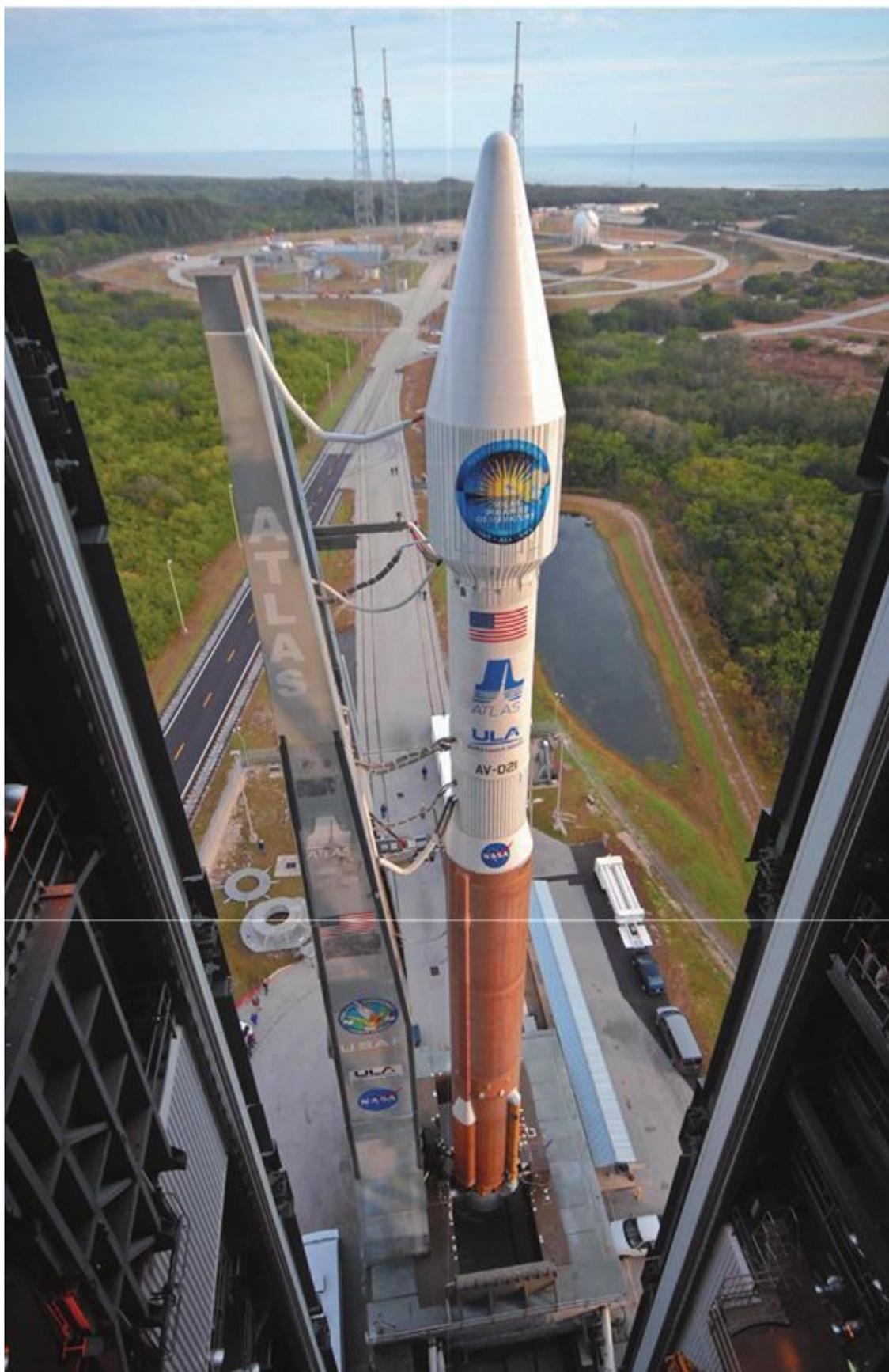
## **Непридуманные космические истории**

*Рику, навсегда*

© Краснянский А.В., перевод на русский язык, 2018

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2018

\* \* \*



*Вид с площадки тридцатипятиэтажного здания на ракету Atlas V со станцией Solar Dynamics Observatory («Обсерватория солнечной динамики»), которую начинают в вертикаль-*

*ном положении вывозить по направлению к стартовому комплексу на базе ВВС США «Мыс Канаверал». Источник: NASA*

## Пролог

### Попутчица в космических путешествиях

11 февраля 2010 года я стояла в Космическом центре имени Кеннеди во Флориде вместе с несколькими учеными, глядя на уходящую с грохотом в небо ракету. Внутри нее угнездилась автоматическая станция – чтобы воплотить ее в реальность, каждый из этих ученых потратил большую часть своей научной карьеры.

Я сама уже много месяцев ждала возможности увидеть пуск ракеты своими глазами вблизи, хотя и не подозревала, как неописуемо это впечатление вскружит мне голову. Очень советую всем испытать то же самое!

За полгода до этого я начинала готовиться к посещению другого пуска с космодрома имени Кеннеди – шестеро астронавтов экспедиции STS-130 на космическом шаттле Endeavour должны были доставить два новых компонента на Международную космическую станцию. С тех пор как в 2004 году NASA объявило, что программа Space Shuttle будет свернута в 2011 году, я знала, что хочу присутствовать на старте какой-нибудь из заключительных экспедиций, отправляющихся в космос на этом великолепном и окруженном ореолом различных историй космическом корабле. В конце концов, я ведь журналист, специализирующийся на космических исследованиях и астрономии, – что для меня могло быть интереснее и актуальнее, чем отметить статью завершение целой эпохи в космонавтике?

Но, глядя на расписание предстоящих запусков, я вскоре поняла, что могу получить больше: если я просто задержусь подольше, то мне посчастливится увидеть и другие старты. К тому же тогда я жила в Иллинойсе, и перспектива провести зимой несколько недель во Флориде казалась замечательной.

После того как я побывала на «космическом побережье» в 2010 году, я, можно сказать, могу умирать с чистой совестью: мне не только повезло увидеть целых четыре пуска ракет (два «космических челнока» и два запуска автоматических аппаратов), но и посетить различные принадлежащие NASA площадки, оказаться в закулисной жизни космического спектакля, взять интервью у десятков астронавтов, ученых, инженеров и руководителей NASA. Особенной гордостью для меня стала уникальная, единственная в жизни возможность стоять в Космическом центре имени Кеннеди на историческом пусковом комплексе 39А прямо под громадным челноком Discovery, который готовили к его предпоследнему полету.

Хотя пилотируемая космонавтика – предмет, безусловно, захватывающий и я отдала ее освещению немалую долю своей карьеры журналиста, есть в беспилотных космических станциях-роботах нечто, что всегда заставляло мое сердце биться чаще. Ведь эти машины – наши посланцы в космос, которых мы забрасываем в такие дали, куда пока нет дороги человеку. Я росла на новостях о том, как станции наподобие Mariner, Viking и Voyager<sup>1</sup> смело отправлялись в экспедиции, нацеленные в глубины космоса, и делали монументальные открытия, которые меняли наши представления о Солнечной системе прямо на глазах. Они показали нам миры, о которых раньше мы могли только мечтать, и лишь художники имели возможность их изобразить.

---

<sup>1</sup> Аппараты серии Mariner («Маринер», «Моряк») запускались NASA с 1962 по 1973 год с целью изучения Венеры, Марса и Меркурия: в частности, Mariner-4 первым заснял с близкого расстояния Марс, а Mariner-10 – поверхность Меркурия. Аппараты NASA Viking 1 и Viking 2 (серия «Викинг») стали первыми успешно выполнившими программу исследований на поверхности Марса в 1971 и 1972 годах, а два аппарата Voyager («Вояджер», «Путешественник») выполнили широкую программу исследований во время пролетов планет-гигантов, при этом Voyager 2 на данный момент является единственной АМС, побывавшей около Урана и Нептуна. – *Прим. пер.*

А теперь мы каждый день получаем реальные, ошеломляющие фотографии напрямую от космических аппаратов, находящихся возле других миров, карликовых планет, астероидов, комет или спутников других планет из нашего космического окружения. Чего бы то ни стоило, автоматические станции совершали пролеты, выходы на орбиту, мягкие посадки на небесные тела, столкновения на полной скорости с ними же, ползали по поверхности различных объектов в Солнечной системе – все во имя науки и новых открытий. Еще мы запустили в космос большие телескопы, вывели их на огромную высоту, где мутная земная атмосфера не мешает ясно видеть звезды, далекие галактики и даже планетные системы других звезд, не похожие на нашу. Все эти проекты и предприятия доказали нам, что мы обитаем в удивительной Вселенной, от которой просто захватывает дух.

Невзирая на то что такие космические исследования выполняются машинами, сделанными из металла и электронных деталей, все-таки без людей здесь не обходится. Это люди стремятся получить ответы на свои вопросы о небесах, и поэтому мы строим и запускаем такие аппараты. Человеческий гений позволяет рассчитать траектории и эфемериды (расчеты точных положений планетарных тел и космических аппаратов в заданные моменты времени), благодаря чему космические зонды правильным курсом пересекают межпланетные пропасти. Своим живым, пытливым умом исследователи анализируют поступающие фактические данные, выносят заключения и делают открытия. И даже те из нас, у кого нет достаточных знаний, чтобы строить ракеты, испытывают благоговение и удивление, глядя на подлинно прекрасные фотографии, присланные из космоса, и размышляя о дивных новых находках из чрезвычайно далеких краев. Эти машины позволили нам изучать космос, оставаясь в удобных, ласковых объятиях своей родной планеты. Но отправить робота-исследователя в космический полет не так-то просто.

Обычно в основе этого процесса лежит тяжелая работа астрономов и планетологов, которые годами ищут ответ на нерешенный вопрос в своей области знания, и глубина этой тайны порождает вспышку идеи о приборе, который может помочь в этих поисках, или даже о целом космическом аппарате с набором инструментов для изучения неведомого. Предварительные концепции проекта и первые планы составляются в кругу потенциальных партнеров по исследованиям.

Затем ученым следует ждать, пока космическое агентство, например NASA (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства, США), ESA (Европейское космическое агентство), JAXA (Японское агентство аэрокосмических исследований) или ISRO (Индийская организация космических исследований), выпустит документ, называемый **Приглашение к участию**, в котором космическое агентство выдвигает собственные предложения по организации космических полетов. Как правило, впрочем, агентство рассматривает лишь какую-то определенную разновидность полетов, и тогда, если тот проект, который хотят воплотить ученые, не укладывается в рамки приглашения к участию, им придется ждать дальше, пока не представится новая, подходящая возможность.

Наконец, если появляется подходящая перспектива реализации, ученые собирают команду и совместно пишут документ-предложение. Обычно они присылают несколько предложений по поводу своей идеи в надежде, что в той или иной форме их проект пройдет через несколько этапов отсева, выполняемого экспертами. В конце концов те из немногих ученых, которым особенно повезет, получают финансирование со стороны космического агентства. И тогда они, счастливые (да, пожалуй, вне себя от счастья!), должны принять участие в организации изготовления приборов и космического аппарата – зачастую при этом последовательно делается несколько вариантов и модификаций изделия. Также требуется найти и «застолбить» ракету-носитель для его запуска. О, и, конечно, может случиться так, что конгресс или парламент той страны, которой принадлежит космическое агентство, вдруг решит урезать его бюд-

жет. И тогда проект, о котором все думали, что он окончательно утвержден, окажется приостановлен или вообще отменен.

Весь этот процесс занимает годы, иногда – десятилетия. И нет никакой гарантии, что все в целом (ракета, научные приборы, сам аппарат) будет работать в точности так, как нужно (то есть идеально), чтобы сам проект увенчался успехом.

Но тот день в феврале 2010 года стал великолепной кульминацией всех лет планирования и работы для группы ученых. Их космическая станция (Solar Dynamics Observatory, о которой вы прочитаете далее в этой книге) успешно отправилась в полет, и это стало прекрасным началом ее работы. Для меня поистине бесценны моменты, когда я вижу радость и волнение на лицах научной команды космического проекта.

За те годы, которые я пишу статьи для портала Universe Today, мне неоднократно выпадала возможность быть «попутчицей» в таких космических путешествиях: я внимательно следила за ходом полета, анализировала сделанные научные открытия и встречалась с замечательными людьми, причастными к ним. И еще мне досталась привилегия делиться с читателями невероятными историями проектов и рассказывать об ученых и инженерах, которые претворяли эти проекты в реальность, – тех, кто становился их основоположниками, кто строил космические станции, кто изучал получаемые данные, а также обо всех, кто не оставался равнодушным к нашим автоматическим посланникам в глубины мирового пространства.

Рассказы об этих машинах и о людях, с ними связанных, получаются захватывающими, им присущ драматизм и невероятные повороты сюжета. По словам многих исследователей космоса, никогда не известно, что ты найдешь, и ты учишься ожидать неожиданного.

В своей книге я представляю срез по времени на начало двадцать первого века некоторых проектов по исследованию космических тел и пространства разнообразными автоматами. Космические полеты начинаются и заканчиваются, некоторые длятся годы или даже десятилетия, а другие всего лишь несколько месяцев. Но, как и в мире людей – а о нас самих можно слагать саги, – конец одной истории зачастую становится началом какой-то другой. История исследования космоса непрерывно продолжается, и в ней все взаимосвязано.

Множество других фантастических аппаратов-роботов, помимо тех, о которых я расскажу вам, работают прямо сейчас, и я буду рада, если вы постараетесь самостоятельно узнать о них побольше. В заключительной главе своей книги я написала о нескольких новых и перспективных проектах.

Сегодня быть «попутчиком» в космическом путешествии и изучать другие миры может почти любой человек, не только журналист. Интернет и социальные сети позволяют широким слоям общества участвовать в разнообразных событиях, задавать вопросы NASA и представителям других космических агентств, просматривать фотографии и узнавать о новых открытиях, причем некоторые из них происходят прямо в режиме трансляции в реальном времени.

Кроме того, с появлением гражданских научных проектов даже обычный человек способен на большее, чем просто следить за развитием событий, – теперь кто угодно может сделать свой вклад в научный проект. Что может быть более волнующим, чем отыскать скрытую галактику, засечь вспышку сверхновой, обнаружить ранее не замеченные кратеры на Луне или Марсе или даже новую планету, которая обращается по орбите иной звезды? Открытия таких объектов уже совершались обыкновенными людьми, которых вы и я встречаем каждый день, а сколько еще возможностей таится впереди!

Нам теперь по пути...

Нэнси Аткинсон

Бернхемвилл, штат Миннесота, США,

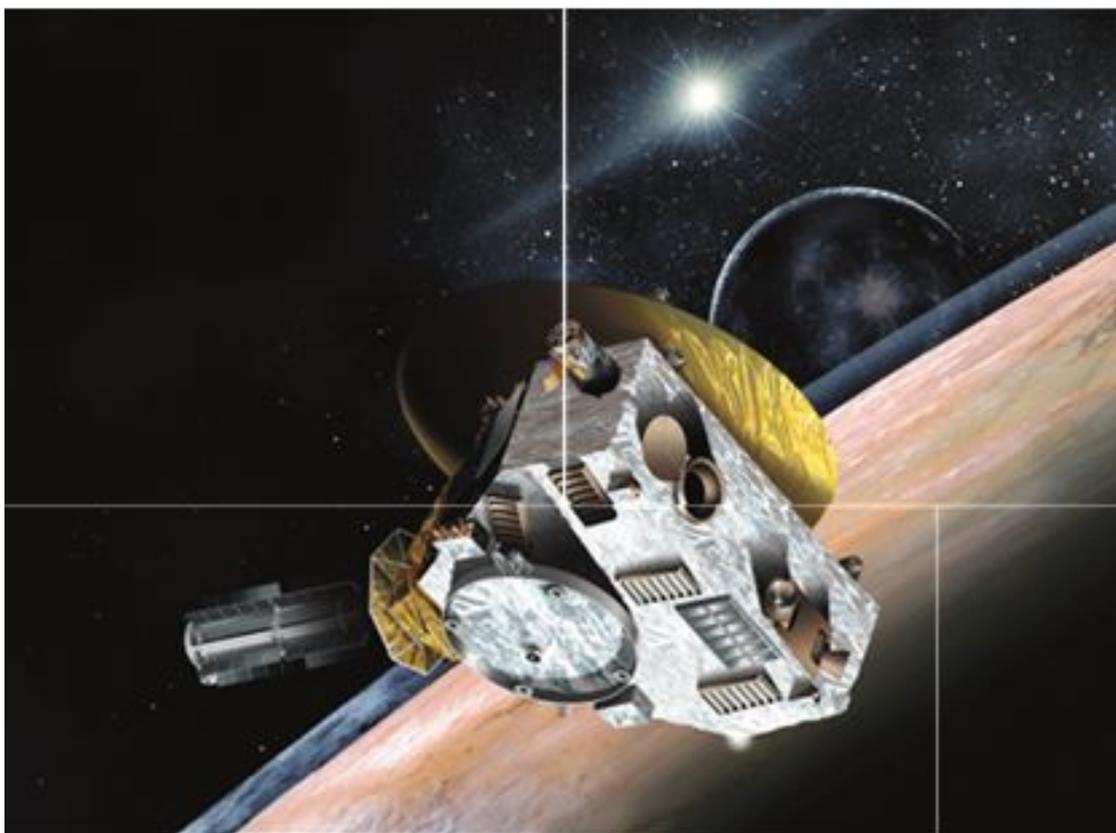
2016

## Глава 1

# Ключи к секретам Плутона: New Horizons

### Они сказали, это невозможно сделать

В своей обычной манере Алан Стерн ухитрился поговорить со мной по телефону во время поездки с одной встречи на другую, попутно еще и ненадолго заскочив домой. Дохлое блютуз-соединение то и дело заставляло голос Стерна пропадать на фоне дорожных шумов и рокота автомобильного двигателя, а затем он потонул в хлопках дверей и в стуке открываемых и закрываемых тумб и шкафчиков. Все это время Стерн рассказывал о почти невозможном, непостижимом успехе программы своего космического аппарата, посланного на дальнюю окраину Солнечной системы, чтобы изучать вблизи Плутон и его спутники.



*Космический аппарат New Horizons в изображении художника в момент встречи с Плутоном и его спутником Хароном. Источник: лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*



*Алан Стерн на фоне ракеты Atlas V, которая готовится отправить станцию New Horizons в полет к Плутону и дальше в глубины космоса. Источник: Юго-западный научно-исследовательский институт*

– Мы сделали это, – отрывисто рубанул Стерн, не любящий болтать по пустякам, описывая, как он отвечает тем, кто говорил, что аппарат New Horizons никогда не будет построен вовремя, в рамках бюджета и не сможет выполнить задачу. – Нам нет нужды еще что-то доказывать.

Ответственный исполнитель и научный руководитель проекта New Horizons Алан Стерн бился за возможность полета к Плутону с конца 1980-х годов.

– Первые десять лет мы не могли выбраться из первоначальных этапов, – говорит он.

Были и другие предложения об организации полета к Плутону, но работы по ним либо отменялись, либо вообще не рассматривались всерьез. Раздосадованный Стерн призвал на помощь других ученых и даже конгрессменов, и в итоге Национальная академия наук США придала полету к Плутону наивысший приоритет среди космических проектов первого десятилетия XXI века.

Проект New Horizons<sup>2</sup> получил первоначальное одобрение в 2001 году, но уже в 2002 году дела выглядели нехорошо: NASA намеревалось отказаться от него из соображений экономии бюджета. Но группы энтузиастов космонавтики, такие как Планетарное общество<sup>3</sup>, направляли петиции в Конгресс США с требованием не дать закрыть проект, и отчасти веса этим петициям придали отправленные вместе с ними письма детей. Кажется, что дети всегда были без ума от планеты с именем персонажа из мультика<sup>4</sup>, хотя, на самом деле, Плутон был назван в честь римского бога подземного царства мертвых.

Этот план сработал, и проекту исследования Плутона вернули активное финансирование. Но недоброжелатели у него остались.

---

<sup>2</sup> «Нью Хорайзонс», в переводе «Новые Горизонты». – *Прим. пер.*

<sup>3</sup> The Planetary Society – американская неправительственная организация содействия проектам в области астрономии, планетных наук и исследования космоса, основанная в 1980 году Карлом Саганом, Брюсом Мюрреем и Луисом Фридманом. – *Прим. пер.*

<sup>4</sup> Имеется в виду анимационный персонаж пес Плуто, впервые появившийся в 1930-х годах в серии мультфильмов о Микки Маусе Уолта Диснея. – *Прим. пер.*

– Когда проект New Horizons был выбран для реализации в 2001 году, нашлись те, кто говорил нам: «Вы выиграли, но вы проиграли», – вспоминает Стерн. – Они утверждали, что невозможно провести полет и исследования за такую сумму, одну пятую от стоимости проекта Voyager в 1970-х годах. И никто раньше не подготавливал межпланетную станцию для исследования внешней Солнечной системы за такое короткое время – всего лишь четыре года. Итого, говорили они, вам предстоит десятилетний перелет к Плутону, у вас есть всего лишь один аппарат, и это означает высокую степень вероятности провала. Это просто невозможно сделать с достаточной надежностью.

Но, как полагает Стерн, команда New Horizons была готова к тому, чтобы успешно справиться с этой задачей.

– Они учинили нечто такое, что мало кому может понравиться. Две с половиной тысячи человек со всей страны ожесточенно работали дни и ночи напролет, в том числе на выходных, целых пятнадцать лет, чтобы сделать эту мечту явью. Это все – достояние истории.

Мечта состояла в том, чтобы послать космический зонд исследовать Плутон и его луны.

– Исследования всегда открывают нам глаза, – говорил мне Стерн еще в 2005 году, за несколько месяцев до планировавшегося пуска New Horizons. – Никто не ожидал, что те аппараты, которые запускались раньше, найдут речные долины на Марсе, вулканы на Ио или озера на Титане. Что, как я думаю, мы найдем на Плутоне и Хароне? Думаю, что найдем нечто чудесное, и я ожидаю, что оно удивит меня.

Предсказания Стерна – и его мечты – сбылись.

## «Новые горизонты»

New Horizons стал самым быстрым космическим аппаратом за всю историю – он был запущен ракетой Atlas V повышенной мощности с дополнительными стартовыми ускорителями.

– Мы построили настолько маленькую станцию, насколько возможно, сохранив в ее составе все, что было необходимо: системы электропитания и связи, компьютеры, научное оборудование и дублирующие экземпляры каждой системы, и поставили это все на самую большую ракету, которую смогли получить, – комментирует Стерн. – Такая зверская комбинация помогла нам достичь нужной скорости в глубоком космосе.

Межпланетная станция размером с домашний рояль устремилась прочь от Земли со скоростью около 58 000 км/ч (более 16 км/с. – *Прим. пер.*) и отправилась в путь 4,8 млрд км длиной, преодолевая за сутки более 1,6 млн км. Но, двигаясь на такой бешеной скорости, замедлиться и выйти на орбиту вокруг Плутона аппарат не смог бы. Поэтому первую разведку системы лун Плутона пришлось проводить в режиме пролета, что оживило память о ранних межпланетных исследованиях, наподобие полетов станций серий Mariner и Voyager с их пролетами Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна в 1960-х, 1970-х и 1980-х годах.

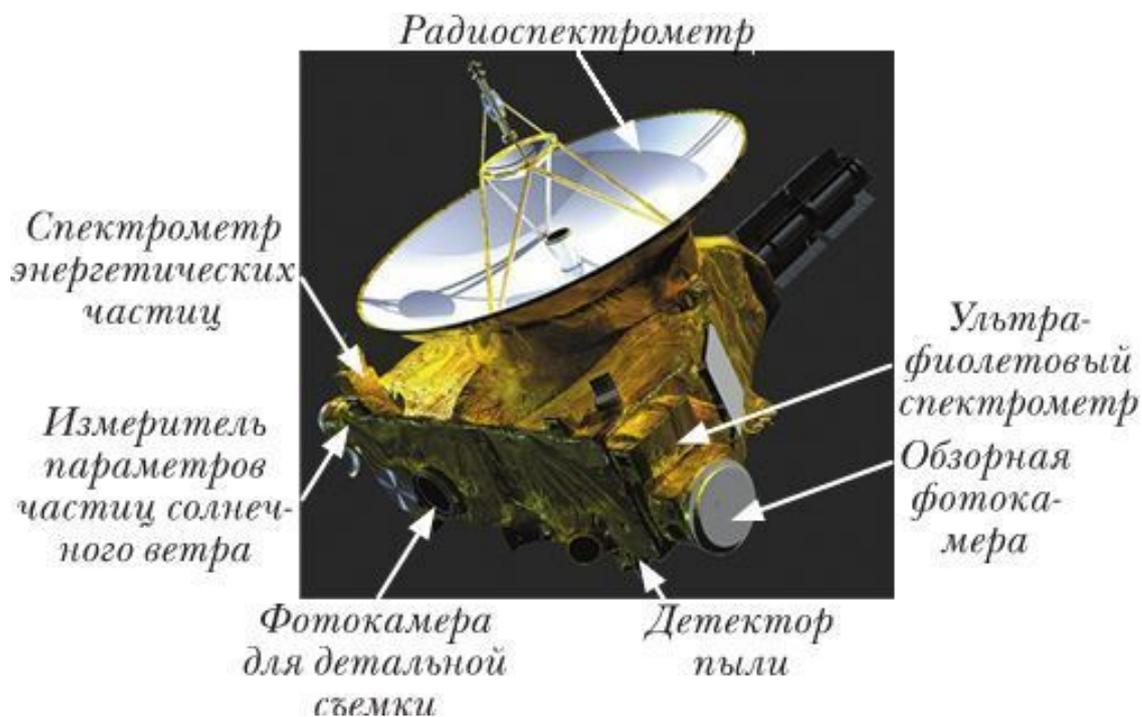
Станция New Horizons отправилась в свой полет 16 января 2006 года и уже через девять часов миновала орбиту Луны. Астронавты Apollo тот же путь преодолевали целых три дня. После этого New Horizons прошла 800 млн км до Юпитера всего лишь за 13 месяцев – быстрее, чем все семь аппаратов, посещавших окрестности Юпитера ранее. В феврале 2007 года станция обогнула гигантскую планету, выполнив некоторые научные исследования и критически важный гравитационный маневр, который увеличил ее скорость до 83 600 км/ч (23,2 км/с. – *Прим. пер.*).

Несмотря на такую огромную скорость, New Horizons потребовалось девять с половиной лет, чтобы пересечь просторы Солнечной системы и достичь окрестностей Плутона. Настоящая работа началась за пять месяцев до момента **наибольшего сближения** с Плутоном, так что в целом New Horizons изучала его лунную систему в течение шести месяцев – на подлете, во время близкого пролета 14 июля 2015 года и затем «оглядываясь назад» после него.



*Запуск автоматической межпланетной станции New Horizons при помощи ракеты Atlas V 551 16 января 2006 года с космодрома базы ВВС США «Мыс Канаверал», Флорида, США. Источник: Скотт Эндрюс / NASA*

Поскольку путешествие New Horizons уводило станцию очень далеко от Солнца, для производства электроэнергии на борту не было смысла устанавливать панели солнечных батарей. Вместо них применили **радиоизотопный термоэлектрический генератор (РИТЭГ)**, производящий тепло в результате естественного радиоактивного распада плутония-238 (в степени обогащения, неподходящей для применения в ядерном оружии); затем это тепло в нем преобразуется в электроэнергию. Также за счет выделения тепла электроника и другие части аппарата предохраняются от замерзания в холодных глубинах космоса.



*Научное оборудование станции New Horizons состоит из семи приборов для изучения глобальной геологии, химического состава поверхности и температуры, а также атмосферы Плутона и его спутников. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса*

Миновав Плутон, New Horizons продолжает исследования пояса Койпера – области пространства, лежащей за орбитой Нептуна, на расстоянии в 30–50 раз дальше от Солнца, чем радиус орбиты Земли (или от 4,5 до 7,4 млрд км) – в этом поясе располагается и Плутон.

Пояс Койпера схож с поясом астероидов, простирающимся между Марсом и Юпитером. Но некоторые объекты в нем, видимо, в большей степени состоят из льда, чем из скалистых пород. Он же является родиной короткопериодических комет вроде кометы Галлея.

Станция оснащена надежным комплектом формирователей изображения, спектрометров и других научных приборов для того, чтобы нанести на карту детали поверхности Плутона и его спутника Харона, изучить состав этих поверхностей и проанализировать свойства атмосферы, которая может окружать оба тела.

Когда состоялся запуск New Horizons, о нем говорили как о начале «первого полета к последней планете». Но всего лишь через несколько месяцев этот лозунг пришлось сменить.

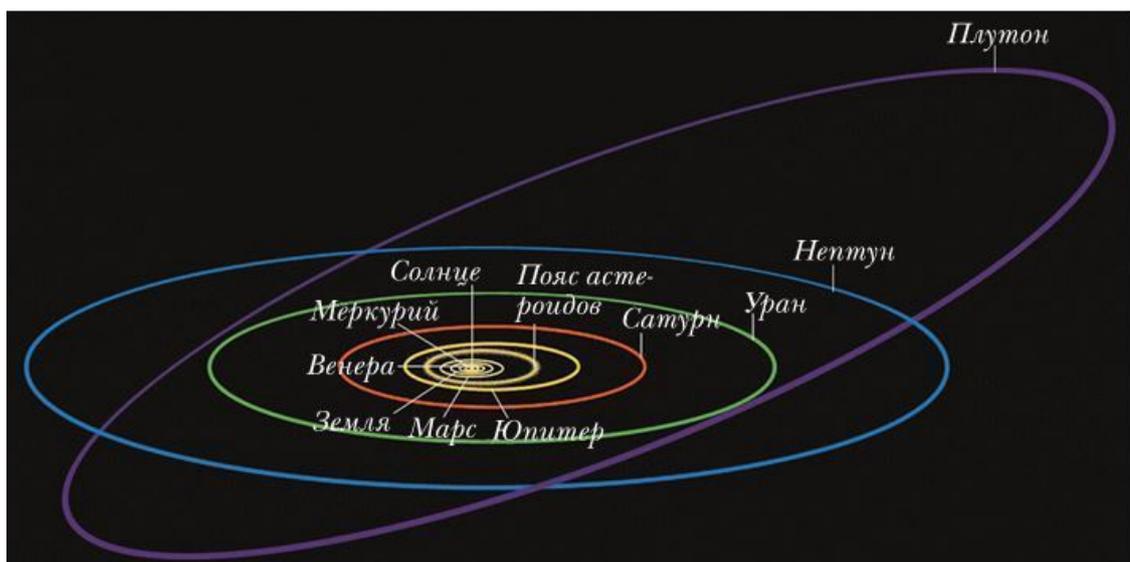
## Планета или не планета?

Пока полет New Horizons продолжался, в астрономии произошли некоторые изменения.

В момент запуска этого аппарата Плутон считался планетой. Но всегда, с самого его открытия в 1930 году астрономом Клайдом Томбо, маленький далекий Плутон выглядел «немного странным типом»: он не принадлежал к скалистым внутренним мирам Солнечной системы, но в то же время крошечный ледяной шарик 2370 км в диаметре не вписывался в компанию газовых гигантов, населяющих внешние ее окраины. Орбита Плутона не похожа на другие: ее путь вокруг Солнца, как говорят астрономы, обладает **высоким эксцентриситетом**, то есть значительно вытянут и к тому же заметно наклонен по отношению к близким к окружностям и лежащим примерно в одной плоскости орбитам других планет.

Конечно, Плутон далек настолько, что даже самые лучшие снимки, полученные с помощью космического телескопа «Хаббл», показывали лишь небольшие пятна пикселей. Никто не знал, как на самом деле выглядит Плутон. Одной из главных задач New Horizons было понять, какое место Плутон и Харон занимают в общей схеме.

За десятки лет до начала этого полета Стерн и другие ученые-планетологи подозревали, что Плутон не одинок на дальних окраинах нашего околосолнечного обиталища. Маловероятно, чтобы именно на Плуtone материал для постройки новых тел Солнечной системы неожиданно кончился.



*Вытянутая орбита Плутона в сравнении с орбитами остальных планет Солнечной системы. Источник: NASA*



*Сопоставление размеров самых крупных известных транснептуновых объектов. Источник: Кевин Джилл. Земля: снимок со спутника Suomi NPP, NOAA / NASA / Университет штата Висконсин; Луна: снимок NASA. Плутон и Харон: снимки NASA / лаборатории реактивного движения / Юго-западного научно-исследовательского института*

К тому же, учитывая, что пояс Койпера считался местом происхождения комет, почему бы в нем не оказаться каким-то еще объектам?

В статье, опубликованной в 1991 году, Стерн заявил, что могут существовать сотни мелких и пока не замеченных ледяных небесных тел наподобие Плутона и Тритона – спутника Нептуна и фактического двойника Плутона. Тритон, возможно, является объектом пояса Койпера (ОПК или «койперидой»), который когда-то вышел далеко за его пределы и оказался захвачен тяготением Нептуна. В своей статье Стерн использовал термин **«карликовая планета»**, чтобы обозначить новый класс планет и отнести к нему Плутон и крупные ОПК, которые, как он ожидал, будут найдены.

Всего год спустя, в 1992 году, появилось подтверждение первого открытия объекта пояса Койпера – маленького тела всего лишь 161 км в поперечнике. С того времени астрономы сумели обнаружить сотни новых ОПК и в настоящее время полагают, что их могут насчитываться тысячи. Так Плутон получил свое место, и оказалось, что он лишь один представитель значительного класса маленьких ледяных небесных тел. И, поскольку принято мнение, что койпериды не изменились с момента рождения Солнечной системы 4,5 млрд лет тому назад, изучение Плутона может дать информацию об условиях, в которых начали формироваться другие планеты. Так Стерн пришел к выводу о необходимости полета к Плутону.

Десять лет спустя, с вводом в строй телескопов более высокого качества и началом применения улучшенных методик наблюдения, ученые нашли более крупные объекты, схожие с Плутоном. Астрономы Майк Браун и Чад Трухильо из Калифорнийского технологического института открыли тело размером примерно в половину меньше Плутона, которое было названо Квавар (в честь еще одного древнего бога<sup>5</sup>), а вслед за этим чередой последовали открытия Седны в 2003 году, Хаумеи в 2004-м, и Эриды с Макемаке в 2005 году. Эрида оказалась особенно лакомым кусочком, поскольку по размеру она примерно совпала с самим Плутоном.

<sup>5</sup> Так называлась великая созидающая сила в мифологии народа тонгва, коренного населения нынешних земель штата США Калифорния. – Прим. пер.

Спор, который кипел на малом огне долгие годы, внезапно вспыхнул с ожесточенной силой: следовало ли все эти вновь открытые большие транснептуновые объекты тоже классифицировать как планеты? Или лучше выделить отдельный новый класс планетарных тел, к которому и отнести Плутон и всего ближайšie схожие с ним тела-компаньоны?

К удивлению многих, выяснилось, что официального определения, что такое планета, не имеется. Но по следам открытий новых ОПК показалось уместным такое определение дать, а также договориться, что же делать с Плутоном и всеми этими новыми объектами. В случаях, подобных этому, решающее слово принадлежит Международному астрономическому союзу (МАС), и в августе 2006 года на суд ассамблеи МАС были вынесены несколько вариантов, каждый со своими сильными и слабыми сторонами.

Союзу было предложено выбрать один из трех вариантов.

1. Ввести Эриду, Макемаке и крупнейший астероид Цереру в клуб планет, таким образом увеличив число планет Солнечной системы до двенадцати.

2. Оставить количество планет равным традиционным девяти и не обращать внимания на новые открытия.

3. Уменьшить количество планет до восьми, выкинув вон Плутон, и создать новый класс небесных тел под названием карликовые планеты.

Главная – и принципиальная! – разница между смыслом, какой Стерн вкладывал в этот термин в 1991 году, и тем, по поводу которого голосовал МАС в 2006 году, была в том, что, согласно определению Международного астрономического союза, *карликовые планеты* – это не просто подкласс планет. Это вообще уже не планеты. По определению МАС, Плутон и его собратья становились новым классом астрономических объектов.

Чтобы сделать смысл этого решения яснее, МАС сформулировал определение планеты как небесного тела, отвечающего трем критериям.

1. Оно обращается по орбите вокруг Солнца.

2. Оно обладает достаточной массой и гравитацией, чтобы придать самому себе форму шара.

3. Оно очистило за счет притяжения окрестности своей орбиты.

Несмотря на то что Плутон отвечал первым двум критериям, он провалился на третьем.

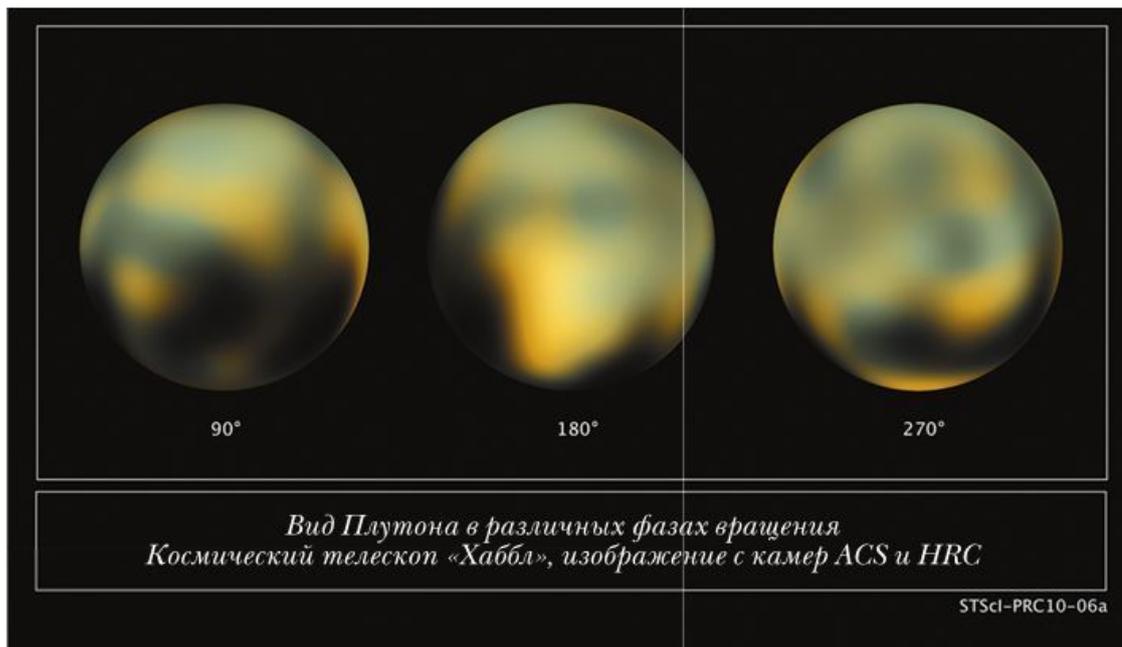
**Очистка окрестностей орбиты** означает, что планета становится гравитационно доминирующим телом: вблизи него в пространстве нет других тел сопоставимых с ним размеров, за исключением его собственных естественных спутников. А поскольку совместно с Плутоном в области его орбиты присутствуют другие койпериды, то это обстоятельство понижает его в звании до новосозданной категории карликовых планет.

Так между астрономами и планетологами вспыхнула война за верное определение, причем Стерн возглавлял борьбу за право Плутона сохранить свой планетарный статус.

– Астрономы ничего не смыслят в планетологии, и в 2006 году они со своей новой классификацией планет, по которой даже Земля не считается планетой, вывалили на публику ушат полного бреда, – возмущается Стерн. – Уже через неделю сотни планетологов, больше, чем людей, принявших участие в голосовании МАС, подписали петицию, которая отвергает новое определение. Если вы придете на любую планетологическую конференцию и там будет обсуждаться технический вопрос, касающийся Плутона, вы услышите, что эксперты не называют его иначе как планетой.

Стерн, как и многие другие ученые, которые большую часть своей научной жизни провели, изучая Плутон, восприняли эту реформу классификации как нанесенное лично им оскорбление. И поныне ученые из этой группы, которых иногда называют «**Плутонская мафия**», а вместе с ними и многие другие не признают определение планеты согласно решению МАС как в том аспекте, что карликовая планета есть нечто иное по сравнению с обычной

планетой, так и в том, что характеристики орбиты небесного тела, а не только строение его поверхности и другие фундаментальные свойства позволяют ему быть или не быть планетой.

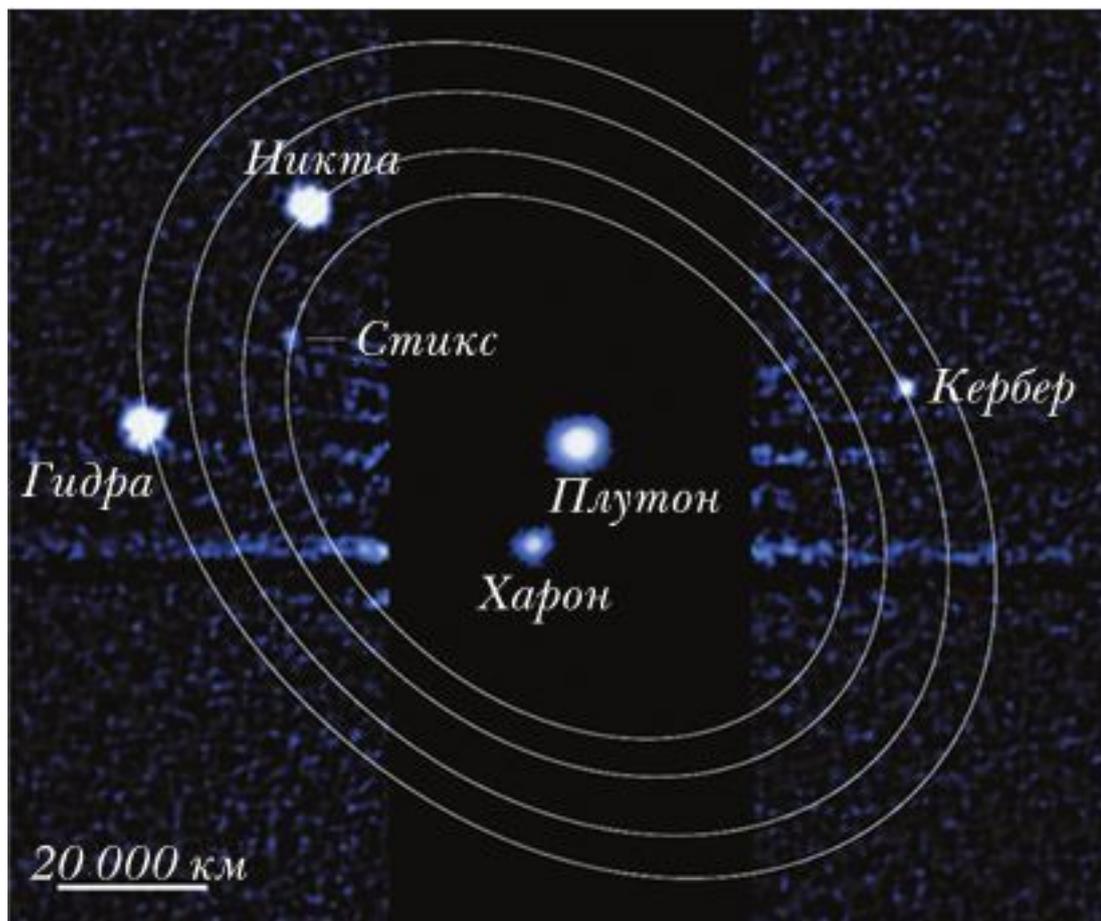


*До успеха проекта New Horizons эти снимки были лучшими и самыми детальными изображениями поверхности Плутона. Они получены путем синтеза многочисленных фотографий планеты, сделанных при помощи принадлежащего NASA космического телескопа «Хаббл» в 2002 и 2003 годах. Плутон – настолько маленькое и далекое небесное тело, что различить детали на его поверхности так же сложно, как увидеть пятна и надписи на футбольном мяче на расстоянии 64 км. Источник: NASA, Европейское космическое агентство и Марк Бьюи (Юго-западный научно-исследовательский институт)*

Но, несмотря на то что Плутон пережил «понижение в звании» с точки зрения науки, общественность, кажется, полюбила его еще сильнее. Любители Плутона-планеты протестовали и выходили в эфир с жалобами на произвол. Стерн и его «Плутонская мафия» твердо стояли на своем, надеясь, что New Horizons сумеет однажды вернуть прежний класс их любимому маленькому мирку.

Другое событие, произошедшее во время полета New Horizons, состояло в открытии еще четырех спутников, обращающихся вокруг Плутона. Самый большой из них, Харон, был открыт в 1978 году, и его размер достигает почти половины размера самого Плутона. Два небесных тела фактически обращаются по орбите вокруг общего центра масс, и поэтому пару Плутон – Харон иногда называют двойной планетой (а в наши дни – двойной карликовой планетной системой).

В 2005 году, когда ученые из команды New Horizons использовали космический телескоп «Хаббл» для изучения окрестностей Плутона, чтобы лучше подготовиться к выполнению научной программы, они открыли у Плутона две новых маленьких луны, которые теперь называются Никта и Гидра. После этого, в 2011 году, между орбитами Никты и Гидры был найден спутник Кербер, а в 2012 году – еще одна маленькая луна, названная Стикс.



На этом снимке, сделанном при помощи космического телескопа «Хаббл», видны малые спутники Плутона Стикс, Никта, Кербер и Гидра, которые обращаются вокруг общего центра масс Плутона и Харона. Источник: NASA / Научный институт космического телескопа / Марк Шоултер

Открытие всех этих спутников заставило команду управления полетом New Horizons понять, что у Плутона может оказаться еще больше спутников, а также, не исключено, и пылевое кольцо, которое могло образоваться в результате гипотетического столкновения в тесной системе плутонианских лун миллиарды лет назад. Пылевые частицы могли представлять опасность для станции, и поэтому ученые начали вести их поиск с помощью «Хаббла», а позже и с помощью инструментов самой New Horizons. Кроме того, им пришлось разработать план для противодействия любым рискам, связанным со столкновениями с обломками, и эта задача вошла в очередь операций, которые было необходимо провести по мере того, как научный аппарат продолжал размеренно продвигаться в сторону Плутона.

## Занятые люди

Хал Уивер – ученый из команды New Horizons, давний коллега и друг Стерна. Я приехала к нему в офис в начале 2016 года – он работает в лаборатории прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса в Лореле, штат Мэриленд. Именно там была построена станция New Horizons, и там же организован Центр управления полетом.

Уивер размышлял о том, как психологи выяснили, что каждый думает, будто умеет делать несколько дел одновременно, но на практике у большинства людей это получается не очень-то хорошо.

– Алан – исключение из этого правила, – говорит Хал. – Он единственный из тех, кого я знаю, кто способен работать над множеством проектов одновременно.

Помимо выдвижения инициативы создания New Horizons и руководства этим проектом, Стерн является заместителем вице-президента в Юго-западном научно-исследовательском институте в Боулдере, штат Колорадо, – эта организация занимается исследованиями в нескольких различных областях, включая планетологию и астрофизику. Стерн ведет научное руководство и контроль за работой одного из приборов на борту аппарата Lunar Reconnaissance Orbiter (LAMP, о котором вы прочитаете далее в этой книге), а также заведует прибором Alice на проводимом ESA полете научного аппарата Rosetta к комете. Кроме того, он работает научным консультантом в различных университетах и аэрокосмических фирмах. В 2007 и 2008 годах он, будучи заместителем администратора NASA, руководил всеми программами управления в области изучения космоса и Земли. И вдобавок он же основал компанию World View с намерением доставлять туристов на границу атмосферы и космоса при помощи высотных стратостатов и еще одну компанию Golden Spike, которая работает над тем, как вывести доставку различного оборудования на Луну на коммерческую основу. Еще Стерн приложил руку к созданию организации Uwingu, которая собирает деньги на астрономические исследования через неофициальную и во многом противоречивую с точки зрения права продажу имен для экзопланет и кратеров на Марсе. Стерн поддерживает научные исследования при помощи суборбитальных аппаратов и помогает спроектировать научные приборы для использования в полетах, которые вскоре должны начать частные компании, например Virgin Galactic. И, наконец, Стерн проходил подготовку астронавта в 1990-х годах, но шанс слетать в космос ему не представился, поэтому он и надеется наверстать упущенное в нескольких суборбитальных полетах с научными целями.

Благодаря всем этим и другим его заслугам журнал *Time* в 2007 году включил Стерна в список ста наиболее влиятельных людей в мире, и в 2016 году он тоже оказался в списке тех, кому может быть оказана эта честь.

– Не понимаю, как Алан это все успевает, – говорит Хал Уивер. – Должно быть, у его помощника по административным вопросам есть помощник по административным вопросам! Но он действительно замечательный парень. Вы не найдете больше никого такого энергичного. Он замешан в стольких вещах одновременно, что я просто не успеваю следить за ними... и за ним.



*Алан Стерн, научный руководитель проекта New Horizons, выступает во время пресс-конференции в штаб-квартире NASA. Источник: NASA / Джойл Коуски*

Что касается самого Уивера, с того момента, как он присоединился к научной команде проекта New Horizons в 2002 году, у него не было ни одной свободной минуты. Сразу же началась гонка за возможность запустить аппарат в 2006 году, чтобы использовать преимущество взаимного расположения Юпитера и Плутона. Гравитационный маневр в окрестностях Юпитера помогал сократить время путешествия к отдаленной окраине Солнечной системы на целых три года.



*Ученый из команды New Horizons Хал Уивер выступает во время пресс-конференции.  
Источник: NASA / Билл Инголлс*

– Было очень важно подготовить запуск станции вовремя, – вспоминает Уивер. – Но во время разработки нам потребовалось проводить рабочие совещания почти каждый день. Это было невероятно. Я помню все эти встречи по утрам в воскресные дни, когда мы собирали все научные приборы и монтировали их на станции.

Другим заядлым трудоголиком был Билл Гибсон из Юго-западного научно-исследовательского института, руководитель проекта по полезной нагрузке, и именно он печально известен тем, что назначал рабочие встречи каждое воскресное утро.

Но как минимум для Уивера и Стерна они не представляли собой проблемы.

– Алан и я – ранние пташки, и мы всегда были на месте. И мы любим выходные, просто потому что они дают нам возможность проверить больше работы, – хохочет Хал.

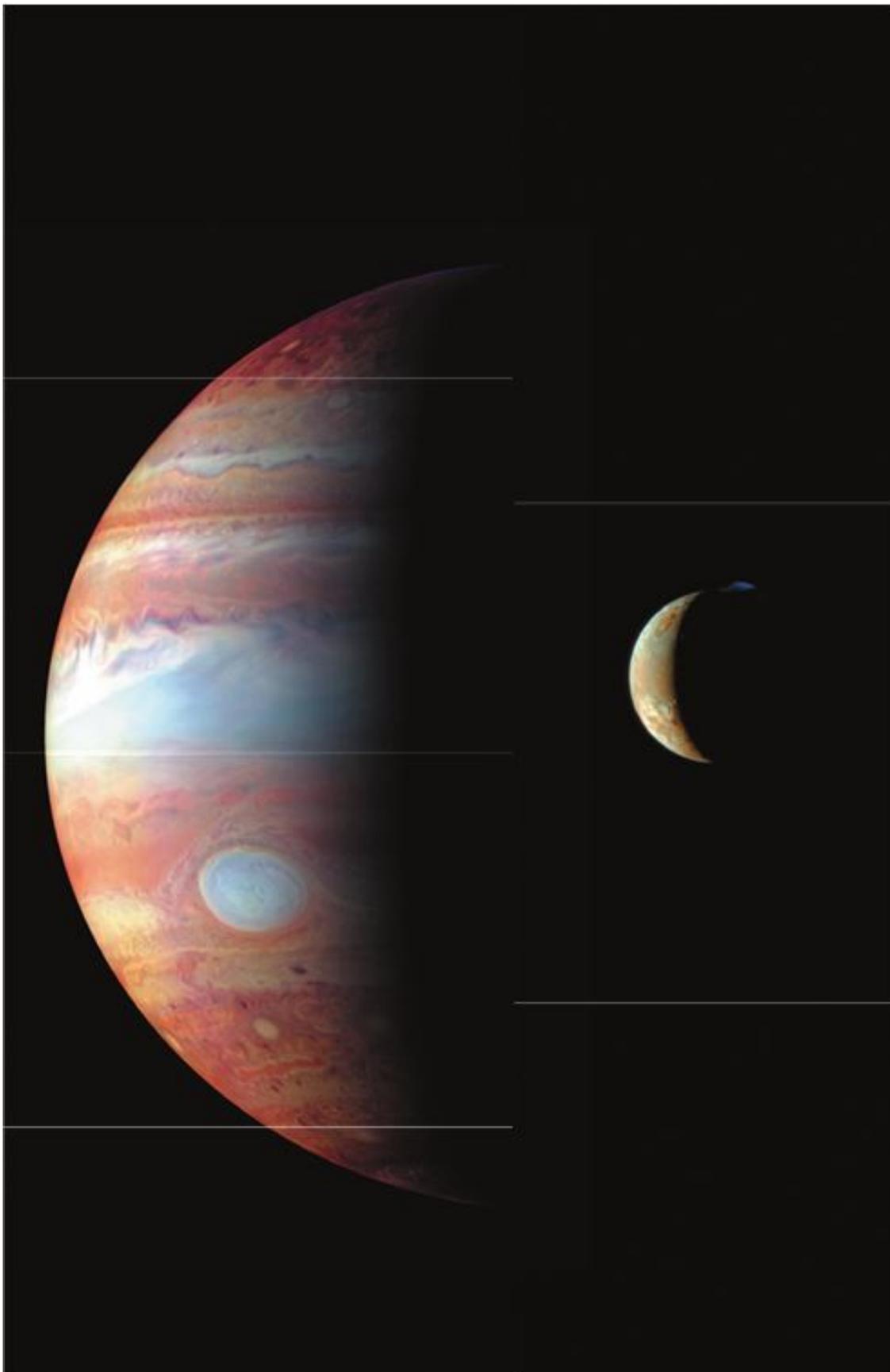
И даже после начала полета гонка не прекратилась, хотя это может показаться удивительным, учитывая, что до момента прибытия на Плутон оставалось еще девять с половиной лет.

– Мы были так заняты тем, чтобы собрать все оборудование вместе и успеть на стартовый комплекс, – поясняет Уивер, – что у нас не имелось детального плана очередности наблюдений у Плутона. Да еще нам было необходимо подготовиться к программе наблюдений Юпитера на пролете, а до его начала оставалось всего лишь тринадцать месяцев.

Юпитер послужил не только средством выполнения гравитационного маневра, но еще и учебной целью для будущей программы наблюдений во время пролета Плутона.

– Мы не так уж сильно стремились провести наблюдения Юпитера, – говорит Уивер, – поскольку мы не ждали каких-то особенных научных результатов от них.

Но команда проекта, привыкшая во всем «давить железку», набросилась на возможность исследовать Юпитер с присущим ей энтузиазмом.



*Монтаж снимков, выполненных станцией New Horizons во время пролета Юпитера в начале 2007 года, самой планеты-гиганта и ее спутника Ио. На Юпитере видно так называемое Большое красное пятно. На Ио можно заметить выбросы извержения расположенного*

в северном полушарии вулкана Тваитар. Этот снимок был опубликован на обложке номера журнала *Science*, который вышел 12 октября 2007 года. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт

Уивер, помимо прочего, является ведущим ученым-разработчиком по установленному на станции New Horizons инструменту LORRI (Long Range Reconnaissance Imager, «Камера-разведчик дальнего действия»), который представляет собой совмещенную с телескопом камеру, позволяющую фотографировать всю планету издалека или выполнять снимки поверхности высокого разрешения вблизи цели, чтобы получить геологическую информацию.

– Мы строили ее с чувствительностью, необходимой для того, чтобы выполнять наблюдения в лунной системе Плутона, – объясняет Уивер, – но солнечный свет там в тысячу раз тусклее, чем на Земле. Поэтому LORRI – очень чувствительный инструмент, и мы думали, что он может оказаться чересчур чувствительным для того, чтобы делать снимки у Юпитера.

Но, выполняя серию испытаний уже после запуска, Уивер и его команда обнаружили, что им удалось построить очень универсальный научный прибор. Все, что им требовалось, это уменьшить выдержку съемки каждого кадра до очень короткой – изначально они не думали, что такие выдержки могут пригодиться.

– Все получилось, камера сработала замечательно, и мы провели насыщенные наблюдения в том пролете, – вспоминает Уивер. – У Юпитера мы получили разнообразные и богатые научные результаты и даже попали со своим снимком на обложку журнала *Science*<sup>6</sup> и все лишь по случаю попутных наблюдений, которые нам удалось сделать, потому что мы пролетали мимо планеты.

На волне этого успеха научная команда начала думать о том, чтобы выйти за рамки исходных вариантов и объемов программы наблюдений Плутона.

– Наш менеджер проекта Глен Фаунтейн жаловался ученым, что они только и делают, что наваливают все новую и новую работу на инженеров, – с улыбкой вспоминает Уивер. – Но, раз у нас был всего один шанс провести исследования Плутона, мы хотели выжать из этого шанса максимум.

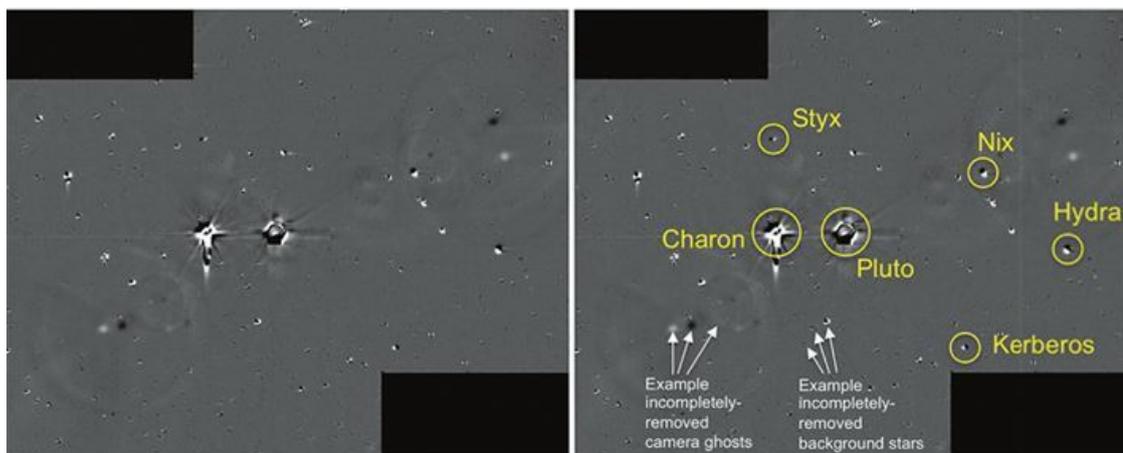
Научная команда проекта стремилась удвоить объем наблюдений у Плутона по сравнению с изначально запланированным. Но всю программу наблюдений для каждого инструмента требовалось расписать с точностью до секунды, поэтому, пока New Horizons продолжала свой полет, проводилась координация и отработка планов.

Кроме того, руководителям приходилось думать о проблеме космической пыли.

– Если бы мы врезались в пылинку размером в миллиметр, она пробила бы дыру в космическом аппарате и, вероятно, погубила бы его, – уточняет Уивер. – Но по мере того, как мы все глубже изучали эту проблему, мы воспринимали ее все легче.

---

<sup>6</sup> Это примерно как рок-группе попасть на обложку журнала *Rolling Stone*. – Прим. авт.



*Здесь мы видим один из заключительных снимков, которые подтвердили, что путь для пролета New Horizons через систему Плутона свободен и безопасен. Снимок был получен при помощи камеры Long Range Reconnaissance Imager (LORRI) 26 июня 2015 года на расстоянии 21,5 млн км от Плутона. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*

Проанализировав конструкцию аппарата, ученые поняли, что вероятность его потери при столкновении с космической частицей меньше, чем они сперва думали. Помимо этого, они разработали иную, более безопасную траекторию следования станции и при необходимости могли бы выполнить пролет, развернув параболическую антенну для связи с Землей вперед – тогда антенна сыграла бы роль щита.

– Мы вывели значение вероятности гибели аппарата и провала проекта из-за столкновения с частицей не более одной десятой доли процента, – говорит Уивер, – поэтому успокоились, но все равно пришли к необходимости соблюдать определенную осторожность. Мы продолжали вести поиски, и к моменту, когда мы наконец достигли Плутона, покрытие его системы наблюдения при помощи LORRI в сто раз превышало глубину детализации, которую можно было бы получить при помощи «Хаббла», и все равно мы ничего не нашли.

Другой трудностью была навигация аппарата, поскольку ученые заранее лишь приблизительно знали, где окажется Плутон к моменту прибытия к нему New Horizons. Плутому требуется 248 лет, чтобы завершить один оборот по орбите вокруг Солнца, и, так как планету открыли в 1930 году, астрономы проследили лишь малую часть его орбитального пути.

– С такой трудностью сталкивается далеко не каждый межпланетный проект, – поясняет Майкл Бакли, специалист по связям с общественностью проекта New Horizons. – Обычно вы точно знаете, где именно находится ваша цель. Нам было необходимо добиться точности во времени и пространстве конкретно заданной цели в воображаемом пространстве представленного прямоугольником в космосе размерами 100 на 150 км. А еще нам требовалось учитывать эффект запаздывания сигналов, поскольку даже радиоволне, которая движется со скоростью света, требовалось 4,5 часа, чтобы преодолеть расстояние от New Horizons до Земли.

Инженерам-навигаторам станции постоянно приходилось уточнять собственные расчеты во время полета, вплоть до последних дней перед окончательным сближением с Плутоном. Они должны были все сделать правильно, иначе межпланетный аппарат мог не найти свою цель.

Пока команда ученых и управленцев проекта была занята всей этой работой, сама автоматическая межпланетная станция примерно две трети полетного времени проводила «во сне», в состоянии консервации систем. Это позволяло снизить риск износа деталей аппарата и уменьшало риск аварий систем во время критически важной части полета – пролета Плутона. New Horizons «будили» как минимум раз в год для проверки состояния бортовых систем и калибровки научных приборов.

## Связь потеряна

Элис Боумен занимает должность РП в ЦУП. Если переводить с языка сокращений, принятых в NASA и других космических агентствах, это означает, что она руководитель полета в Центре управления полетом AMC New Horizons, который расположен в лаборатории прикладной физики.

Когда она устроила мне экскурсию по зданию № 13 лаборатории, в ЦУПе стояла тишина, нарушаемая только гулом компьютерных вентиляторов, а помещение освещалось лишь отсветом экранных панелей. Совсем не так здесь было, говорит Боумен, 14 июля 2015 года, в день пролета Плутона, когда ЦУП и соседняя комната «лопались по швам от всевозможных ученых, журналистов с камерами и высших чинов NASA».

Но тишина, стоящая в помещении Центра управления сейчас, наглядно демонстрирует одну из причин, по которой NASA утвердило этот проект.

– Мы сумели урезать расходы до величины, которая умещалась в обозначенный ими бюджет, – говорит Элис. – Поэтому тут сейчас никого и нет.



*Руководитель полета New Horizons Элис Боумен во время пресс-конференции после того, как станция миновала точку наибольшего сближения с Плутоном. Источник: NASA / Билл Инголлс*

В качестве меры дополнительной экономии средств было решено совместить Центр управления проектами New Horizons и Messenger – полет этой станции окончился в апреле 2015 года после того, как она проработала четыре года на орбите вокруг Меркурия.

– Когда специалисты из команды Messenger жаловались, что у них задержка в обмене сигналами с аппаратом составляет двадцать минут, мы глядели на них и спрашивали: «Да что вы говорите?!» – улыбается Боумен.

Как я уже писала, к моменту пролета период двустороннего обмена сигналами между New Horizons и Землей занимал 9 часов – 4,5 часа, чтобы сигнал добрался от Земли до станции, и еще 4,5 часа на обратный путь. Поскольку радиоволны перемещаются со скоростью света (300 000 км/с), это показывает, насколько велико расстояние между Плутоном и Землей – почти 4,8 млрд км по прямой. А теперь, по мере того как New Horizons все больше удаляется от нас, задержка в обмене сигналами продолжает расти.

– Работа с космическим аппаратом на таком большом удалении – непростое дело, – заверяет Боумен. – Как я всегда говорю, чтобы работать с учетом всех сдвигов по времени, надо страдать раздвоением личности. Когда ты посылаешь команду в реальном времени с Земли, тебе требуется знать, где аппарат, который ее получит, будет находиться в будущем.

К счастью, New Horizons доставляла сравнительно мало проблем.

Кроме одного случая...

4 июля 2015 года, всего лишь за десять дней до планируемого пролета Плутона, Боумен и ее команда пришли в ЦУП пораньше, чтобы послать New Horizons очень важный набор инструкций. Он назывался «**основная программа**» и представлял собой последовательность команд, которые должны были выполняться в самый интенсивный период наблюдений в течение десяти суток: семь суток на подлете к Плутону, обширная наблюдательная программа в день наибольшего сближения и два дополнительных дня наблюдений на отлетной ветви траектории, где станция New Horizons должна как бы «оглядываться» на систему Плутона. В основной программе было общим числом 20 799 команд, в том числе 461 эпизод научных наблюдений, мелкие коррекции траектории полета и поисковые съемки для нахождения потенциально опасных объектов по курсу.

– Мы начали загрузку последовательности команд в 4:30 утра, – рассказывает Элис Боумен, – и с учетом времени обмена информацией мы убедились, что команды получены станцией около девяти часов спустя.

И вдруг связь с New Horizons оборвалась.

Как говорит Боумен, ее первая мысль была: что-то случилось с наземной станцией приема сигналов. Связь со всеми межпланетными аппаратами выполняется через **Сеть дальней космической связи** (Deep Space Network, DSN) – систему очень чувствительных приемно-передающих антенн, установленных в трех точках поверхности Земли: Голдстоун, Калифорния, США; Мадрид, Испания, и Канберра, Австралия. Согласно стратегическому замыслу они расположены с разбивкой приблизительно в 120 градусов по долготе, что позволяет постоянно наблюдать и поддерживать связь с далеким межпланетным аппаратом по мере того, как Земля вращается.



*Элис Боумен и Карл Виттенберг, ведущий инженер по планированию операций проекта New Horizons, наблюдают за поступлением данных со станции, находящейся в пути к Плутону. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*

– У нас и раньше по ходу полета случались аномалии, – говорит Боумен, – и, как правило, с самим космическим аппаратом все было в порядке, а неисправность находили в оборудовании наземной станции связи.

Но тщательная проверка установила, что наземные системы работали как нужно. Что-то случилось на борту New Horizons.

– У меня засосало под ложечкой от страха, – вспоминает Элис. – Но я тут же напомнила себе, что у меня есть работа, которую я должна делать, так что я глубоко вздохнула и сказала: «О'кей, давайте применим на практике все те навыки, которые мы усваивали во время тренировок и учебы все предыдущие девять с половиной лет». И я знала, что мы – сильная команда, поэтому сосредоточилась на практических действиях.

Вызвали Стерна, Уивера и других начальников проекта, а в это время Боумен уже собрала свою команду экспертов. Это были Карл Виттенберг, ведущий инженер по планированию операций, Крис Хёрсмен, системный инженер, Гейб Роджерс, инженер по системам управления и наведения, Стив Уильямс, начальник команды программистов бортового компьютера, и Брайан Бауэр, начальник команды разработки программ обеспечения автономных режимов New Horizons.

Первой по критичности задачей было восстановление связи с аппаратом, чтобы получить информацию о состоянии его систем и понять, успешно ли прошла загрузка программ для управления во время пролета Плутона. До начала этапа пролета оставалось всего трое суток, поэтому времени было в обрез.

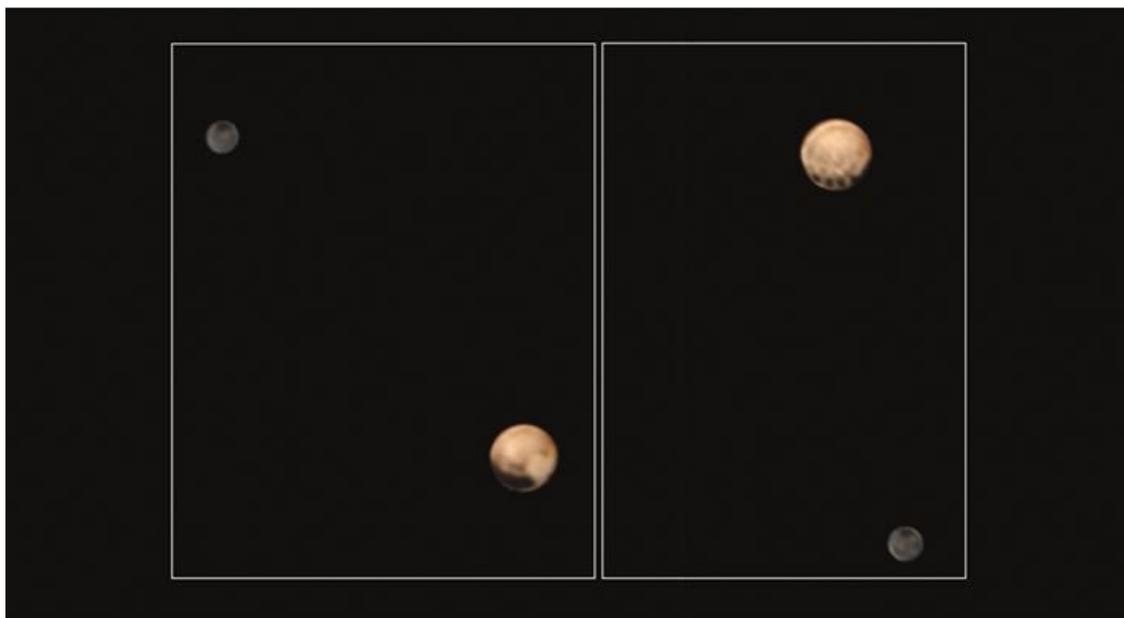
Все космические аппараты (в наше время. – *Прим. пер.*) программируются с возможностью перехода в особый тип функционирования, называемый «безопасный режим». Он задействуется, когда автономная система управления бортом обнаруживает критичную проблему, которая требует вмешательства людей – операторов полета. В некоторых случаях переключение в безопасный режим предусматривает передачу управления от основного бортового компьютера резервному, изменение ориентации космического аппарата до такого положения,

когда главная антенна связи направляется на Землю, и начало передачи телеметрии с данными о состоянии и сигналом просьбы о помощи.

Именно так и произошло с New Horizons. Через 77 минут прием сигнала от межпланетной станции возобновился, и ЦУП начал получать телеметрию.

– Никогда в жизни не хотела бы еще раз пережить что-то подобное тем 77 минутам без связи, – говорит Боумен. – Но какое же это было чудо, когда мы снова получили сигнал! В этот момент мы поняли, что сможем справиться с проблемой, вопрос оставался лишь в том, сумеем ли сделать это до запланированного начала программы пролета.

Проведя анализ телеметрии, специалисты поняли, что компьютер попытался сделать несколько разных действий одновременно и его процессор не справился с нагрузкой. Вычислительная машина космической станции занималась сжатием данных, загрузкой новых программных модулей и передачей данных на Землю.



*Цель все ближе. На этих двух снимках планеты и ее крупнейшей луны, Харона, сделанных New Horizons 25 и 27 июня 2015 года, Плутон демонстрирует два своих сильно отличающихся полушария. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*

– Все это были очень «тяжелые» с точки зрения требуемой вычислительной мощности операции, которые начали выполняться одновременно, и компьютеру не хватило ресурса процессора, чтобы выполнить их все с достаточной скоростью, – поясняет Элис. – Автономная система управления бортом обнаружила, что компьютер отстает от заданных параметров быстрого действия, и пришла к выводу о его неисправности. В этот момент она произвела переключение на резервный (или вторичный) компьютер. Мы утратили сигнал от главного набора бортовых систем, потому что произошла передача управления резервным. Как только мы смогли увидеть новые данные, мы поняли, что произошло, и сумели составить план возвращения к нормальной работе аппарата.

Потребовалось почти трое суток работать не покладая рук, но в конце концов основная программа управления и наблюдений была загружена в главный компьютер. Научные наблюдения Плутона на пролете начались по расписанию.

– Даже несмотря на то что это был очень напряженный момент, – говорит Боумен, – все закончилось радостно и благополучно, и я благодарна нашей команде за то, что все вместе мы совладали с проблемой.

Уивер сказал, что эта аномалия «сделала нас несколько более осмотрительными; мы теперь стали опасаться, не ждет ли нас что-то еще, не таится ли впереди что-то зловещее, не случится ли вот-вот».

Одним из зловещих вопросов был такой: насколько точно навигационные расчеты приводят станцию в желаемую область? По словам Боумен, было очень непросто работать, не имея в этом уверенности, – и не уставать реагировать на те поправки, которые вносили навигаторы, выполняя требуемые коррекции курса.

– Не стоило проводить коррекцию траектории на слишком малом расстоянии от цели, потому что у нас тогда не оказалось бы достаточно времени, чтобы новая траектория «устоялась» и мы могли заново точно определить, куда именно движемся, – объясняет Элис. – Наша последняя возможность сделать коррекцию курса была 4 июля. После завершения последнего маневра единственным способом повлиять на содержание и результаты наблюдений оставался подбор времени их выполнения. Эти отметки времени были частью того блока информации, который мы загружали на борт, когда случился обрыв связи.

Но когда первые оптические навигационные снимки с камеры LORRI стали поступать на Землю после восстановления связи, они подтвердили, что New Horizons по-прежнему на правильном курсе сближения с Плутоном. И Плутон – даже на первых мутных снимках – выглядел очень интересно.

## История легендарного «сердца Плутона»

13 июля, когда до полуночи оставались считанные минуты, – в последнюю ночь накануне максимального сближения – Уивер сидел в своем офисе со слипающимися глазами и раз за разом щелкал по иконке на рабочем столе своего компьютера в нетерпении, когда же появится информация. Он ожидал получения очень важного набора снимков: на них при помощи камеры LORRI должен быть зафиксирован последний общий вид обращенного к аппарату полушария Плутона до того, как аппарат окажется настолько близко к планете, что она перестанет помещаться в поле зрения камеры вся целиком.

– Мы хотели представить этот снимок научной команде и всему миру утром, – говорит Уивер, – и нам пришлось собрать и не отпускать группу специалистов по обработке снимков, которой предстояло работать всю ночь, чтобы подготовить фотографию к утреннему пресс-релизу. Моей задачей было получить и передать изображения этой команде, но я собирался не глядеть на исходный снимок сам, а потерпеть и увидеть его вместе с остальными учеными проекта на специальном совещании, которое было запланировано на 6 утра на следующий день.

Уивер вспоминает, что всю предыдущую неделю все участники проекта работали как сумасшедшие и определенно страдали от недостатка сна. Этот снимок должен быть прийти со станции по линии связи поздно вечером, после завершения массы очень важных мероприятий по подготовке к эпохальному пролету Плутона.

– Я чувствовал себя идиотом, когда сидел и тыкался в компьютер, все время проверяя содержимое некоей директории на диске, где должны были появиться файлы с изображениями, да все никак не появлялись.

Позвонив одному из коллег, изможденный Хал Уивер вдруг понял, что он уже 45 минут проверяет содержимое не той директории.

Хлопнув себя по лбу, он наконец нашел искомый файл. Верный своему слову, Уивер не стал его просматривать – он сбросил его на флешку и отнес на другой конец зала специалистам по обработке изображений. Он решил не мешать им и вернулся в офис. Несколько минут спустя сконфуженная группа обработки снимков гурьбой ввалилась к нему. Оказалось, что Уивер дал им не тот файл, а сделанный ранее снимок Харона.

– Я сказал тогда: хорошо, давайте вместе посмотрим на этот снимок, чтобы убедиться, что я не путаю и он правильный, – говорит Уивер.

Коллеги собрались вокруг дисплея на столе Уивера, и в этот момент Плутон впервые предстал перед глазами людей так близко и в таком большом разрешении.



*Этот снимок Плутона при помощи длиннофокусной камеры LORRI, установленной на борту New Horizons, был получен 13 июля 2015 года, когда межпланетная станция находилась на расстоянии 768 000 км от его поверхности. Это последнее и наиболее детальное изображение, отправленное на Землю до момента наибольшего сближения аппарата с Плутоном. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*

– У нас перехватило дыхание, мы потрясенно раскрыли рты, – описывает этот момент Хал. – В тишине у меня вылетело нецензурное ругательство, которое потом попало в печать (я еще пожалел об этом после!), но мы были абсолютно поражены! Это был всего лишь сырой снимок, еще не окрашенный с применением цветных фильтров, но мы увидели эту огромную гладкую область в форме сердца посередине Плутона! По всему краю диска мы различили огромное количество деталей, которые говорили о том, как там все сложно, богато, интересно. Мы поняли, что у нас в руках блистательный результат.

Станция New Horizons только что превратила Плутон из комочка в несколько пикселей размером, каким его видел самый лучший из околоземных телескопов, в поразительный мир, полный сложности и многообразия. И еще, казалось, Плутон посылал нам знак своей любви.



*Реакция сотрудников проекта New Horizons на демонстрацию присланных аппаратом фотоснимков, сделанных до наибольшего сближения, которое произошло позже в тот же день, вторник, 14 июля 2015 года. Команда проекта празднует это событие в лаборатории прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса в Лореле, штат Мэриленд. Источник: NASA / Билл Инголс*

## День пролета

14 июля 2015 года научная команда New Horizons собралась в шесть утра в большой комнате этажом ниже офиса Уивера.

– Мы вывели новые фотографии Плутона на большой экран, и как же здорово было видеть всеобщую реакцию! – говорит об этом событии Уивер. – Ученые так долго ждали этого момента. Плутон смотрелся дивно, и снимки эти были в тысячу раз лучше, чем самые качественные фотографии, полученные с космического телескопа «Хаббл».

Чуть позже к сотрудникам научной команды присоединились их семьи, которые съехались на празднование по особому случаю – межпланетная автоматическая станция New Horizons прошла точку наибольшего сближения с Плутоном в 7:49 утра<sup>7</sup> на расстоянии 12 500 км от поверхности планеты.

Но что в этот момент происходило с New Horizons, команде управления полетом было неизвестно. Связь с аппаратом намеренно прервали, чтобы он мог полностью сосредоточиться на сборе данных. Вся надежда была на безошибочное выполнение заранее заданной программы съемки и наблюдений. Ученые не ждали от станции никаких вестей вплоть до вечера тех же суток, когда она уже далеко минует лунную систему Плутона.

Тянулся долгий, 22-часовой период ожидания, но наконец точно по расписанию в 20 часов 53 минуты New Horizons «позвонила домой», прислав доклад команде управления – а вместе с ней и всем в мире людям, следившим за событиями, – о том, что все прошло хорошо. В принятом Сетью дальней космической связи сообщении было лишь пятнадцать минут необходимой инженерам информации и никаких научных данных.

Слушая доклады ведущих специалистов по каждой системе космического аппарата, Уивер ожидал двух конкретных.



*Члены команды проекта New Horizons и гости ведут обратный отсчет до момента наибольшего сближения с Плутоном 14 июля 2015 года в лаборатории прикладной физики*

<sup>7</sup> По времени восточного побережья США с учетом перехода на летнее время. По Всемирному времени (UTC) в 11:49. — Прим. пер.

*Университета имени Джонса Хопкинса в Лореле, штат Мэриленд. Источник: NASA / Билл Инголлс*

Первая наиболее важная информация поступила от Брайна Бауэра, отвечавшего за программу автопилота New Horizons, который должен был отработать в специальном режиме во время пролета.

– Когда он сказал «все флаги сброшены», это означало, что, по доступной бортовому компьютеру информации, все прошло замечательно и во время пролета не случилось ни одного сбоя, – объясняет Уивер. – Было большим облегчением услышать это, поскольку многое могло пойти не так.

Второй критически важный доклад он услышал от Стива Уильямса, который управлял группой, ответственной за передачу команд и обработку данных.

– Он дал понять, что, согласно телеметрии, все собранные во время пролета данные были записаны на твердотельные накопители, – говорит Хал. – Это означало, что все запланированные наблюдения осуществились и их результаты сохранились на борту аппарата.

Но Уивер расслабился и вздохнул с облегчением лишь тогда, когда понял, что New Horizons пересекла экваториальную плоскость системы Плутона, потому что именно в этой области станцию могли поджидать наиболее опасные при ударе частицы пыли.

Стоит заметить, что, несмотря на всю неопределенность информации о точном расположении Плутона в пространстве, после занявшего девять с половиной лет путешествия длиной 4,8 млрд км, станция прошла всего лишь на 80 секунд раньше и на 80 км ближе к Плутону, чем изначально ожидалось. Навигационной группе удалось вписаться в целевой прямоугольник за счет правильных команд для коррекции траектории, рассчитанных по данным наблюдений и загруженных на борт аппарата.

Боумен посмотрела на остальные поступающие данные и провозгласила: «Наша станция в нормальном состоянии, теперь мы удаляемся от Плутона».

Пролет Плутона аппаратом New Horizons состоялся ровно через 50 лет, день в день, после самого первого пролета земного аппарата мимо другой планеты – Mariner 4 миновал Марс в 1965 году. Главная цель полета New Horizons лежала от Земли дальше, чем у какого-либо другого земного научного аппарата.



*Команда управления полетом New Horizons ликует (левое фото) после получения от аппарата информации, подтверждающей, что он успешно завершил программу пролета Плутона; Алан Стерн (на правом фото) победно присоединяется к своей команде в Центре управления полетом (ЦУПе) 14 июля 2015 года. Источник: NASA / Билл Инголлс*

– Такой урок мы усвоили за полвека космических исследований, – размышляет Хал Уивер. – Чтобы совершить гигантский прорыв по сравнению с наблюдениями с Земли, надо лететь к своей цели. К этим далеким телам нужно посылать научные аппараты.

## Плоды победы

Первые капли научных сведений стали просачиваться на следующий день, и за несколько недель Земля получила лишь пять процентов от всего накопленного объема – сперва это были снимки в низком разрешении. Только 5 сентября 2015 года станция New Horizons приступила к интенсивной передаче больших объемов записей, и этот процесс занял целый год: на Землю отсылались гигабиты научной информации, собранной во время пролета и записанной на два цифровых запоминающих устройства.

– Ради этого мы и трудились – ради этих кадров, спектрограмм и других данных, которые помогут нам понять происхождение и эволюцию системы Плутона, – говорит Стерн. – Для нас Плутон стал научной страной чудес. Те изображения, что мы уже успели получить, – настоящая магия. У меня от них дух захватывает.



*Цветной вариант снимка всего освещенного полушария Плутона, сделанного камерой LORRI 13 июля 2015 года. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*



*Изображение Харона в искусственно усиленных цветах. New Horizons сделала этот снимок высокого разрешения незадолго до наибольшего сближения с Плутоном 14 июля 2015 года при помощи обзорной мультиспектральной фотокамеры Ralph (MVIC – Multispectral Visual Imaging Camera); интенсивность цветов усилена, чтобы лучше продемонстрировать изменчивость свойств поверхности спутника. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*

Лишь месяцы спустя после пролета научная команда получила возможность поразмышлять над результатами, полученными во время встречи с Плутоном.

– Помню, как Алан зашел ко мне в офис в конце июля, – рассказывает Уивер. – Спросил, понимаю ли я, чего мы добились? Мы просто взяли, обнялись и сказали друг другу: «Боже ты мой, ведь мы вправду это сделали!» Удивительно, что все получилось до такой степени безупречно. Это была возможность, которая выпадает один раз в жизни, и нам удалось совершить блистательное, невероятное путешествие.

Стерн не стал почивать на лаврах, а продолжил работу в прежнем энергичном ритме. В промежутках между совещаниями, выступлениями и путешествиями он выкраивал время на анализ полученных от New Horizons данных.

– Весь тот день, когда мы повстречались с Плутоном, был отчетливым, реальным и нереальным в то же самое время, – говорит он. – Я повторял то и дело: «Не могу поверить, наконец-то мы делаем то, о чем так долго рассуждали!» Честно говоря, я и сейчас иногда щипаю себя, чтобы убедиться, что это не сон.

А самое прекрасное, что те же самые чувства испытывала вся команда ученых и инженеров, которые так долго трудились ради этого исхода.



*Глен Фаунтейн, менеджер проекта New Horizons, на пресс-конференции вместе с Джимом Грином, директором Отдела планетологии NASA (слева), и Элис Боумен (справа) после того, как от станции было получено подтверждение успешного пролета Плутона и выполнения научных задач. Источник: NASA / Джойл Коуски*

– Мы собрали большую команду очень увлеченных своим делом людей, – объясняет Стерн, – и после пятнадцати проведенных вместе лет мы во многих отношениях стали как семья. И то, что мы сделали, было просто невероятно. Конечно же, Плутон оказался более удивительным, чем мы могли себе представить в самых смелых мечтах, так что наше достижение – не только техническое, оно еще и невероятное с научной точки зрения, да еще и общественность по-настоящему участвовала в нашем проекте! Мы были просто ошеломлены!

Для Боумен весь день пролета прошел, как в тумане. Она сама и ее группа едва сумели урвать немного сна – важнейший день проекта был переполнен событиями.

Самое дорогое для нее воспоминание того дня, к которому она мысленно возвращается снова и снова, – это тот особый момент, когда она сообщила группе управления полетом: они получили данные с космического аппарата, и, согласно им, пролет прошел благополучно.

– После того как все начальство покинуло ЦУП, – рассказывает Боумен, – и остались лишь мы, был поднят тост за наш успех. А потом мы пошли в Косси-центр (Конференц-центр имени Александра Косякоффа<sup>8</sup> в лаборатории прикладной физики. – *Прим. авт.*) на пресс-конференцию. Мы шли минут пять, и, несмотря на то что нас было много, по сути, это был момент уединения, потому что корреспонденты еще не набросились на нас, желая взять интервью. Мы смотрели друг на друга и говорили: «Вот это да, у нас все получилось!»

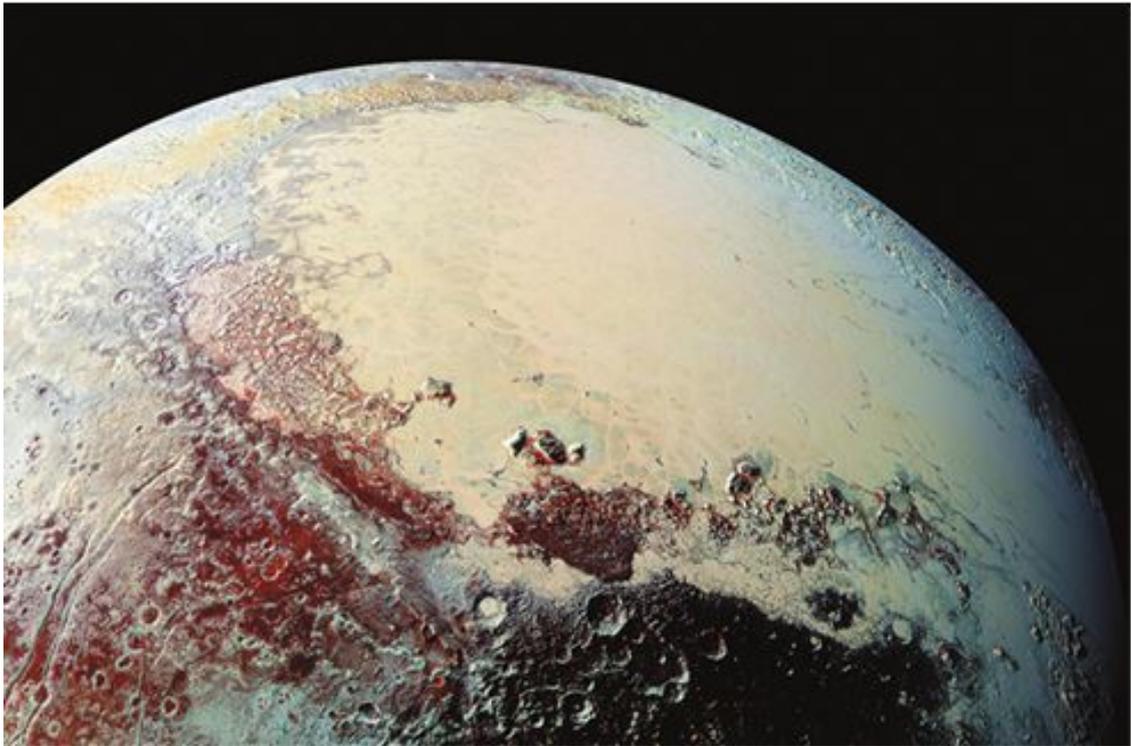
---

<sup>8</sup> Александр Косякофф (1914–2005) – гражданин США русского происхождения, разработчик твердотопливных ракет и директор лаборатории прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса в 1964–1980 годах. – *Прим. пер.*

## Плутон как на ладони

Хотя станция New Horizons уже оставила Плутон далеко позади, продолжая мчаться по прямой, углубляясь в пояс Койпера, послепролетный период критически важен для научной команды проекта.

– Теперь мы получаем все те научные результаты, за которыми отправлялись, – комментирует положение вещей Уивер, – и нам некогда отдыхать. Мы продолжаем добросовестно трудиться.



*Цветной снимок равнины Спутника на Плуtone крупным планом, выполненный New Horizons во время пролета. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*



*Эта фотография была сделана 14 июля 2015 года через 15 минут после момента наибольшего сближения АМС New Horizons с Плутоном, когда станция повернулась, чтобы «посмотреть» на Плутон против Солнца. Солнечные лучи, озаряющие планету с обратной стороны, высвечивают глубокие слои дымки в атмосфере Плутона со всех сторон планетарного диска. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*

По причине очень большого расстояния между New Horizons и Землей, а также малой энергообеспеченности (системы космического аппарата потребляют всего лишь 200 ватт электроэнергии) канал связи, по которому данные отсылаются на Землю, работает с очень небольшой скоростью – от 1 до 4 килобит в секунду. Вот почему передача всей научной информации на Землю заняла больше года. Команда проекта создала специальное программное обеспечение, чтобы следить за состоянием всех наборов данных и расписанием их отправки на Землю.

– Полет New Horizons потребовал от нас многолетнего терпения, – говорит Хал Уивер, – но мы знаем, что ради этих результатов есть смысл ждать.

Снимки «сердца Плутона» остаются одними из самых интригующих в этом полете.

– Огромная, светлая и плоская область в форме сердца представляет собой гигантский язык льда из молекулярного азота, – объяснил мне Алан Стерн. – Мы неформально назвали его равниной Спутника<sup>9</sup> в честь первого автоматического аппарата для исследования космоса<sup>10</sup>. По периферии его окружают горные хребты, высотой сопоставимые со Скалистыми горами в штате Колорадо.

---

<sup>9</sup> 7 сентября 2017 года Международный астрономический союз утвердил ряд официальных наименований рельефа Плутона, и равнина-«сердце» получила название Sputnik Planitia, что почти идентично рабочему названию этой детали, придуманному научной командой проекта, – Sputnik Planum. – *Прим. пер.*

<sup>10</sup> Первый искусственный спутник Земли, который СССР запустил в 1957 году. – *Прим. авт.*

Горы, в отличие от плоской равнины, не могут быть сложены из азота. Как утверждает Стерн, азот – недостаточно прочный материал, чтобы формировать собой горы. Вероятно, они состоят из водяного льда с метановым налетом на поверхности.

И Стерну, и Уиверу очень нравится снимок, который New Horizons сделала, «оглянувшись назад» после того, как миновала точку наибольшего сближения.

– Смотрите, это атмосфера Плутона! – возбужденно восклицает Уивер. – Могли вы раньше похвастаться, что видели атмосферу другой планеты? Да еще и разглядели структуру.

«Дымка в голубом небе», которую видно на этом фото, тоже имеет для ученых свое особое значение.

– Такой снимок можно было сделать только с обратной стороны Плутона, – говорит Стерн, – и он означает, что наш пролет прошел как надо. Для нас это такая же эпохальная фотография, как снимок «Восход Земли», который выполнили астронавты Apollo<sup>11</sup>.

Другие изображения атмосферы Плутона позволяют сделать вывод о наличии в ней облаков. Если удастся этот вывод подтвердить, то это станет первым случаем, когда облака удалось зарегистрировать на карликовой планете, и будет признаком того, что этот маленький мир обладает более сложной атмосферой, чем кто-либо мог предположить.

Панорамный вид поверхности Плутона, полученный при помощи камеры Ralph, которая объединяет в себе мультиспектральный формирователь изображения и инфракрасный картирующий спектрометр, тоже поражает.

– Это нечто сногшибательное, – говорит о нем Уивер. – Глядя на него, я чувствую себя так, будто я там и сам гляжу на эти плутонианские горы.

Кроме того, New Horizons удалось зафиксировать в районе горной цепи к северу от равнины Спутника нечто, что может являться замерзшим озером ранее жидкого азота. Возможно, когда на Плуtone было чуть теплее, по его поверхности могли течь жидкости и собираться в естественных резервуарах.

А еще на Плуtone есть плавающие холмы из водяного льда. Поскольку водяной лед менее плотный, чем лед с преобладанием замерзшего азота, ученые считают, что эти холмы могут постепенно перемещаться в океане твердого азота, как айсберги в земном Северном Ледовитом океане. Вероятно, они представляют собой фрагменты обрывистых возвышенностей, которые откололись и были унесены азотными ледниками на простор равнины Спутника.

---

<sup>11</sup> Известная фотография Земли над лунным горизонтом, сделанная 24 декабря 1968 года астронавтом Биллом Андерсом из экипажа космического корабля Apollo 8, впервые в мире совершавшего полет по окололунной орбите. – *Прим. пер.*



*New Horizons* сделала предзакатный снимок зазубренных ледяных гор и плоских ледяных равнин, которые тянутся до горизонта Плутона. Гладкий простор неофициально названной равнины Спутника (справа) ограничен с запада (слева) цепью остроконечных горных вершин высотой до 3500 м. В разреженной атмосфере Плутона можно заметить более десятка слоев дымки. Эта фотография была сделана с расстояния 18 000 км от Плутона. Размер области на ней составляет 380 км в поперечнике. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт

– Мы свидетельствуем, что Плутон геологически активен в самых широких масштабах, – говорит Стерн. – Ничего подобного этому не наблюдалось нигде в Солнечной системе, за исключением мест, где есть источники приливно-отливной энергии, например на спутниках Сатурна и Юпитера. Но здесь мы имеем дело с одиночной планетой, изолированной в пространстве, и тем не менее там проявляется бурная активность, порождающая вулканы на поверхности. Равнина Спутника выглядит так, будто бы она возникла, по геологическим меркам, буквально вчера.

В своих выступлениях Стерн говорит, что он называет Плутон научно-фантастической планетой.

Десятилетиями мы лишь воображали, как может выглядеть поверхность Плутона. И вот теперь мы знаем это точно.



*Этот снимок в высоком разрешении, выполненный приборами New Horizons, демонстрирует разнообразие рельефа Плутона – на нем можно увидеть детали от 270 м размером. На этом 120-километровом участке шероховатая поверхность равнины окружает изолированные ледяные горы (которые выглядят как клинговская «хищная птица»<sup>12</sup> из фантастического сериала *Star Trek*). Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт*

– Годами мы перебивались тем, что для нас рисовали художники, – пожаловался Уивер, – на основе информации, полученной нашей «Плутоновой мафией». У таких ученых, как Марк Бьюи, Джон Спенсер и Лесли Янг, были собственные идеи, и они спорили с Аланом о том, как Плутон может быть окрашен. Уже с 1980-х годов они знали, что Плутон – интересная планета. Но даже они не подозревали, что он настолько замечательный, как нам удалось увидеть при помощи New Horizons.

---

<sup>12</sup> Инопланетный космический корабль. – Прим. пер.



*Так в представлении художника будет выглядеть встреча межпланетной станции NASA New Horizons с другим подобным Плутону объектом в дальнем районе пояса Койпера. Источник: NASA / лаборатория прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса / Юго-западный научно-исследовательский институт / Алекс Паркер*

В этой истории отличился не только межпланетный аппарат и создавшая и направлявшая его команда. По словам Уивера, Плутон отличился тоже.

– Он не был обязан оказаться таким эффектным, но он оказался.

## Полет продолжается

Автоматическая межпланетная станция New Horizons продолжает свое головокружительное путешествие сквозь пояс Койпера. Она делает снимки пространства, и команда намерена получить изображения как минимум двадцати далеких объектов Пояса, чтобы изучить свойства их поверхности намного лучше, чем это возможно сделать с Земли.

Долго ли еще New Horizons сможет работать? NASA утвердило продление проекта до 2021 года, но участники команды надеются, что этот срок увеличится.

– Мы считаем, что энергии на борту достаточно, чтобы управлять аппаратом и передавать научные данные до середины 2030-х годов, – говорит Элис Боумен. – Один из факторов, который нас ограничивает, это передатчик, самый мощный бортовой потребитель электроэнергии, ему требуется для включения 32 ватта мощности. Так что, даже если ничего на борту аппарата не выйдет из строя, но мы достигнем момента, когда у нас не хватит энергии для работы передатчика, это может означать конец нашего проекта.

Однако NASA еще должно согласиться на его продление на все это время.

Но, что касается ближайшей перспективы, сейчас «в прицеле» New Horizons другая койпериды под обозначением 2014 MU69<sup>13</sup>. Это ледяное тело находится на 1,6 млрд км дальше Плутона и имеет размер около 45 км. New Horizons пролетит поблизости от него 1 января 2019 года, и участники команды проекта надеются провести станцию к нему еще ближе, чем к Плутону.

Ученые предполагают, что MU69 может оказаться первичным объектом Солнечной системы и представлять собой совершенно иной тип объектов пояса Койпера, чем Плутон.

– 2014 MU69 – это древняя койпериды, сформировавшаяся там же, где сейчас пролегает ее орбита, – говорит Алан Стерн. – Ученые десятилетиями питают надежды на изучение астрономического объекта такого типа. Это будет самый далекий мир, какой нам довелось увидеть вблизи, и еще одна тайна, которую New Horizons откроет для нас.

---

<sup>13</sup> В 2018 году научная команда New Horizons приняла для этого тела рабочее название Ultima Thule, или «остров Туле» – мифическая далекая страна, которую якобы нашел в своих странствиях древний мореход Пифей. Это популярное выражение употребляется в смысле «край света», «самая дальняя цель». – *Прим. пер.*

## Глава 2

# Любопытный марсианский бродяга

### Семь минут ужаса

Примерно семь минут нужно, чтобы искусственное тело среднего размера – такое, как планетоход или автоматический спускаемый аппарат, – прошло участок спуска в атмосфере Марса и оказалось на его поверхности. За это короткое время ему надо погасить всю ту огромную скорость, с которой оно вторгается в небо Марса, – это около 20 900 км/час – и коснуться грунта на скорости не более 3 км/ч.

Для того чтобы это удалось, требуется четкая, выверенная последовательность действий в стиле невероятных машин Руба Голдберга<sup>14</sup> – события должны происходить точно по графику. И только под управлением компьютера, без какого-либо вмешательства с Земли. Удаленно управлять аппаратом с нашей планеты, отстоящей на 240 млн км<sup>15</sup>, невозможно. На таком расстоянии время путешествия радиосигнала с Земли на Марс составляет более 13 минут. Поэтому пока семиминутное торможение и спуск закончатся и все нужные события произойдут, – или не произойдут! – никто на Земле ничего не узнает. Ваш аппарат-посланник или великолепно сядет на поверхность Марса, или обратится в груды обломков.

Именно поэтому ученые и инженеры, работающие над марсианскими проектами, называют это время семью минутами ужаса.

А когда стартовавшая с Земли в ноябре 2011 года Mars Science Laboratory (MSL, «Марсианская научная лаборатория») приближалась к финишу, страх и мандраж по поводу фазы перелета, официально называемой **«вход в атмосферу, спуск и посадка»**, возросли стократно. На борту MSL находился шестиколесный, массой в тонну (точнее – 907 кг) марсоход Curiosity<sup>16</sup>, и ему предстояло оказаться на планете посредством абсолютно новой, никем доселе не опробованной системы посадки.

---

<sup>14</sup> Известный американский карикатурист и изобретатель, прославившийся в начале XX века изображениями машин, выполняющих простые действия чрезвычайно сложным и запутанным образом, как правило, по «принципу домино». В отечественной популярной культуре пример такой машины хорошо известен по мультфильму «Лето кота Леопольда», где мыши устроили сложную ловушку для кота. – *Прим. пер.*

<sup>15</sup> Расстояние между Землей и Марсом в зависимости от взаимного расположения планет может изменяться в пределах от 55 до 401 млн км, в данном случае речь идет о приблизительно среднем возможном его значении. – *Прим. пер.*

<sup>16</sup> Произносится «Кьюриосити», в переводе означает «Любопытство», «Любознательность». Название было выбрано в 2009 году путем интернет-голосования среди предложенных школьниками вариантов. – *Прим. пер.*



*Рисунок, изображающий момент касания марсианской поверхности планетоходом Curiosity, подвешенным на стреньгах под ракетным блоком спуска и мягкой посадки. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

На тот момент все предназначенные для работы на Марсе посадочные модули и роверы садились так: вначале ракетный перелетный модуль выполнял наведение и ориентацию посадочного блока, затем он отделялся и входил в атмосферу, прикрытый лобовым теплозащитным экраном, после торможения в действие вводился парашют, а в конце включались ракетные двигатели, замедляющие спуск еще сильнее. Для Curiosity этот сценарий выполнялся тоже. Однако на финальном этапе ему требовалось самое сложное устройство посадки из всех когда-либо изобретенных.



*Для того чтобы ровер Curiosity мог совершить посадку на Марс, требуется сложная последовательность действий. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Его прозвали «небесный кран», и оно представляло собой блок с ракетными двигателями, который должен был зависнуть неподвижно и опустить планетоход на грунт на двадцатиметровом тросе из вектрана<sup>17</sup>, чтобы он мягко и ровно встал прямо на свои колеса, как альпинист, спускающийся дюльфером. Вся эта операция должна была занять считанные секунды, и, после того как бортовой компьютер зафиксирует касание ровером грунта, пиножи должны перерубить тросы, а парящая посадочная ступень – улететь прочь на полной тяге двигателей, чтобы упасть на безопасном расстоянии вдали от Curiosity.

Еще большая сложность состояла в том, что этот марсоход должен был совершить самую точную посадку за все время межпланетных исследований – внутри кратера рядом с горой размером с Рейнир<sup>18</sup>.

---

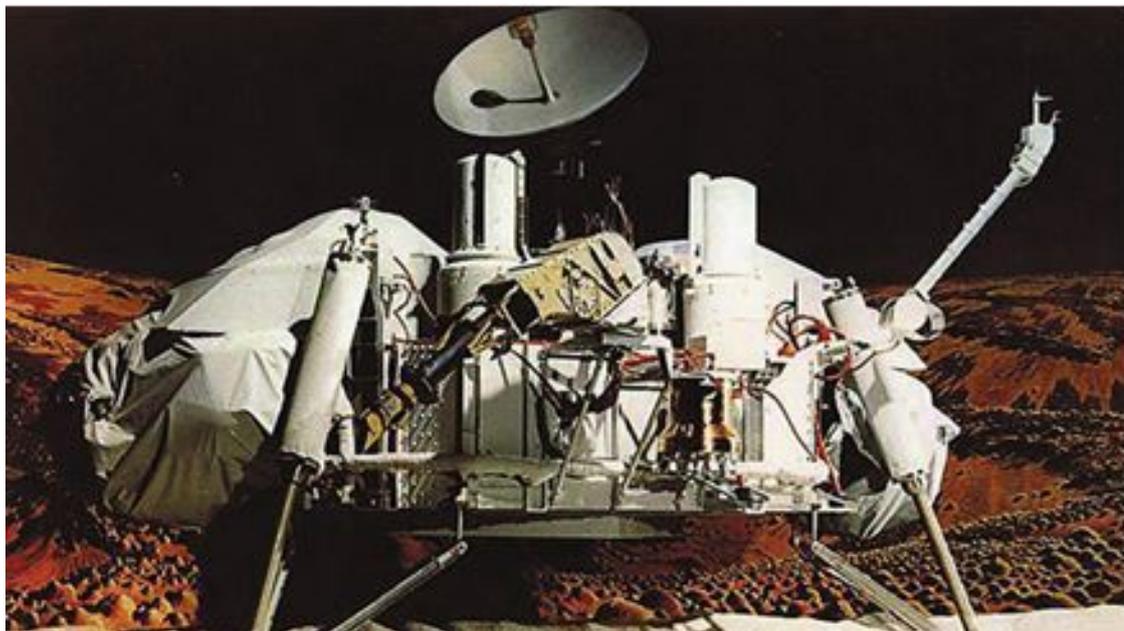
<sup>17</sup> Прочный жидкокристаллический полимерный материал, похожий на кевлар. – *Прим. пер.*

<sup>18</sup> Вулканическая гора высотой 4392 м над уровнем моря в штате Вашингтон недалеко от города Сиэтл, США. – *Прим. пер.*



*Изображение Марса, полученное с помощью космического телескопа «Хаббл» 12 мая 2016 года, когда Марс находился на расстоянии лишь 80 млн км от Земли. Яркие ледяные полярные шапки и облака, плывущие над ландшафтом цвета ржавчины, говорят о том, что Марс – планета с динамичной сменой времен года. На этом снимке различимы детали минимальным размером 30 на 50 км. Источник: NASA, ESA, команда «Наследие Хаббла» под эгидой Научного института космического телескопа (STScI) и Университетской ассоциации астрономических исследований (AURA), Дж. Белл (Университет штата Аризона) и М. Вольф (Институт космической науки)*

Серьезным источником сомнений послужило то, что инженеры не могли хотя бы раз испытать всю работу посадочной системы от начала до конца. И не было иной возможности создать жесткие условия атмосферы и меньшей, чем на Земле, силы тяжести Марса, кроме как побывав на Марсе. Поскольку «небесный кран» еще ни разу не применялся в деле, инженеры беспокоились: что, если подвесные стропы не отделятся от марсохода? Что, если посадочная ракетная ступень рухнет прямо на него?



*Рисунок художника, изображающий посадочный модуль AMC Viking на Марсе. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Если «небесный кран» не сработает, это будет печальный конец проекта, который и без того уже успел пройти через многое: технические проблемы, задержки с реализацией, превышение сметной стоимости и гнев критиков, заявивших, что израсходовать 2,5 млрд долларов на марсианский ровер означало лишить денег остальные направления планетных исследований NASA.

## Полеты на Марс

Сияющий красным светом на ночном небе Марс веками манил всех, кто смотрел на звезды. С наступлением эры космоса его стали рассматривать как ближайшую к Земле планету, на которую имелся шанс послать экспедицию с людьми или даже колонистов. К настоящему времени свыше сорока беспилотных аппаратов было отправлено на Марс... хотя, точнее будет сказать, было совершено более сорока попыток отправить какие-либо аппараты на Марс.

Если брать вкуче все американские, европейские, советские/российские и японские проекты межпланетных станций, больше половины полетов на Марс не достигли успеха по разным причинам: из-за аварий ракет при запуске, аварий на борту аппарата по пути на Марс, неудачных попыток выйти на орбиту или аварийных приземлений. При этом, хотя проекты позднейшего времени оказывались более успешными, чем самые первые попытки исследовать Марс *in situ* (то есть на месте), занятые космическими исследованиями ученые и инженеры лишь отчасти шутят, говоря о «Великом галактическом Упыре» или о «Проклятии Марса», поджидающем космические аппараты на их пути.

Но были не только провалы, но и случаи чудесного успеха. Станции начального этапа – 1960-х и 1970-х годов, такие как орбитальные аппараты *Mariner* и посадочные *Viking*<sup>19</sup>, – открыли нам мир хотя и невероятно красивый, но скалистый и пустынный, и, таким образом, разрушили всякие надежды на то, что на соседней с нами планете обитают маленькие зеленые человечки. Однако более поздние аппараты обнаружили двойственную картину: величественная пустыня хранила заманчивые следы присутствия в прошлом, а может быть, и в настоящем воды и различной глобальной активности.

Сегодня поверхность Марса выглядит холодной и сухой, а его атмосфера «легче шепота» не защищает планету от солнечной радиации. Но есть признаки того, что условия на Марсе не всегда были такими. С орбиты видны следы оврагов и сложные системы долин, которые выглядят так, будто они были промыты текущей водой.

Десятилетиями планетологи спорят, сформировались ли эти детали рельефа во время коротких периодов повышенной влажности, вызванных катастрофическими событиями, наподобие падения астероида или стихийных бедствий, влияющих на климат, или же они появились миллионы лет назад, когда Марс был теплым и влажным. Большая часть собранных на данный момент свидетельств противоречива. Но если миллиарды лет назад там были реки и океаны, как на Земле, могла найтись ниша и для жизни.

---

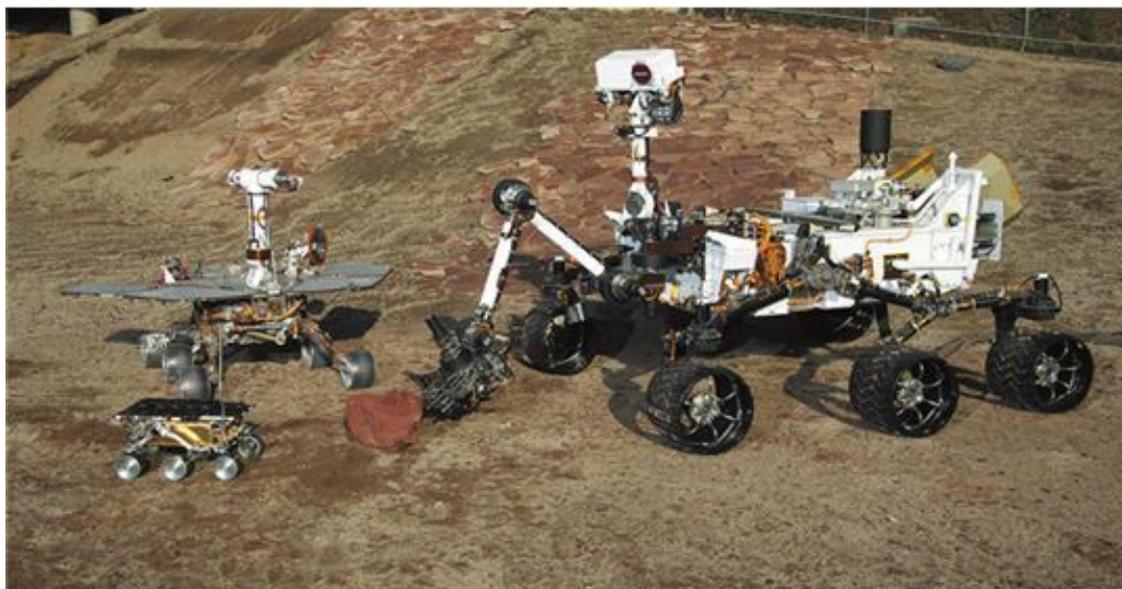
<sup>19</sup> См. сноску на с. 12.

## Марсоходы

Планетоход (или ровер) Curiosity – четвертый по счету мобильный аппарат, посланный NASA на поверхность планеты Марс. Первым из них был ровер Sojourner<sup>20</sup> массой 10,6 кг, который был доставлен на каменистую марсианскую равнину 4 июля 1997 года. Размером с микроволновую печь, 65-сантиметровый Sojourner не удалился более, чем на 12 м от своего посадочного аппарата и базовой станции. Посадочный аппарат совместно с ровером входили в проект Pathfinder<sup>21</sup> и должны были проработать на Марсе примерно неделю. Но вместо этого их деятельность продолжалась почти три месяца, и они передали на Землю 2,6 гигабита данных: с посадочного аппарата было сделано более 16 500 фотоснимков, а с марсохода – еще 550. Кроме этого, были взяты химические пробы минералов и грунта, а также изучена погода и атмосфера Марса. Обнаружились признаки того, что Марс в прошлом мог быть более теплым и влажным.

В то время, когда состоялся этот полет, Интернет как раз набирал популярность, и NASA решило публиковать полученные с ровера снимки на веб-сайте сразу же, как они принимались на Земле. Дело обернулось так, что эта кампания стала одним из самых значительных событий в истории молодого Интернета, и сайт NASA (вместе с сайтами-зеркалами, созданными, чтобы удовлетворить повышенный спрос) за первые двадцать суток работы аппаратов набрал 430 млн посещений.

Для посадки Pathfinder тоже применялась необычная система. Вместо того чтобы использовать реактивные двигатели для мягкого опускания на поверхность, инженеры сделали набор гигантских воздушных подушек, окружающих и защищающих космический аппарат. После прохождения обычных этапов наведения при помощи ракетного блока, входа в атмосферу под теплозащитным экраном, ввода парашютов и тормозного двигателя на последнем этапе подушки надувались, и запечатанный в кокон из них посадочный модуль сбрасывался с 30-метровой высоты над поверхностью. Подпрыгнув несколько раз на марсианском ландшафте как громадный пляжный мяч, Pathfinder остановился, воздушные амортизаторы сдулись, и модуль раскрылся, выпуская ровер наружу.

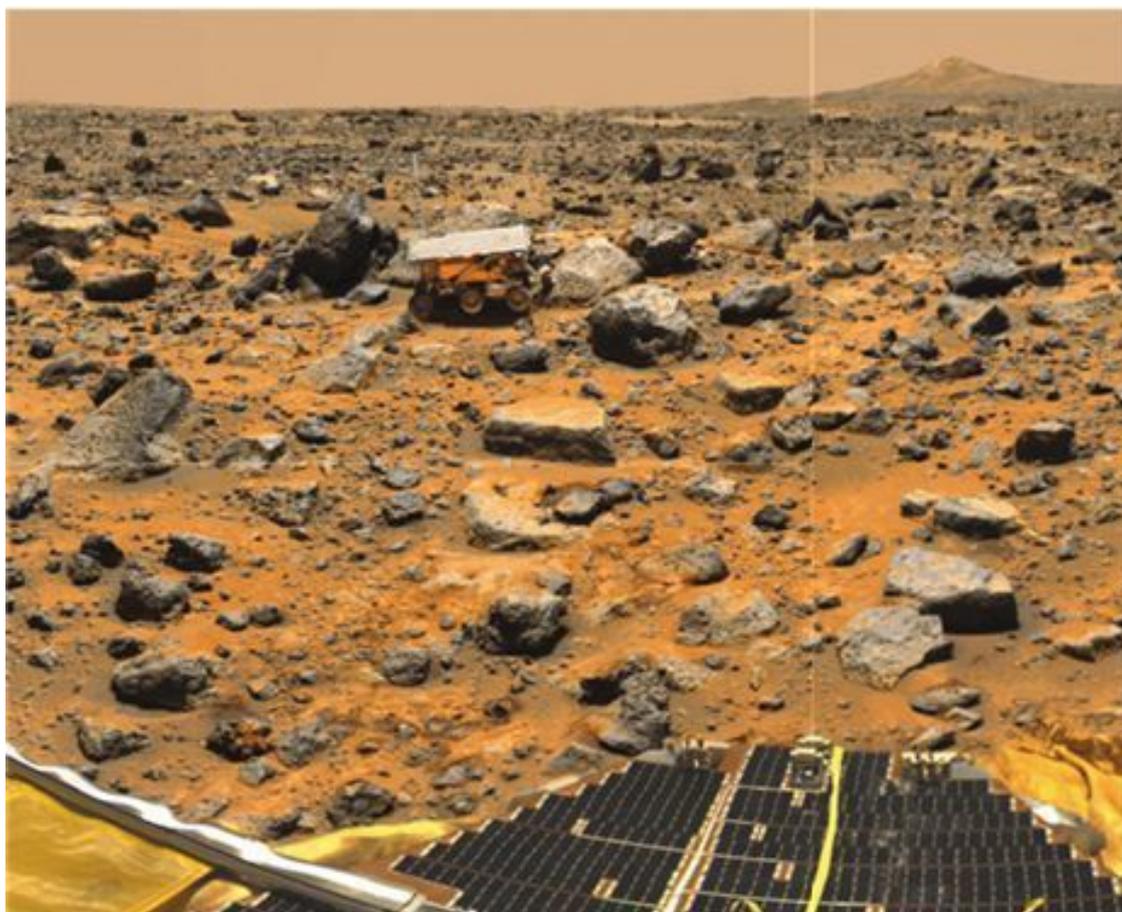


<sup>20</sup> В переводе «Странник». – Прим. пер.

<sup>21</sup> В переводе «Искатель пути». – Прим. пер.

*Три поколения марсоходов, собранные вместе на площадке под названием «Марсианский двор» в лаборатории реактивного движения. Это место является полигоном с искусственным марсианским ландшафтом, который команды исследователей и инженеров используют для испытаний эксплуатируемых сейчас и в перспективе роверов и других аппаратов. На снимке: впереди – экземпляр-дублер первого марсохода Sojourner. Слева – испытательный образец программы Mars Exploration Rover. Справа – испытательный образец Mars Science Laboratory. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Несмотря на то что идея такой посадки выглядела как сумасшествие, она оказалась настолько удачной, что NASA решило использовать более крупные воздушные амортизаторы в следующем полете аппаратов с марсоходами на борту – двумя одинаковыми роверами, которым дали имена Spirit и Opportunity. Оба планетохода системы Mars Exploration Rover (MER) размером примерно с оснащенную рулем и сиденьем газонокосилку: 1,6 м в длину, массой 185 кг. Spirit совершил успешную посадку вблизи марсианского экватора 4 января 2004 года, а тремя неделями спустя Opportunity шлепнулся в своих газовых подушках на другую сторону планеты. Задачей обеих станций MER был поиск доказательств существования в прошлом на Марсе воды, и обоим марсоходам удалось «сорвать джекпот».



*Панорама места посадки аппарата Pathfinder в долине Ареса на Марсе. Ровер Pathfinder'a Sojourner, приваливший к камню, виден неподалеку. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

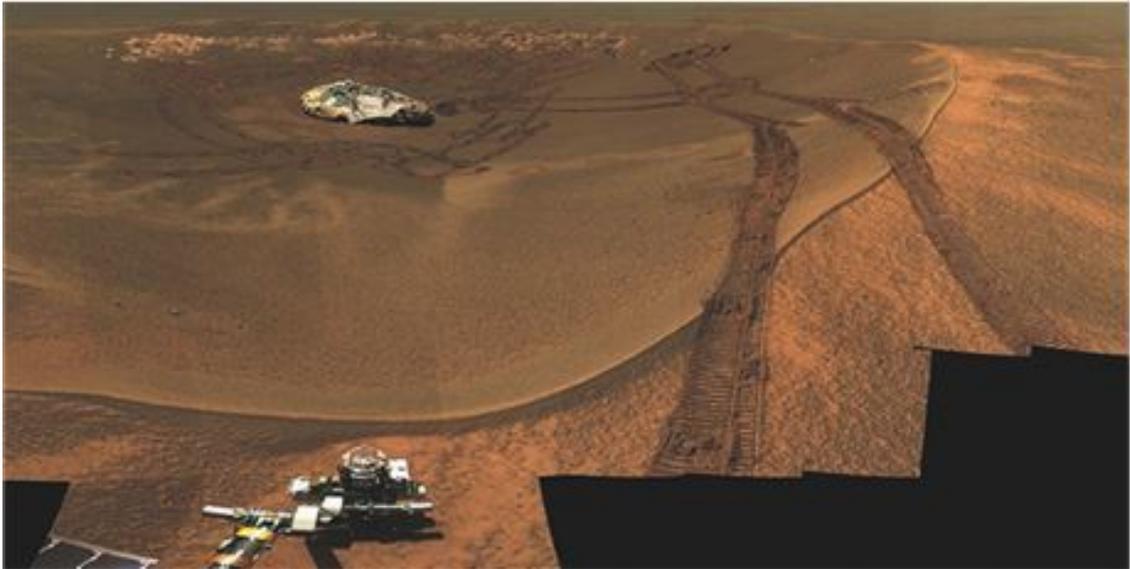
В ряду множества находок и открытий, выполненных посредством Opportunity, были обнаружены обнажения древних скал, которые сформировались когда-то в текущей воде,

а Spirit нашел необычные кремнеземные образования, похожие на цветную капусту, которые ученые до сих пор исследуют, – есть возможность, что они могут дать ключ к ответу на вопрос о потенциальной древней жизни на Марсе. Невероятно, но сейчас, когда я пишу эти строки, марсоход Opportunity все еще работает, уже преодолел большее расстояние, чем дистанция марафонского забега (42 км), и продолжает изучать Марс в кратере Индевор.



*Инженеры испытывают огромные многосекционные подушки-амортизаторы, предназначенные для защиты аппарата Pathfinder в момент его встречи с поверхностью Марса. Размер связки из воздушных подушек достигает 5 м в высоту и 5 метров в диаметре. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

А Spirit пал жертвой потери электропитания во время холодной марсианской зимы в 2010 году после того, как застрял в вязких песках. Оба ровера намного превысили своей проектный срок службы в 90 суток.

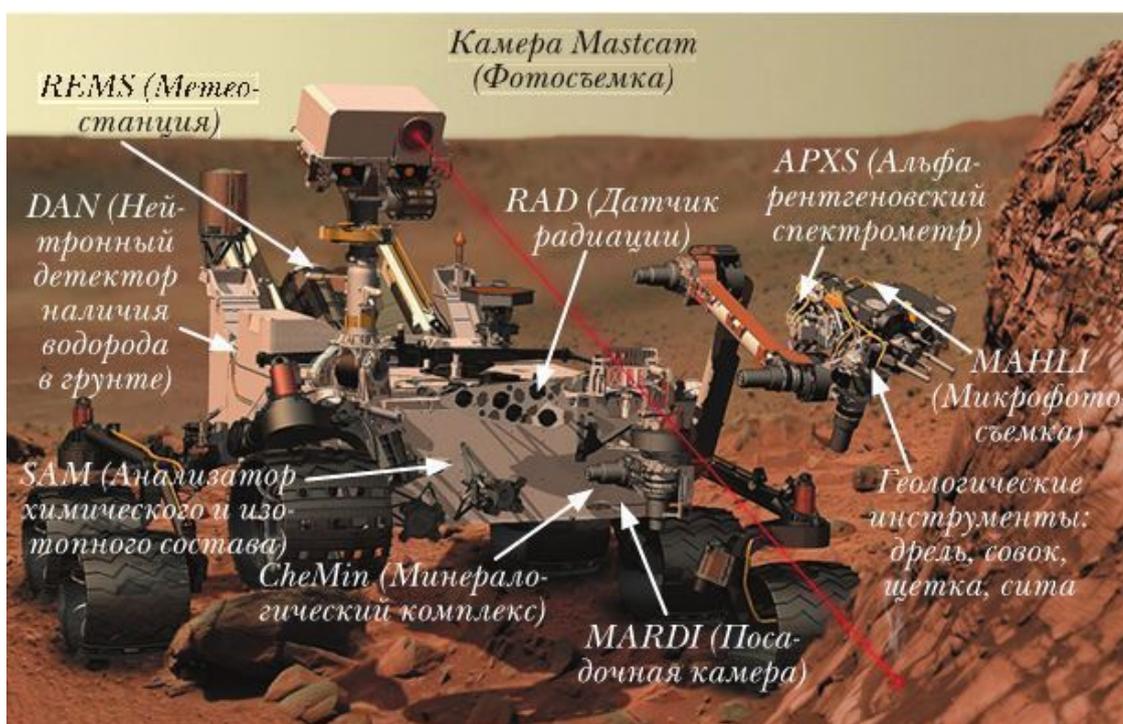


*Панорамный вид кратера Игл на Марсе, в котором совершил посадку марсоход Opportunity. Можно увидеть посадочный аппарат, покоящийся на сдутых амортизаторах (белый предмет в центре кратера), оставленные марсоходом следы и часть его солнечной батареи (слева внизу). Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Так вышло, что у каждого марсохода MER развились свои «черты характера», или, лучше будет сказать, что люди стали приписывать им эти черты. Spirit был проблемным ребенком и вел себя как примадонна, но ему с трудом давались новые открытия. Opportunity был любимым младшим братиком и звездой сцены – удача с открытиями так и шла к нему. Проектировщики Spirit и Opportunity не думали о том, чтобы сделать их милыми, но очаровательные марсоходы захватили воображение как детей, так и суровых ветеранов космонавтики и науки. Джон Каллас, руководитель проекта MER, как-то раз назвал роверы-близнецы «самыми умильными чертовыми штуками вне Земли в Солнечной системе». И пока отважные планетоходы всем смертям назло преодолевали трудности и опасности, они присылали фотооткрытки на Землю каждый день. И земляне полюбили их за это.

## Curiosity

Так до сих пор и не решено, как же послать на Марс человека, хотя вроде бы мы уже очень давно собираемся это сделать. Для этого требуются ракеты и космические корабли большего размера, чем имеющиеся сейчас, нужна более совершенная техника для обеспечения жизнедеятельности человека и возможность выращивать еду в полете, и пока мы еще не располагаем средствами, чтобы выполнять посадку очень больших грузов, которые необходимо доставлять для строительства человеческого поселения на Марсе. Но пока – пока мы размышляем над этими проблемами – мы послали на красную планету робота, который является аналогом человека-геолога. Марсоход Curiosity размером с автомобиль вооружен батареей из семнадцати съемочных камер, буром, совком, микроскопом и даже лазером. Инструменты напоминают те, которые используют геологи для изучения камней и минералов на Земле. Помимо этого, новый марсоход похож на человека еще и тем, что умеет взбираться на горы, питаться (фигурально выражаясь), разминать свою (кибернетическую) руку и делать селфи.



Здесь можно увидеть расположение различных камер и инструментов на марсоходе NASA Curiosity. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института

«Бродячий геолог» заодно является и мобильной химической лабораторией. На ровере размещено ровно десять инструментов, которые должны помочь ему разыскать углерод органического происхождения, способный указать на наличие «исходных кирпичиков жизни» на Марсе, а также «принюхаться» к марсианскому воздуху, чтобы попытаться обнаружить присутствие газов наподобие метана, ведь они тоже могут быть признаком наличия жизни. Кибернетическая рука-манипулятор Curiosity оснащена набором инструментов, которому может позавидовать швейцарский армейский нож: камера с возможностью микроскопического увеличения, спектрометр для определения химического состава образца, бур для проникновения внутрь горных пород и сбора образцов для анализа в бортовых лаборато-

риях под названиями SAM (Sample Analysis at Mars, «Анализ образцов на Марсе») и CheMin (Chemistry and Mineralogy, «Химия и минералогия»). Лазерный комплекс ChemCam может испарять камни на расстоянии до 7 м от планетохода и определять их минеральный состав по спектру света, который испускает камень в момент взрыва под ударом лазерного луча. Список бортовых инструментов завершают метеорологическая станция и регистратор радиации<sup>22</sup>.

Со всеми этими камерами и приборами ровер стал глазами и руками международной команды из примерно пятисот ученых на Земле.

Преыдушие марсоходы использовали **солнечные батареи**, чтобы собирать свет солнца и преобразовывать его в электроэнергию, а на Curiosity установили РИТЭГ такого же типа, как на New Horizons. Полученное в РИТЭГе электричество повторяющимися циклами заряжает литий-ионные аккумуляторы, а отводимое от него тепло передается внутрь корпуса, чтобы согреть электронные компоненты.

Учитывая размер и вес Curiosity, о системе посадки с помощью воздушных надувных амортизаторов, подобной той, которая применялась на преыдуших марсоходах, речи быть не могло. Как заявил инженер NASA Роб Мэнниг, «нельзя бросаться таким большим предметом». Было принято дерзкое решение использовать «небесный кран».

Задача Curiosity: изучить, как развивался Марс на протяжении миллиардов лет, и определить, были ли на нем когда-либо (и есть ли сейчас) условия для поддержания жизни микроорганизмов.

Место работы Curiosity: марсианская возвышенность высотой 5,5 км, которую ученые назвали «горой Шарпа»<sup>23</sup> (формальное наименование Эолова гора), расположенной в середине кратера Гейл, ударного бассейна диаметром 155 км.



*В момент посадки аппарата присутствовали ответственный за выполнение программ по исследованию Солнечной системы NASA Дейв Лейвери (второй справа) и Джон Гринсфелд,*

<sup>22</sup> Для полноты списка имеет смысл упомянуть размещенную на мачте многофункциональную камеру Mast Camera, посадочную камеру MARDI (Mars Descent Imager) и детектор динамического альbedo нейтронов DAN (Dynamic Albedo of Neutrons) для определения содержания воды в грунте Марса, причем последний является экспериментом Института космических исследований Российской академии наук. – *Прим. пер.*

<sup>23</sup> В честь Роберта Шарпа (1911–2004) – американского ученого, специалиста по геоморфологии Земли и Марса, работавшего в Калифорнийском технологическом институте. – *Прим. пер.*

*заместитель администратора Директората научных проектов NASA (четвертый справа).  
Источник: NASA / Билл Инголлс*

Кратер Гейл был выбран среди 60 других точек-кандидатов для посадки аппарата. Данные орбитальных спутников позволили определить, что он сложен из десятков слоев осадочных пород, которые, возможно, скапливались здесь в течение миллионов лет. Эти слои могут многое рассказать о геологической и климатической истории планеты Марс. Кроме того, казалось, что и на горе, и в кратере есть протоки и другие детали рельефа, которые выглядят как выточенные текущей водой.



*Инженер полета MSL Бобак Фирдоуси (справа на снимке) послужил причиной интернет-сенсации из-за своей прически-«ирокеза» со звездно-полосатой раскраской на манер американского флага и приобрел популярность как «парень в NASA с ирокезом». Источник: интернет-ресурс Ustream*

План действий: MSL совершит посадку на низменности в плоской части кратера и осторожно проследует по поверхности в сторону горы, изучая каждый встреченный геологический слой, таким образом совершая экскурс в различные эпохи геологической истории Марса.

Самое трудное – это благополучно попасть туда. И команда MSL должна была все сделать лишь один раз – безупречно.

## Ночь посадки

Посадка на Марс Curiosity 5 августа 2012 года стала одним из самых ожидаемых событий недавней истории космических исследований. Миллионы людей следили за ним в сети Интернет и по телевидению, и социальные сети гудели от реплик энтузиастов. NASA TV вело прямую трансляцию из Центра управления в лаборатории реактивного движения (JPL), и этот репортаж показывали на огромных телеэкранах на Таймс-сквер в Нью-Йорке и на всех площадках и залах по всему миру, где собрались желающие наблюдать за посадкой.

Но эпицентр событий находился в JPL, где сотни инженеров, ученых и чиновников NASA собрались в местном Центре космических операций. Группа «вход в атмосферу – спуск – посадка» (ВСП), все члены которой были одеты в одинаковые голубые рубашки-поло, внимательно следила за информацией на компьютерных экранах в Центре управления. Однако двое из них выделялись среди прочих: начальник группы ВСП Адам Стелцнер с волосами, уложенными высоким вихром, как у Элвиса Пресли, расхаживал взад и вперед между рядами терминалов. На голове полетного инженера Боба Фирдоуси красовался сложно раскрашенный ирокез. Очевидно, что в двадцать первом веке экзотические прически заменили характерные для инженеров NASA 1960-х годов темные очки и карманные футляры для авторучек.

К моменту посадки MSL Ашвин Васаванда стал одним из самых заслуженных научных ветеранов проекта – он присоединился к нему в далеком 2004 году, когда марсоход находился в процессе создания, в качестве заместителя руководителя проекта по науке. В то время значительной долей работы Васаванды было взаимодействие с создающими отдельные научные приборы командами, чтобы окончательно сформулировать те задачи, которые их приборы должны решать, и руководство техническими группами с тем, чтобы обеспечить разработку всех приборов и их согласованность с конструкцией ровера в целом.



*Руководитель проекта MSL по науке Ашвин Васавида с моделью ровера Curiosity в натуральную величину. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

С появлением каждого из десяти инструментов, выбранных для включения в состав аппарата, в проект вливалась новая команда ученых, и так же обстояли дела с инженерами, дополнительным административным персоналом и студентами, которые тоже начинали заниматься подготовкой ровера к старту. Васавида координировал все проектные решения и изменения, которые могли повлиять на спектр научных работ, проводимых на Марсе. Но во время посадки ему оставалось лишь наблюдать за ходом событий.

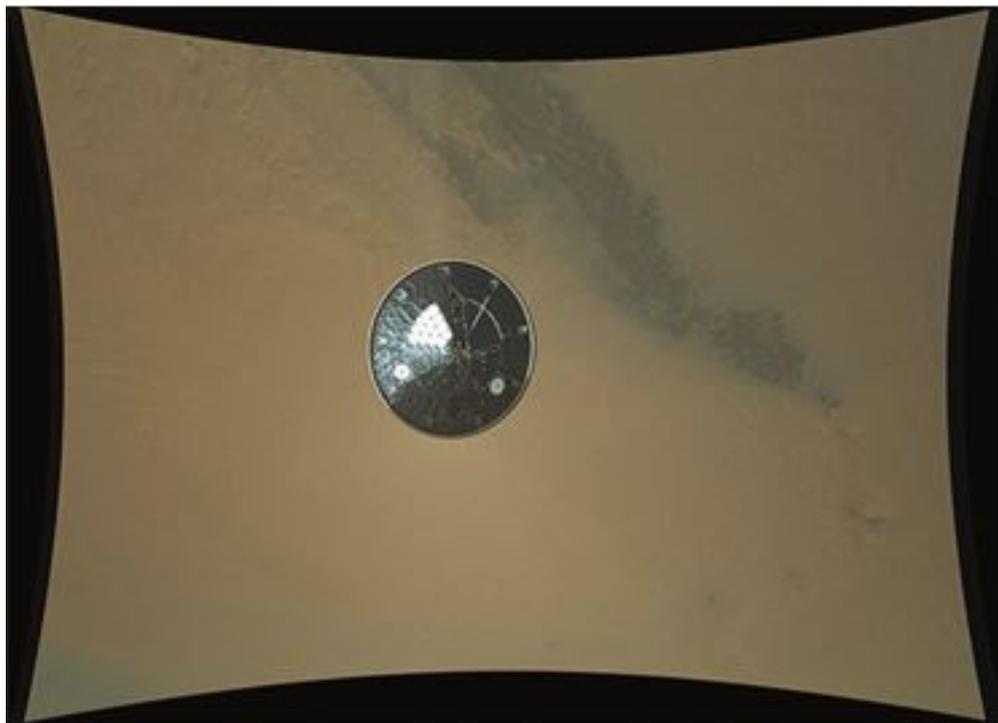
– Я находился в комнате по соседству с Центром управления, который тогда показывали по телевидению, – рассказывает Васавида. – Я ничего полезного не мог сделать для этой фазы полета, и мне оставалось лишь маяться мыслью о том, что восемь лет моей предыдущей жизни и все мое будущее висят на волоске этих семи минут ВСП.

К тому же никто не мог узнать об истинной судьбе марсохода целых тринадцать минут, поскольку именно таково было время запаздывания сигнала, и этот факт заставлял всех сотрудников лаборатории реактивного движения чувствовать себя беспомощными.

– Я сидел в кресле, – добавил Васавида, – но мысленно я сжался в комок, словно эмбрион.

По мере того как Curiosity мчался по направлению к Марсу, три уже заслуженных аппарата, обращавшихся по орбитам вокруг планеты, занимали подходящие позиции, чтобы не потерять из виду новичка: MSL вел передачу данных о своем состоянии. Вначале эта информация поступала напрямую на Землю, где ее улавливали антенны Сети дальней космической связи.

Чтобы максимально упростить и ускорить процесс передачи телеметрии с аппарата во время входа в атмосферу, спуска и посадки, Curiosity был запрограммирован посылать один из 128 простых, но отличающихся друг от друга мелодичных тонов, каждый из которых соответствовал определенному последовательному этапу в процессе посадки. Аллен Чен, дежурный инженер Центра управления, отмечал голосовыми объявлениями момент прихода каждого сигнала: первый звук означал, что аппарат вошел в атмосферу Марса; второй – что сработали ракетные двигатели, направившие его в кратер Гейл. После регистрации этих сигналов начали раздаваться первые, несмелые хлопки в ладоши, и на лицах команды проекта появились улыбки. По мере того как научный аппарат приближался к поверхности планеты, градус эмоций нарастал. В определенной точке траектории спуска MSL скрылся за горизонтом Марса, и прямая связь с Землей стала невозможной. Но три орбитальных аппарата – Mars Odyssey, Mars Reconnaissance Orbiter и Mars Express – были готовы принимать, записывать и транслировать передаваемую им информацию на приемные антенны Сети дальней космической связи.



*На этой уникальной фотографии зафиксирован лобовой экран, защищавший при торможении в атмосфере ровер Curiosity. Экран падает на Марс после того, как был отстрелен от аппарата на спуске. Этот снимок был сделан специальной посадочной камерой MARDI, установленной на нижней стороне шасси марсохода. Экран диаметром 4,5 м виден в тот момент, когда он находился на расстоянии примерно 16 м от аппарата – прошло около трех секунд после сброса экрана. В момент съемки до посадки оставалось еще примерно две с половиной минуты. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Malin Space Science Systems<sup>24</sup> (MSSS)*

Новые мелодичные тона без перебоев поступали на Землю по мере того, как шаг за шагом продолжался процесс посадки. Вот вышел парашют. Вот сброшен лобовой экран. Новый сигнал обозначает момент, когда посадочная ступень, груженная ровером, отстреливает на лету парашют, а еще один возвещает, что она перешла в режим активного полета, продолжая спуск. Следующий звук сигнализирует, что «небесный кран» начал опускать ровер на поверхность.

Слышится сигнал о том, что колеса Curiosity коснулись грунта, но даже это еще не конец полета. Команде надо убедиться, что «небесный кран» отработает маневр увода как положено.



<sup>24</sup> «Научные космические системы Мэйлина» – основанная в 1990 году в американском штате Калифорния компания, занимающаяся разработкой научных приборов для использования в космосе, в частности, она является разработчиком трех уникальных фотокамер для проекта MSL. – *Прим. пер.*

*Сообщение в твиттер-аккаунте марсохода Curiosity, которое появилось после успешного выполнения посадки. Источник: твиттер марсохода Curiosity*

И вот произошло то, чего все так долго ждали. С финальным звуковым сигналом раздаётся победный возглас Чена:

– Посадка подтверждена! Мы прибыли на Марс!

Взрыв ликования в Центре управления полетом в лаборатории реактивного движения взметнулся до небес, и не только там, но и везде, где собрались люди, переживавшие за исход посадки, а также в социальных сетях. Казалось, наступил всемирный праздник. Превышения бюджета, задержки и все плохое, что когда-либо говорилось о проекте MSL, были словно напрочь сметены волной триумфа, следовавшего за посадкой.

– Добро пожаловать на Марс! – провозгласил на пресс-конференции директор лаборатории реактивного движения Чарльз Элаки. – Сегодня мы прибыли, завтра мы начинаем исследования Марса. Наш Curiosity не знает преград!

– Эти семь минут прошли, на самом деле, очень быстро, – говорит Васавата. – Они кончились еще до того, как мы узнали об этом. А потом все начали прыгать от радости, несмотря даже на то что многие из нас не могли так сразу поверить, что все прошло настолько хорошо.

То, что посадка была такой правильной, даже идеальной, действительно потрясло некоторых сотрудников лаборатории реактивного движения. Они отработывали посадку Curiosity несколько раз, и надо отметить, что ни одно имитационное испытание не завершилось успехом.

– Мы очень старались так отрепетировать будущую посадку, – поясняет Васавата, – чтобы все было точно синхронизировано: и псевдотелеметрия, имитирующая ту, которая будет поступать от настоящего аппарата во время посадки, и анимация в реальном времени, которую мы создали заранее. Все это было очень сложно, и мы так и не добились успеха. Поэтому настоящая посадка оказалась первым разом, когда все сработало как надо.



*Фотоснимок, сделанный Curiosity вскоре после посадки на красной планете 5 августа 2012 года (по местному времени западного побережья США), на котором виднеется основная научная цель ровера – гора Шарпа. На переднем плане заметна тень, отброшенная ровером, а темные полосы на горизонте – это песчаные дюны. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Curiosity запрограммировали немедленно сфотографировать окружающую его местность. Через две минуты после посадки первые снимки начали передаваться на Землю и возникать на экранах наблюдателей в лаборатории.

– Мы подобрали параметры орбит спутников так, чтобы они пролетали над местом посадки, но мы не были уверены, что они смогут поддерживать ретрансляцию достаточно долго, чтобы снимки успели дойти до ЦУПа, – говорит Васавида. – Эти самые первые фотографии оказались довольно неприглядными, поскольку защитные крышки еще оставались на объективах камер, а ракетные двигатели взбили во время посадки тучу пыли, осевшей на крышках. Мы мало что разглядели, но все равно скакали от радости, потому что в любом случае это были снимки с Марса.

Удивительно, но именно на одном из первых снимков обнаружилось то, что марсоход был послан изучать.

– Мы сели так, что камеры оказались повернуты прямо в сторону горы Шарпа, – рассказывает Васавада. – С камеры обнаружения препятствий, которая установлена между колесами, мы вдруг получили изумительный вид. Это была та гора. И вышло так, словно мы окинули взглядом весь предстоящий нам путь.

## По марсианскому времени

Посадка Curiosity состоялась в 22:30 по Тихоокеанскому поясному времени. Команда MSL едва успела отпраздновать свой успех: они тут же перешли к работе по графику проекта и планированию первого активного дня ровера. Первое плановое совещание команды началось в час и завершилось около восьми утра. Сотрудники не спали всю ночь, а некоторые из них непрерывно работали уже 40 часов напролет. Так непросто для занятых в проекте ученых и инженеров началась необходимая им теперь жизнь «по марсианскому времени».

Сутки на Марсе, которые принято называть **сол**, на 40 минут длиннее, чем на Земле, и первые 90 суток вся команда работала круглые сутки посменно, отслеживая состояние новоприбывшего марсохода. Работа в одном графике светового дня с ровером означала необходимость постоянно сдвигать цикл сна и бодрствования, и члены команды проекта MSL ежедневно сдвигали свой распорядок дня на 40 минут, чтобы оставаться в графике, привязанном к смене дня и ночи на Марсе. Если в какой-то день сотрудник приходил на работу в 9:00, то на следующий день ему было нужно явиться в 9:40, через день – в 10:20 и так далее.

Те, кто жил по «марсианскому времени», говорили, что постоянно ощущали недомогание, как от синдрома смены часовых поясов, который обычно возникает после перелетов с континента на континент. Некоторые специалисты ночевали прямо в лаборатории реактивного движения, чтобы не нарушать распорядок дня своих семей, а другие носили двое часов, чтобы легче ориентироваться, который сейчас час на каждой из двух планет. Около 350 ученых со всего мира были вовлечены в проект MSL, и многие из них работали в комплексе лаборатории первые 90 дней похода Curiosity, живя по времени Марса.

Но не прошло и шестидесяти земных дней, как команда публично заявила о первом сделанном Curiosity большом открытии.

## Вода, вода...

Ашвин Васаванда вырос в Калифорнии и в своих детских воспоминаниях сохранил впечатления о посещении с семьей природных парков штата и национальных парков в юго-западной части США, о том, как он играл между песчаных дюн и карабкался в горы. Теперь он мог заниматься и тем и другим на иной планете, правда, лишь при посредстве Curiosity. В тот день, когда я навестила Васаванду в его кабинете в лаборатории реактивного движения в начале 2016 года, марсоход двигался через поле гигантских песчаных дюн у подножия горы Шарпа, и некоторые дюны возвышались на 9 м над ним.

– Просто потрясает, когда ты вот так близко смотришь на дюны на другой планете, – признается Ашвин. – И чем ближе мы подбираемся к горе, тем более фантастической становится геология, которую мы изучаем. В этих местах происходило очень много различных событий, и мы так мало понимаем, каких же именно... пока что.

Во время нашего с Васавандой разговора Curiosity был готов разменять четвертый земной год работы на Марсе. Сейчас ровер занят изучением заманчивых слоев осадочных отложений горы Шарпа детально, на близком расстоянии. Но до этого ему пришлось найти себе дорогу через дюнное поле Багнолда, которое послужило барьером, протянувшись вдоль северо-западного склона горы. На пути Curiosity делал то, что Васаванда назвал «наукой мимоходом», то есть короткие остановки для забора и анализа песчинок из дюн, в то же время стараясь миновать эту зону как можно быстрее.



*Пятиметровая песчаная дюна на Марсе, которой было дано название «Намиб», является частью дюнного поля из темного песка, названного дюнами Багнолда и расстилающегося у северо-западного склона горы Шарпа. По данным орбитальной фотосъемки поля Багнолда было установлено, что дюны на нем перемещаются со скоростью около 1 м за один земной год. Этот снимок – часть 360-градусной панорамы, снятой марсоходом Curiosity 18 декабря 2015 года на 1197-е марсианские сутки, или сол, его работы на Марсе. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Malin Space Science Systems*

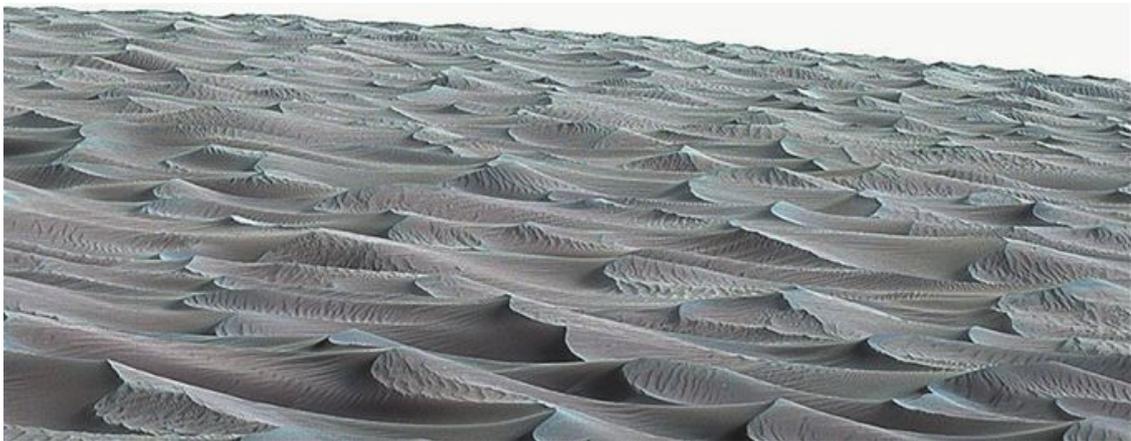
Занимая теперь должность ведущего научного руководителя проекта, Васавада играет еще более важную роль в его координации.

– Это постоянный поиск баланса между скоростью, тщательностью и эффективностью, а также стремление использовать все возможности имеющихся в распоряжении инструментов, – говорит он.

С момента посадки в августе 2012 года Curiosity прислал десятки тысяч снимков Марса – от обширных панорам до выполненных с самым большим увеличением микроснимков камней и песчинок, и все они помогают читать летопись марсианского прошлого.

По всей видимости, наибольшую любовь публики заслужили селфи Curiosity, на которых марсоход фотографирует себя самого в марсианском пейзаже. Такие селфи – не единичные фотографии, как те, что мы делаем при помощи своих мобильных телефонов, а мозаики из десятков отдельных снимков, сделанных при помощи микрокамеры на манипуляторе (MAHLI<sup>25</sup>) ровера. Другая категория любимых поклонниками проекта снимков – это виды величественных марсианских ландшафтов, которые марсоход, как турист, то и дело фотографирует на своем пути.

У Васавады тоже есть любимый снимок, единственный.



*Волнистая поверхность первой изученной вблизи марсианской песчаной дюны занимает весь этот кадр, сделанный 27 ноября 2015 года, когда Curiosity нацелил свою камеру Mastcam на дюну, получившую название «Высокая». Этот участок находится на дюнном поле Багнолда, среди активных темных песчаных дюн у северо-западного склона горы Шарпа. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Malin Space Science Systems*

– Для меня самым значительным фотоснимком, сделанным Curiosity, является одно не такое уж впечатляющее фото, – поясняет он, – оно помогло нам сделать одно из первых открытий, и поэтому для меня в нем заключено очень многое.

---

<sup>25</sup> Mars Hand Lens Imager. – Прим. пер.



*Популярные селфи ровера Curiosity на самом деле являются мозаиками, собранными из многочисленных снимков, выполненных при помощи установленной на конце его манипулятора камеры MAHLI. Однако сам манипулятор не видно на селфи, потому что при съемке каждой фотографии он поворачивается в «кистевом» сочленении и направляет камеру в нужную сторону. В это время сам манипулятор оказывается вне границы кадра, точно так же как и ваша собственная кисть руки, когда вы фотографируете себя. Тем не менее тень от манипулятора видна на грунте. Это сделанное с низкой точки селфи демонстрирует аппарат на этапе маршрута, где он выполнил бурение камня под обозначением «Бакскин»<sup>26</sup> в нижней части горы Шарпа. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Malin Space Science Systems*

За первые 50 солов Curiosity удалось сфотографировать то, что геологи называют конгломератами, – скалистые образования, состоящие из булыжников и обломков, спаянных вместе цементирующей породой. Но эти булыжники были не просто камнями – они оказались галькой, окатанной текущей водой. По счастливому стечению обстоятельств роверу удалось отыскать русло древнего ручья, где когда-то вода текла неудержимым, бурным потоком. Основываясь на размерах элементов гальки, ученые пришли к выводу, что вода двигалась со скоростью около метра в секунду, а глубина потока составляла от десятка сантиметров до нескольких метров.

---

<sup>26</sup> Buckskin, «оленья кожа». – Прим. пер.



*Эта геологическая деталь поверхности Марса является обнажением коренной породы, состоящей из небольших, сцементированных вместе фрагментов, или, на геологическом языке, осадочного конгломерата, который свидетельствует о том, что в древности здесь находилось речное русло. Некоторые выглядывающие из толщи породы или выпавшие из нее камни имеют округлую форму, и это позволило ученым проекта Curiosity считать, что камни перемещались вместе с бурным потоком воды. Камера планетохода Mastcam сделала этот снимок при помощи 100-миллиметрового телеобъектива на 39-м поле похода (14 сентября 2012 года). Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Malin Space Science Systems*

– Когда вы такое видите, вы сразу понимаете, что это означает, неважно, садовник вы или геолог, – взволнованно объясняет Ашвин Васавида. – В хозяйственных магазинах сети Home Depot такие же круглые камешки для украшения ландшафта называются речной галькой! У меня кружится голова от мысли, что наш марсоход проехал по дну давным-давно протекавшей здесь реки. Эта картинка заставляет убедиться в том, что когда-то тут действительно двигался поток воды, может быть, по щиколотку или выше колена глубиной.

Васавада опускает глаза.

– У меня до сих мурашки от таких мыслей, – и эти его слова как ничто другое выдают его страсть к исследованиям и открытиям.

После этого раннего открытия Curiosity обнаружил и другие свидетельства, связанные с присутствием воды. Команда марсохода решила на рассчитанный риск и вместо того, чтобы направить его напрямую к горе Шарпа, проложила маршрут похода восточнее, через область, названную Йеллоунайф-бей<sup>27</sup>.

– Йеллоунайф-бей был деталью, которую мы увидели еще на снимках с орбиты, – объясняет Васавада, – и мы предположили, что это похоже на конус выноса, сформировавшийся под воздействием реки, – то есть потенциальное доказательство наличия здесь воды в древности.

Здесь Curiosity выполнил одну из своих главных задач – определил, являлся ли когда-либо кратер Гейл пригодным для существования простых форм жизни. Ответом на этот вопрос было решительное да. Ровер взял образцы из двух каменных глыб при помощи бура и поместил порции материала размером в половину таблетки детского аспирина в бортовую лабораторию – Анализатор химического и изотопного состава SAM. Анализ установил наличие следов таких элементов, как углерод, водород, азот, кислород – то есть базовых блоков живой материи. Также были обнаружены соединения серы в разных химических формах – возможный источник энергии для микробов.

Собранные другими научными приборами Curiosity данные позволяют сделать реконструкцию того, как это место выглядело раньше: покрытое грязью озерное дно, залитое мягкой, не повышенной кислотности водой. Вспомним, что тут же присутствовали и элементарные кирпичики жизни, и приходим к выводу, что Йеллоунайф-бей когда-то давно мог быть прекрасным местом, где резвились живые организмы. Эти факты не означают, что жизнь на Марсе была (или есть), они указывают лишь на то, что начальные ингредиенты для возникновения жизни здесь присутствовали, когда условия среды были более благоприятными.

– То, что мы обнаружили в Йеллоунайф-бей исторически пригодные для жизни условия, было настоящим чудом и показало, как наш проект в своей реализации позволяет измерить так много разнообразных величин, – говорит Васавада. – Перед нами возникла замечательная картина ручьев и речек, которые питают собой водоем наподобие озера. Мы послали аппарат сюда, чтобы он нашел именно это, но мы и не предполагали, что открытие будет ждать нас на первых же шагах похода.

Тем не менее этот озерный бассейн мог возникнуть из-за одиночного события и сохраниться лишь на какие-то сотни лет. Настоящим призом стала бы находка доказательств существования на Марсе воды и теплого климата в течение долгого времени.

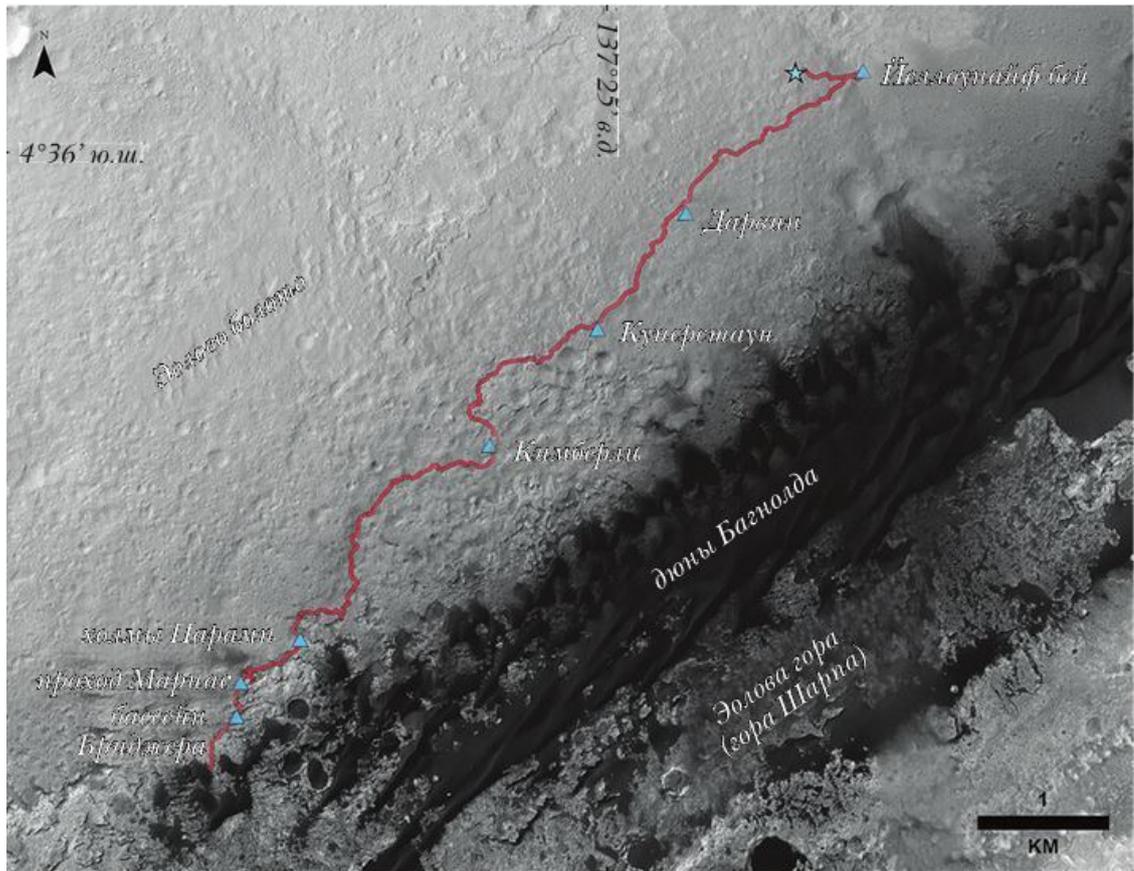
К такому открытию пришлось идти немного дальше. Но оно больше значит лично для Васавады.

Климат Марса заинтересовал Ашвина на заре его научной карьеры, и он долгие годы занимался созданием его моделей, пытаясь мысленно проникнуть в древнюю историю красной планеты.

– Я вырос на фотографиях Марса, сделанных аппаратами Viking, – рассказывает Ашвин, – и я думал о нем как о пустынном месте, покрытом острыми вулканическими камнями и засыпанном песком. Потом я проделал всю эту теоретическую работу, посвященную марсианскому климату, доказывая, что реки и океаны, может быть, когда-то существовали на планете, но реальных подтверждений этому у нас не было.

---

<sup>27</sup> Yellowknife Bay, буквально – «залив Йеллоунайф»; в основе названия детали марсианского рельефа – название города Йеллоунайф в Канаде. – *Прим. пер.*



На карте изображен маршрут перемещения Curiosity с места посадки в августе 2012 года (обозначено звездочкой) до его положения в декабре 2015 года; вдоль маршрута отмечены изученные детали местности, которым специалисты команды дали условные имена, такие как Йеллоунайф-бей, холмы Парамп или дюны Багнолда. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона

Вот почему открытие, сделанное Curiosity в конце 2015 года, так взволновало Васавату и его сотрудников.

– Мы находили округлые камешки и остатки застывшей грязи озерного дна не только на Йеллоунайф-бей, но и повсюду по дороге, – обрисовывает суть открытия Васавата. – Мы сперва нашли речную гальку, затем наклонные пласты песчаника в том месте, где река впадала в озеро. Потом, когда мы приблизились к горе Шарпа, мы увидели обширные каменные плоскости, которые когда-то представляли собой ил, оседавший на дне озера.

Для этого геологического района наилучшим объяснением его морфологии, то есть формы и видоизменений минеральных отложений и деталей рельефа, является картина множества рек, образующих дельты при впадении в озеро. Это было, скорее всего, от 3,8 до 3,3 млрд лет назад. Реки принесли с собой осадочный материал, который медленно накапливался, формируя собой нижние слои горы Шарпа.

– Боже правый, мы вдруг увидели всю эту систему, – рассказывает Ашвин, – благодаря которой нижние сотни метров горы Шарпа целиком состоят из речных и озерных отложений. И мы отвергли предположение об одиночном событии длиной в сотни или тысячи лет; этим рекам потребовалось течь миллионы лет, наполняя озера, чтобы медленно, миллиметр за миллиметром, возвести фундамент горы.



*Слои отложений в основании горы Шарпа. Эта хорошо видимая на снимке американского марсохода Curiosity слоистость в кратере Гейл раскрывает главы геологической истории Марса. В объективе камеры Mastcam 23 августа 2012 года нижняя часть горы Шарпа, которая является основной целью научного похода ровера. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Malin Space Science Systems*

Для этого необходимо, чтобы ранее у Марса была более плотная атмосфера, чем сейчас, и чтобы она содержала парниковые газы, по поводу состава которых Васавада сказал, что его еще предстоит выяснить.

Но впоследствии каким-то образом случилось резкое изменение климата, вода исчезла, после чего ветра выточили внутри кратера гору той формы, которую мы наблюдаем сейчас.

Ровер сел на поверхность планеты в самом удачном месте, потому что здесь на небольшой площади оказались сосредоточены следы эволюции природной среды Марса, включая доказательства кардинальной перемены планетарного климата, из-за чего вся вода, некогда покрывавшая отложения кратера Гейл, высохла.

– Все это дает серьезные основания для того, чтобы как следует заняться объяснением климата древнего Марса, – говорит Васавада. – Не может одно событие, такое как падение метеорита, изменить климат на миллионы лет. Это открытие играет роль в масштабах всей планеты, а не только области кратера Гейл.

## Другие открытия

**Кремнезем.** Марсоход совершил абсолютно непредвиденное открытие камней с высоким содержанием кремнезема на подступах к горе Шарпа.

– Это значит, что остальные химические соединения были удалены из этих камней или каким-то образом замещены, в них добавился дополнительный кремнезем, – комментирует Васавада, – и оба этих варианта очень интересны, к тому же раньше мы не наблюдали подобных минералов. Это настолько многогранное и любопытное открытие, что нам понадобится время, чтобы понять причины такой метаморфозы.

**Метан.** Как правило, присутствие метана – это признак наличия органической материи – или даже потенциально жизни. На Земле около 90 % атмосферного метана является продуктом разложения органических остатков. На Марсе метан обнаруживался в ходе работы других межпланетных аппаратов и путем многолетних наблюдений с помощью телескопов, но данные о его наличии были неубедительными – показания его концентрации разнились, порой сходили на ноль, и их было очень сложно подтвердить. В 2014 году настраиваемый лазерный спектрометр в составе бортовой химической лаборатории Curiosity SAM зарегистрировал десятикратное повышение концентрации метана на протяжении двух месяцев и более. Что вызвало этот кратковременный и резкий всплеск? Curiosity продолжает наблюдения за уровнем метана в марсианской атмосфере и, как можно надеяться, сумеет положить конец длящимся десятилетия научным дебатам по этому вопросу.

**Представляющая опасность для человека радиация.** И во время своего полета к Марсу, и находясь на его поверхности, ровер измерял уровень излучения высокоэнергичных частиц, приходящих от Солнца и из глубин космоса, – такая радиация представляет угрозу для будущих астронавтов. NASA использует данные бортового детектора радиации RAD для того, чтобы планировать безопасные для людей-исследователей условия будущих пилотируемых полетов на Марс.

## Как управлять марсоходом

Откуда Curiosity знает, куда и как ехать по рельефу Марса? Возможно, вы рисуете в своем воображении инженеров лаборатории реактивного движения, сидящих с джойстиком наподобие тех, с помощью которых контролируют движения моделей на радиоуправлении или персонажей в видеоиграх. Но в отличие от тех, кто пилотирует радиоуправляемую модель или играет в компьютерную игру, водители марсианского планетохода не могут напрямую и сразу же наблюдать на видеоэкране, куда он едет. И точно так же, как во время посадки, всегда есть та или иная задержка по времени между посылкой команды и приемом ее на борту.

– Это не похоже на управление в реальном времени, потому что имеется задержка прохождения сигнала, – объясняет Джон Майкл Морукиан, возглавляющий команду специалистов – «водителей» ровера.

По-настоящему должность Морукиана и членов его группы называется планировщик движения, что и является описанием сути того, что они делают. Вместо того чтобы заниматься вождением ровера как таковым, они заранее планируют его маршрут, потом вносят план в специальную программу, которая затем отправляет сформированный набор инструкций Curiosity.

– Мы используем фотоснимки окружающей обстановки, которые присылает нам марсоход, – говорит Морукиан. – У нас имеется набор стереоснимков с четырех черно-белых навигационных камер, фотографии с камер предотвращения столкновений с препятствиями (Hazcam), и все это дополняется цветными снимками высокого разрешения с камеры Mastcam, которые раскрывают для нас подробности строения грунта впереди по курсу и дают основания предполагать, камни и минеральные отложения какого типа мы можем найти в той или иной точке. Это помогает нам отыскивать структуры, которые выглядят интересно для ученых.

Используя все доступные данные, планировщики движения создают трехмерную визуализацию рельефа местности при помощи специальной компьютерной программы под названием **«Программа создания последовательностей и визуализации маршрута ровера»<sup>28</sup>**.

– По сути, это симулятор Марса, в котором мы помещаем виртуальную модель Curiosity в панорамную сцену, чтобы наглядно увидеть, как ровер может преодолеть свой маршрут, – разъясняет Морукиан. – Еще мы можем надеть стереоочки, которые позволяют нашему зрению воспринимать сцену в трех измерениях, как если бы мы находились там, рядом с нашим марсоходом.

В виртуальной реальности «водители» марсохода могут манипулировать сценой и ровером, чтобы проверить все возможные варианты путей, выбирая лучшие и отсекая те, которых следует избегать. Здесь они имеют право совершать любые ошибки (увязнуть в дюнных песках, опрокинуть ровер, врезаться в большой камень, свалиться с обрыва) и таким образом выработать идеальную последовательность точек маршрута, а настоящий ровер при этом остается на Марсе в безопасности.

– Ученые тоже просматривают фотоснимки в поисках интересных для исследования особенностей и консультируются с планировщиками движения ровера, чтобы совместно проложить наилучший путь. Потом мы составляем подробные команды, которые необходимы, чтобы Curiosity проследовал из пункта А в пункт Б по заданному пути, – объясняет Морукиан. – Мы можем добавить инструкции, необходимые роверу, чтобы воспользоваться рукой-манипулятором и выполнить определенные действия на нужных участках.

---

<sup>28</sup> Rover Sequencing and Visualization Program, RSVP. – Прим. пер.

А каждую ночь марсоходу отдается команда отключиться на восемь часов, чтобы подзарядить свои электрические аккумуляторы от ядерного источника энергии. Но сперва Curiosity отправляет на Землю собранные данные, в том числе – снимки местности и накопленные научные сведения. На Земле планировщики движения принимают эти данные, учитывают их при обновлении программы создания последовательностей и пересылают сформированные инструкции обратно на Марс. Потом Curiosity «просыпается», загружает новые инструкции и приступает к работе. И далее весь цикл повторяется.

Кроме того, Curiosity оснащен системой автоматической навигации, которая позволяет марсоходу пересекать области, еще не зафиксированные на снимках. Поэтому он может перевалить через вершину холма и спуститься по другой стороне, следуя по не нанесенной на карту территории самостоятельно, а система автоматической навигации будет помогать ему избегать потенциальных опасностей.



*На этом селфи марсоход Curiosity показан на участке под названием «Большое небо», где он пробурил глыбу песчаника (виднеется в левом нижнем углу). Фотография является комбинацией снимков микрокамеры на манипуляторе (MAHLI), сделанных на 1126-м соле (6*

октября 2015 года). Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Malin Space Science Systems

– Мы не слишком часто пользуемся автоматической системой, потому что она требует большого количества вычислений, а это отнимает много времени, – рассказывает Морукян. – Часто оказывается гораздо выгоднее просто подождать до завтра, посмотреть полученные изображения и ехать до того места, которое мы можем видеть.

Показывая мне различные помещения, которые использовали группы планировщиков движения в лаборатории реактивного движения, Морукян объяснил, как им приходится действовать, имея дело с различными сроками.

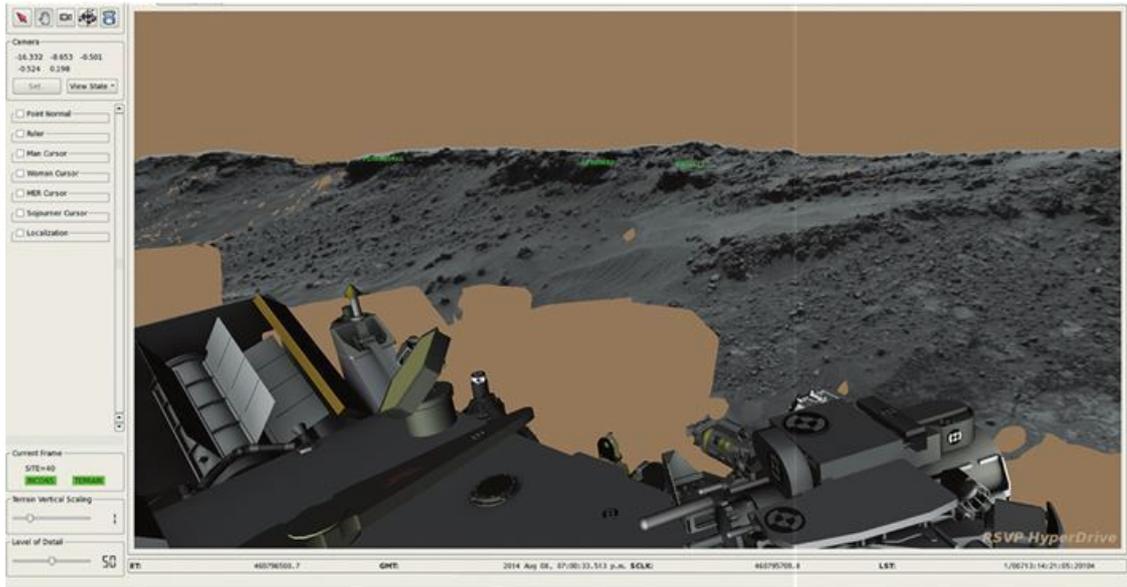
– Мы должны распланировать не только маршрут движения на каждый день, – говорит он, – но также провести долгосрочное стратегическое планирование, используя орбитальные фотографии, сделанные камерой высокого разрешения HiRISE на Mars Reconnaissance Orbiter, и выбирать маршруты, основанные на характерных особенностях местности, заметных с орбиты. Наши команды вырабатывали стратегию, определяя наилучшие пути движения аппарата на много месяцев вперед.

Еще один процесс назвали «сверхтактическим» прогнозом на несколько следующих недель. Он включает согласование научных планов и уточнение видов деятельности, которой роверу предстоит заниматься в ближайшее время. И поскольку никто из команды больше не живет по марсианским часам, по пятницам планировщики разрабатывают задания на несколько дней.

– Поскольку по выходным мы не работаем, в пятницу приходится планировать деятельность на несколько дней вперед, – рассказывает Морукян. – Две работающие параллельно команды решают, в какие дни ровер будет двигаться, а в какие – заниматься другой деятельностью, например работать с роботизированным манипулятором или другими инструментами.

Тем не менее данные, которые поступают с марсохода в выходные, отслеживаются. Если возникает проблема, то вызывают членов команды, чтобы они рассмотрели ситуацию более детально. Морукян отметил, что несколько раз им приходилось по выходным собирать группу для экстренной работы, но пока что серьезных проблем не было. «Хотя ровер и держит нас в постоянном напряжении», – признал Джон.

Среди характерных особенностей марсохода – способность проводить определенные проверки на безопасность, такие как отслеживание общего наклона платформы аппарата и соединения системы подвеса колес. Благодаря этому, если ровер наедет на слишком большой предмет, он тут же останавливается.



*Навигационные камеры Curiosity каждый день делают черно-белые фотографии и отправляют их на Землю, а группы планировщиков совмещают их с другой информацией с марсохода, чтобы создать объемные модели территории. Добавив в них трехмерную модель аппарата, они могут лучше понять его положение, а также масштаб характерных особенностей ландшафта и расстояние до них. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Curiosity построили не ради достижения большой скорости. Аппарат был спроектирован для того, чтобы проезжать до 200 м в день, но ему редко удается одолеть такое расстояние за один сол. К середине 2016 года ровер прошел по поверхности Марса всего лишь около 13,2 км.



*На этой фотографии мы видим изображение крупным планом следов, оставленных марсоходом Curiosity. Заметные на этом снимке отверстия в колесах ровера оставляют отпечатки, которые можно использовать для более точного управления аппаратом. Эти отпечатки являются написанными азбукой Морзе буквами сокращения JPL – «лаборатория реактивного движения» и помогают отслеживать, как далеко проехал марсоход. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Есть несколько способов определить, насколько далеко проехал Curiosity, но самые точные измерения позволяет провести метод, который называется визуальной одометрией. В колесах ровера есть специальные отверстия в форме символов азбуки Морзе, которые выводят на марсианской почве первые буквы слов «лаборатория реактивного движения» – дань уважения месту, ставшему домом для марсоходов и всех инженерных коллективов, работающих с ними.

– Для проведения визуальной одометрии сравнивают два самых последних стереоизображения из тех, которые получают примерно через каждые несколько метров продвижения, – рассказывает Морукян. – Отдельные характерные черты пейзажа сравниваются и отслеживаются, чтобы измерить, как камера (а вместе с ней и ровер) передвигается и поворачивается в трехмерном пространстве за время между двумя фотографиями. Это дает нам очень реалистичное ощущение того, как далеко прошел Curiosity.

С помощью тщательного изучения следов ровера можно определить тип сцепления колес с поверхностью, и, если они, например, скользят, это говорит о большом наклоне или песчаной почве.

К сожалению, теперь в колесах Curiosity появились новые отверстия, которых там вовсе не должно быть.

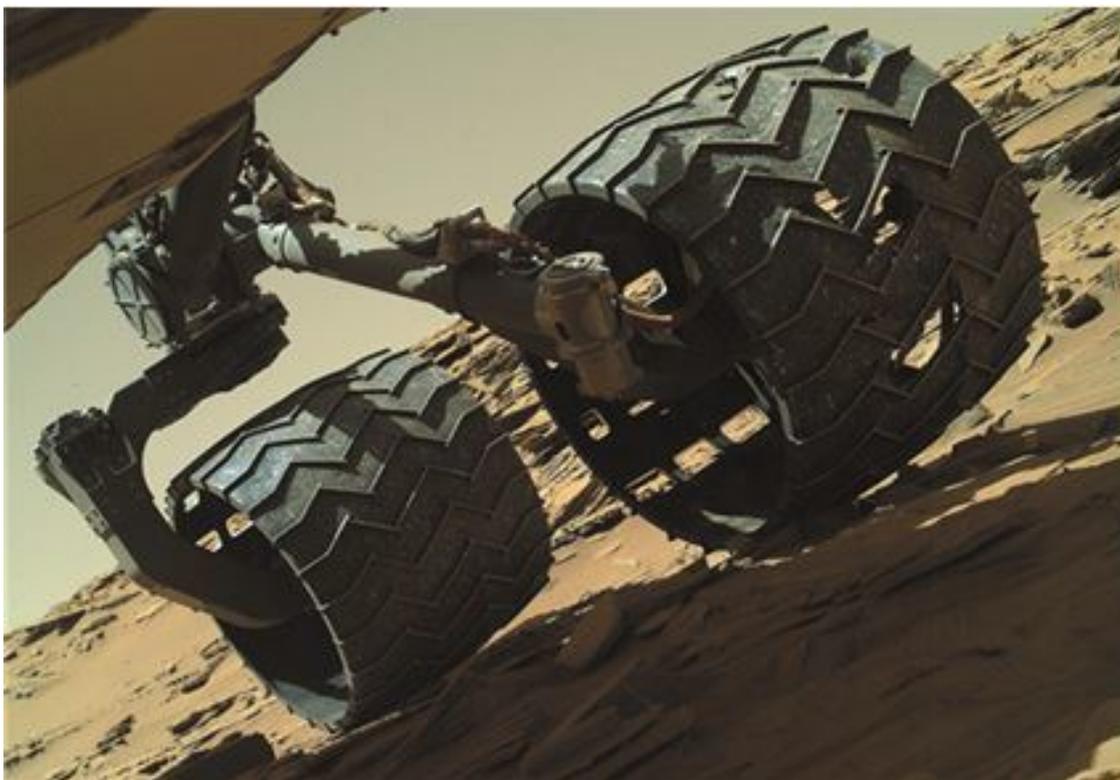
## Проблемы роверов

И Морукян, и Васавида говорили о своем огромном облегчении и удовлетворении от того, что у Curiosity в целом не было серьезных неполадок – по крайней мере до сих пор. Практически вся научная программа сейчас выполняется почти в полном объеме. Но сотрудники команды инженеров держат на контроле несколько проблем.

– Примерно в 400-й сол мы поняли, что колеса изнашиваются быстрее, чем мы ожидали, – рассказывал Васавида.

И этот износ представлял собой не просто маленькие дырочки. Команда начала замечать проколы и выглядевшие угрожающе дыры. Инженеры поняли, что они возникают из-за езды по твердым, зазубренным камням, целое поле которых ровер преодолевал в тот момент.

– Мы не могли однозначно предсказать, какие именно острые камни могут нанести роверу ущерб, – говорит Васавида. – Мы провели испытания и увидели, что одно колесо может толкать другое на камень, делая повреждения еще более значительными. Теперь мы управляем марсоходом куда более осторожно, не так, как раньше. Мы вполне способны свести вред к куда более приемлемому уровню.



*Чтобы проверять состояние колес, через определенные промежутки времени команда, управляющая марсоходом Curiosity, использует камеру для микрорисования (MAHLI), находящуюся на роботизированной «руке». Эта фотография левого среднего и левого заднего колес ровера была сделана в ходе проверки, проходившей 18 апреля 2016 года во время 1315-го сола от начала работы Curiosity на Марсе. На снимке можно заметить отверстия в колесах. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Malin Space Science Systems*

Ранее во время миссии компьютер Curiosity несколько раз уходил в безопасный режим, что означает: если программное обеспечение ровера обнаруживает проблему, его деятельность прекращается и следует «звонок домой».

Специальное программное обеспечение, защищающее от сбоев, присутствует на всех модулях и инструментах, и, когда возникает проблема, ровер останавливается и посылает на Землю информацию о событии. Эта информация может иметь различные категории срочности. В начале 2015 года ровер прислал сообщение, в сущности, говорившее о том, что «все очень и очень плохо». В буре на роботизированной «руке» произошло нечто вроде короткого замыкания.

– Программное обеспечение Curiosity может обнаруживать короткие замыкания примерно как обычный земной прерыватель короткого замыкания, стоящий у вас в ванной комнате, – объяснил Морусян. – Только вместо того, чтобы зажечь желтую лампочку, оно сообщает вам: «Все очень и очень плохо».

Поскольку инженеры не могут отправиться на Марс и все починить, ремонт приходится производить, либо посылая на ровер обновления программного обеспечения, либо изменяя порядок выполнения процедур.



*Бур Curiosity, расположенный на турели в конце роботизированной «руки» вместе с другими инструментами, пришел в соприкосновение с каменной поверхностью. Это первое бурение в экспедиции состоялось на 170-й сол от начала работы Curiosity на Марсе (27 января 2013 года) в Йеллоунайф-бей. Фотография была сделана камерой предотвращения столкновений с препятствиями (Hazcam). Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

– Теперь мы просто используем бур более осторожно, – говорит Васавата, – и не сверлим сразу со всей мощностью, а наращиваем ее постепенно. Произошло примерно то же самое, что

и с управлением марсоходом: мы делаем все деликатнее, но тем не менее добиваемся поставленной цели. Невосполнимого вреда пока что не было.

Более осторожное обращение с буром также необходимо, когда ровер наталкивается на более мягкие сланцы или песчаники. Морукян рассказал, что инженеры беспокоились, годится ли стандартный протокол бурения для слоистых пород. Поэтому они изменили методику так, чтобы использовать самые низкие параметры, которые только позволяют буру проходить сквозь камень.

Но, когда Curiosity начал свое путешествие в гору, появилось больше возможностей воспользоваться буром. Ровер сейчас движется по местности, которую Васавата называет «богатой целями и очень интересной территорией», а команда ученых работает, чтобы связать общим геологическим контекстом все, что они видят на фотографиях.

## Найти равновесие на Марсе

Хотя крюк через Йеллоунайф-бей позволил научной команде сделать несколько важных открытий, ученым все сильнее хотелось отправиться на гору Шарпа, поэтому, как сказал Васавида, они «целый год чертовски торопились».

Теперь, когда марсоход уже находится на горе, требуется другое – выполнить основную цель экспедиции, пройти по крайней мере через четыре разных вида каменистых образований – или слоев – на горе Шарпа. Каждый из этих слоев может стать целой главой в книге по истории Марса.

– Исследовать гору Шарпа очень увлекательно, – рассказывает Васавида, – и мы пытаемся найти равновесие между по-настоящему великими открытиями, которые – хотя мне неприятно об этом говорить – замедляют нас, и продвижением выше в гору. Если вы будете внимательно разглядывать каждый камень перед вами, это может означать, что вы никогда не сможете пройти дальше и посмотреть на другие, не менее интересные камни.

И Васавида, и Морусян говорят о том, что соблюдать это равновесие в ежедневной работе – задача непростая. Нужно найти то, что обычно называют «золотой серединой», в выборе оптимального решения между продвижением ровера вперед и остановками в научных целях.

А еще требуется найти равновесие между остановками для наблюдения с использованием всех инструментов и менее полными наблюдениями по пути.

– Мы проводим все наблюдения, которые можем, и выдвигаем все гипотезы в реальном времени, – говорит Васавида. – Даже если у нас остается сто вопросов, на которые нет ответов, мы знаем, что сможем найти эти ответы позже, когда наберем достаточное количество информации.

Основной целью Curiosity является не покорение горы Шарпа, но исследование территории на высоте примерно 400 м, где геологи ожидают найти границу между камнями, которые когда-то испытывали на себе воздействие большого количества воды, и теми, что с водой не знакомы. Это разделение позволит узнать, как Марс превратился из влажной планеты в сухую, и заполнить пробелы в понимании истории планеты.



*Здесь возникает такое впечатление, что своим селфи Curiosity сознательно портит фотографию горы Шарпа. Это панорама, созданная из нескольких кадров, сделанных камерой MAHLI. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Но на деле никто не знает, как долго продержится Curiosity и сумеет ли он удивить нас так же, как его предшественники: Spirit и Opportunity. Ровер уже отработал на Марсе срок своей основной экспедиции – один марсианский год (или два земных), и теперь, после уве-

личения продолжительности похода, многое стало зависеть от характеристик источника питания – радиоизотопного термоэлектрического генератора (РИТЭГа). Хотя доступная мощность постепенно понижается, ни Васавада, ни Морукиан не ожидают каких-либо проблем, по крайней мере, в следующие четыре земных года, а при правильном «уходе» энергии может хватить лет на двенадцать и даже на более долгий срок.

Но ученые знают, что невозможно предсказать, как долго проработает Curiosity и какая неожиданность может положить конец экспедиции.

## Зверь

Есть ли у Curiosity личность, как у роверов, которые побывали на Марсе до него?

– Нет, кажется, мы не склонны придавать этому марсоходу человеческие черты, как это было со Spirit и Opportunity, – сказал Васавада. – Эмоционально мы к нему не привязаны. На самом деле, социологи уже занимались изучением этого феномена.

Он качает головой, весело улыбаясь.

Васавада намекнул, что это может быть как-то связано с размерами Curiosity.

– Я думаю об этом ровере как о гигантском звере, – говорит он с самым серьезным видом. – Но этот зверь вовсе не злой.

По словам Васавады, самой характерной чертой этой экспедиции является ее сложность во всех отношениях: к ней привлечены 500 человек, которые работают и взаимодействуют с друг другом, при этом необходимо найти оптимальное соотношение их способностей, каждый день заботиться о безопасности и «здоровье» ровера и использовать десяток инструментов, иногда для выполнения никак не связанных друг с другом научных задач.

– Каждый день мы переживаем наши собственные «семь минут ужаса», когда так много разных вещей должны слаженно работать так, как надо, – говорит Васавада. – Существует миллион потенциальных проблем и взаимосвязей, и приходится постоянно думать о том, как все может пойти не так, потому что есть миллион способов наделать ошибок. Это очень затейливый танец, но, к счастью, у нас великолепная команда.

Потом он добавляет с улыбкой:

– Эта экспедиция просто потрясающая, хотя нам и приходится иметь дело со зверем.

## Глава 3

### Изменить все: знаменитый космический телескоп «Хаббл»

#### Созерцание звезд

Как ребенок, который привстает на цыпочки, чтобы видеть дальше, астрономы всегда тянулись ввысь и карабкались вверх, поднимая свои телескопы все выше и выше: на крыши домов, вершины холмов, а позднее – и на вершины гор, – чтобы лучше видеть небеса. Астрономы старались изо всех сил, но, куда бы на Земле они ни отправились, им не удавалось полностью избавиться от эффектов, которые создает великолепная, пышная атмосфера нашей планеты. Тогда как большинство из нас радуется тем ее качествам, что дают нам жизнь, для любого, кто заглядывает в окуляр телескопа, толстое одеяло, в которое укутана наша планета, оказывается проклятием.

Неоднородности воздуха могут искривлять свет звезд и направлять его случайным образом, создавая то, что называют **атмосферным искажением**. Именно оно заставляет звезды мерцать, что, конечно, нравится людям, но такое мерцание мешает ясно видеть звезды и другие астрономические объекты. Разработаны различные методы преодоления этих атмосферных эффектов, но тем не менее облачность и дожди самым очевидным образом препятствуют работе телескопа. Атмосфера частично блокирует или поглощает свет с определенной длиной волн, который астрономы считают чрезвычайно интересным, – например, ультрафиолетовое излучение, гамма-лучи и рентгеновские лучи. Тем не менее подобное излучение может оказаться губительным для людей, так что еще раз скажем спасибо нашей атмосфере.



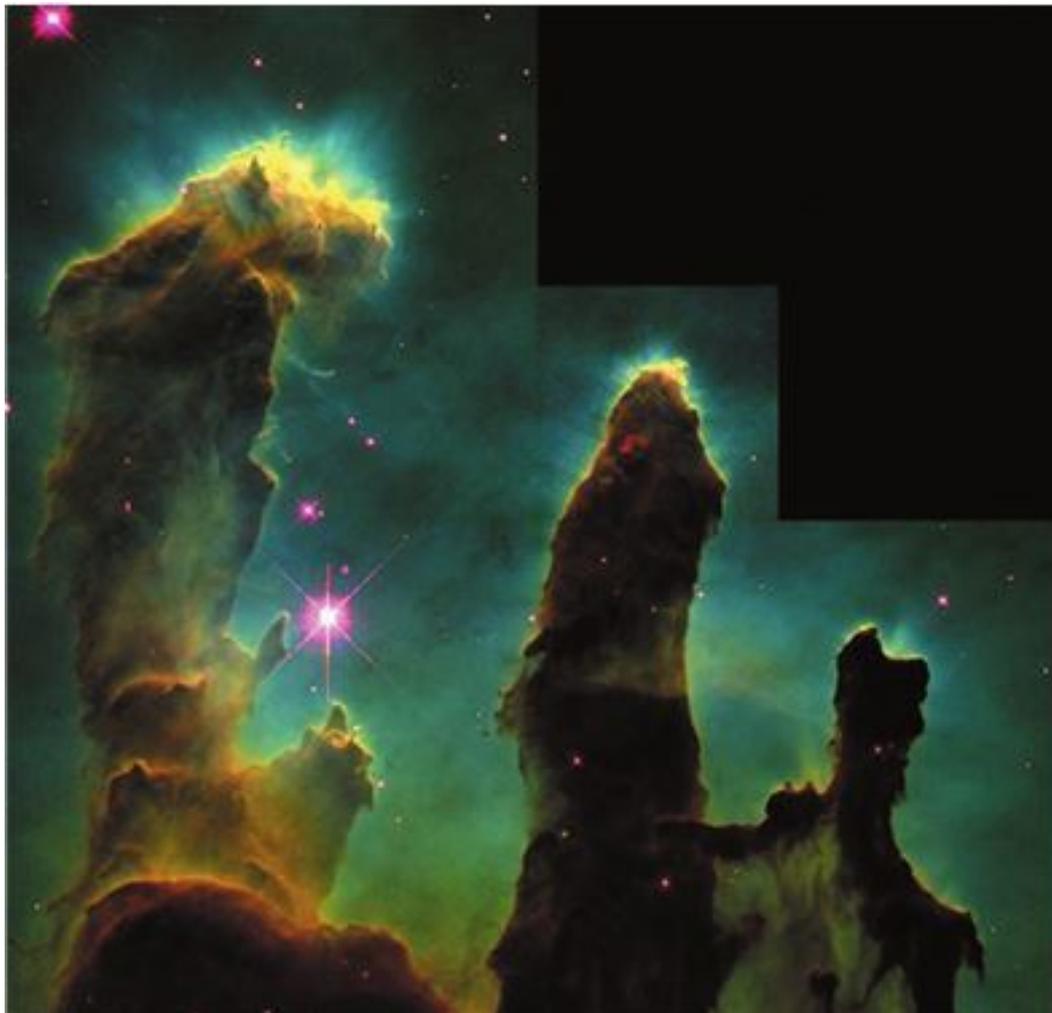
*На этой фотографии, сделанной после второй экспедиции обслуживания в 1997 году, космический телескоп «Хаббл» парит на границе Земли и космоса. Его орбита имеет высоту*

*в 552 км над поверхностью Земли. На такой высоте телескоп не подвержен влиянию атмосферы и четко «видит» объекты в космосе. Источник: NASA*

Уже на заре космической эры астрономы поняли, что все связанные с атмосферой проблемы можно решить, поместив телескоп на самую высокую вершину мира, где вовсе никакой атмосферы нет, – в космос.

– Полагаю, все понимали, что космический телескоп «Хаббл» на самом деле совершит революцию в астрономии, – сказал Гельмут Йенкнер, временно исполняющий обязанности руководителя отдела исследований с помощью космического телескопа «Хаббл» в научном институте космического телескопа в Балтиморе, штат Мэриленд. – Но я не думаю, что кто-то ожидал, что он будет оставаться такой полезной обсерваторией мирового класса спустя четверть века после запуска.

«Хаббл», как для краткости называют телескоп, выведенный на орбиту Земли в 1990 году, не был первым космическим телескопом, но многие воспринимают его как лучший из них и, несомненно, самый известный. Попросите людей назвать какой-нибудь телескоп, и, скорее всего, они скажут: «Хаббл». Зайдите в школьный класс, и вы, по всей вероятности, увидите на стене фотографию, выполненную при помощи «Хаббла». Назовите любую астрономическую проблему, и окажется, что «Хаббл» наверняка изучал ее, а возможно, и решил. Самый известный космический телескоп стал одним из самых известных космических проектов – и с точки зрения научных достижений, и по своему воздействию на общественность.



*Одна из самых узнаваемых фотографий, сделанных космическим телескопом «Хаббл», – это «Столпы творения», где мы видим газовые образования в туманности Орла. Эти жутковатые образования, напоминающие колонны, на самом деле являются скоплениями холодного межзвездного водорода и пыли, в которых зарождаются новые звезды. Туманность Орла находится примерно в 6500 световых лет от Земли, и самая высокая «колонна» тянется приблизительно на четыре световых года от основания до конца. Фотография была сделана 1 апреля 1995 года широкоугольной и планетарной камерой № 2 (WFPC-2) на борту «Хаббла». Источник: NASA / ESA (Европейское космическое агентство) / Научный институт космического телескопа / Дж. Хестер и П. Скоуэн (Университет Аризоны)*

Но в истории «Хаббла» были моменты, когда казалось, что десятилетия усилий и миллиарды долларов налогоплательщиков могут пойти прахом. На определенном этапе этот телескоп считали потерянным.

История «Хаббла» – это история исправления ошибок и преодоления препятствий: эти усилия дали возможность увидеть потрясающие космические картины и пролить свет на самые необычайные тайны Вселенной.

– Этот проект похож на американские горки, со всеми взлетами и падениями, – сказал Кен Сембах, директор научного института космического телескопа, дома для 650 астрономов, технического и административного персонала, которые работают с «Хабблом» и выполняют другие операции. – Но, кажется, «Хаббл» находит способ преодолевать любые трудности, и мне нравится говорить, что, когда все вроде бы идет очень плохо, унывать не стоит, потому что все обязательно наладится.

Как сказал Сембах, проект «Хаббл», возможно, давным-давно бы отменили, закрыли и оставили бы телескоп умирать на орбите, если бы все пошло так, как планировалось вначале.

## Преграды

Первым препятствием, с которым столкнулся «Хаббл», была попытка найти деньги на его строительство. В начале 1970-х годов Конгресс Соединенных Штатов отклонил потенциальную стоимость проекта в 400 млн долларов и отменил то, что тогда называли большим космическим телескопом. Но это дало возможность Европейскому космическому агентству (ЕКА) заявить о своем желании участвовать в начинании, что принесло как средства, так и опыт европейцев.

– Вы, наверное, заметили, что я говорю с акцентом, – с обворожительной улыбкой сказал своим баритоном, напоминающим голос Арнольда Шварценеггера, Йенкнер. Австриец по происхождению, он присоединился к проекту в 1983 году как представитель ЕКА. – «Хаббл» – это международный проект, и многообразие подходов безмерно помогло его развитию, принеся опыт со всего мира, из всех областей. Пройдите по залам института, и вы услышите самые разные акценты.

Первой задачей Йенкнера была помощь в составлении каталога опорных звезд. На «Хаббле» используются так называемые **датчики системы точного наведения**, которые с невероятной точностью отслеживают положение звезд, чтобы помочь телескопу определить его путь, когда он исследует небеса, и удерживаться наведенным на цель. Для правильной работы «Хаббл» должен наводиться на цель с отклонением, не превышающим 0,007 угловой секунды, то есть на ширину волоса с расстояния в милю. Для удержания в таком неподвижном положении у телескопа имеется шесть гироскопов и четыре свободно вращающихся механизма поворота, которые называются **силовыми маховиками**. Йенкнер в период составления каталога опорных звезд работал главным системным аналитиком. Он вместе с группой других молодых астрономов и инженеров, которые замечательно разбирались в технике того времени, создал компьютерную программу, которая помогала «Хабблу» самостоятельно выбирать пару опорных звезд независимо от того, куда именно он был в данный момент направлен, что позволяло точно определить его текущую ориентацию. Чтобы получить этот результат, пришлось отсканировать примерно 1500 стеклянных пластинок, переводя их в электронную форму.

Техника астрономической фотографии претерпела революционные изменения в 1969 году, когда появились полупроводниковые светочувствительные матрицы (англ. charge-coupled device, CCD). Эти детекторы изображения теперь стоят везде – от камеры в вашем телефоне до самых больших космических телескопов, включая «Хаббл». Но в начале 1980-х годов почти все исторически накопленные астрономические снимки имелись на стеклянных фотопластинках, тех же самых, которые употреблялись с 1850-х годов.

Йенкнер и его коллеги должны были создать детальную базу данных на основе набора стеклянных фотопластинок, но проблема заключалась в том, что информации там было примерно в сто раз больше, чем в любом ранее составленном звездном каталоге, – предстояло систематизировать почти 20 млн объектов.



*Гельмут Йенкнер (в темном костюме) пожимает руки Дрю Фьюстелу, Джону Гринсфелду и другим астронавтам, готовившимся в 2009 году посетить на орбите «Хаббл» для ремонта, когда они наносят визит в Научный институт космического телескопа. Источник: NASA, Европейское космическое агентство и материалы студии Дж. Койла для Научного института космического телескопа*

– Мы справились с задачей, но, оглядываясь назад, я жалею, что никто нам не сказал, что это невыполнимо, – смеется Йенкнер. – Мы были слишком молоды и переполнены энтузиазмом, чтобы понимать: то, за что мы взялись, почти невозможно сделать. Мы достигли имевшегося в то время предела возможностей обработки больших объемов данных.

Постройка сложного телескопа, требующая не применявшихся никогда ранее систем и процедур, представляла ряд проблем. В их число входила задача создания огромных зеркал высочайшего качества (главное зеркало телескопа «Хаббл» имеет размер 2,4 м в диаметре), которым надо было придать идеально выверенную форму и сделать так, чтобы им не повредило путешествие на космической ракете. Кроме того, свой путь на орбиту космический телескоп «Хаббл» должен был совершить на пилотируемом шаттле, и, значит, он должен отвечать требованиям безопасности к оборудованию в пилотируемых полетах. Борьба с техническими трудностями вызвала задержки в работе, а они, в свою очередь, тянули за собой повышение расходов. Но весь коллектив усердно трудился, намереваясь выполнить запуск к концу 1986 года.



*В рамках подготовки к отправке на орбиту в 1990 году «Хаббл» установлен вертикально в камере для акустических и вибрационных испытаний компании Lockheed Martin. Орбитальный телескоп был спроектирован и построен в 1970-х и 1980-х годах, но его запуск задержался из-за катастрофы космического корабля Challenger в 1986 году. Если приглядеться, на снимке можно увидеть часть поручней общей длиной почти 70 м, опоясывающих снаружи корпус космического аппарата и предназначенных для того, чтобы за них держались астронавты во время работы в космосе. Источник: NASA*

Но затем в январе 1986 года многоразовый транспортный корабль Challenger взорвался в полете вскоре после старта, оборвав жизнь семерых находившихся на его борту астронавтов. Вся программа Space Shuttle была приостановлена, а поскольку «Хаббл» планировали отправить в космос со следующим «челноком», стало понятно, что пройдет не меньше двух лет, прежде чем такой полет состоится. И хотя это было трудное время для американской космонавтики, задержка на несколько лет дала возможность исправить допущенные ошибки в конструкции «Хаббла» и расширить его возможности – особенно это касалось компьютерных программ, предназначенных для управления космическим телескопом с Земли.



*Пуск космического корабля Discovery с космическим телескопом «Хаббл» на борту.  
Источник: NASA*

В конце концов космический телескоп «Хаббл» начал свое путешествие на борту космического корабля многоцелевого использования *Discovery* в полете STS-31 24 апреля 1990 года. Астронавты успешно поместили телескоп стоимостью 1,5 млрд долларов на рабочую орбиту, и казалось, все прошло успешно.



*Астронавты работают в открытом космосе, обслуживая телескоп «Хаббл», закрепленный в отсеке полезной нагрузки шаттла Endeavour во время первой экспедиции обслуживания в 1993 году. Астронавт Стори Масгрейв укрепился на якоре на конце руки-манипулятора, а Джефффри Хоффман работает ниже его. Источник: NASA*

Но вскоре после того, как «Хаббл» вошел в строй, ученые увидели, что получаемые снимки космических объектов размыты. Оказалось, что зеркало телескопа давало эффект **сферической аберрации**: это означало, что при полировке ему придали слегка неверную форму – размер отклонения был всего лишь 2 микрона. Толщина листа бумаги составляет около 100 микрон, поэтому изъян главного зеркала «Хаббла» был исключительно мал. Но этого хватило, чтобы его «зрение» пострадало и изображения получались искаженными.

NASA, Европейское космическое агентство и астрономы всего мира были потрясены и опечалены, общественность разочарована, а политики разгневаны. «Хаббл» стал всеобщим посмешищем и огромным «чемоданом без ручки» в космосе.

## «Очумелые ручки» в космосе

Но, конечно же, история «Хаббла» на этом не закончилась. На самом деле, она только началась.

Если бы у какого-то другого космического телескопа оказалось дефектное зеркало, его бы просто объявили потерянным. Но что касается «Хаббла», была надежда исправить недостаток, и коренилась она в том факте, что этот космический аппарат спроектирован с учетом возможности модульной замены агрегатов и приборов, подлежащих модернизации. Новые части должны были доставляться на околоземную орбиту шаттлами, астронавты которых выполняли бы такую замену. NASA уже составило расписание полетов обслуживания к «Хабблу», и в первом же из них мог представиться шанс исправить обнаруженный в телескопе дефект. Но как это сделать? Менять или настраивать можно научные инструменты, но не зеркало телескопа. Во всем мире стали напряженно думать, что именно можно сделать в этой ситуации.

– Для каждого работника NASA это было время чудовищного стресса и нервозности, – говорит Фрэнк Сеполлина, возглавлявший группу обслуживания космического телескопа «Хаббл» в расположенном в городе Гринбелт (штат Мэриленд) подразделении NASA – Центре космических полетов имени Годдарда. Сеполлина помог разработать концепцию модульного космического аппарата гибкой конструкции, и он же отвечал за планирование и разработку деталей экспедиций обслуживания, в которых астронавты должны были заняться ремонтом и модернизацией «Хаббла». Но когда первая из этих экспедиций стала вопросом жизни и смерти для телескопа, Сеполлина и его команда врубили полный ход. И масштаб предстоящей задачи вызывал у них восторг.

– Кто угодно на нашем месте стал бы бегать по потолку и нервничать, а нам это было в радость, – с упоением говорит Сеполлина, вспоминая горячечные, пьянящие адреналином дни, когда NASA обратилось к его команде с просьбой совершить невозможное. – Нам предстояло сделать то, что не делал еще никто и никогда. И вышло так, что победу одержала изобретательность и находчивость: удалось понять, как исправить зеркало диаметром 2,4 м с ничтожной ошибкой, допущенной в процессе полировки, и получилось придумать, как именно провести операцию по ремонту.

Идея состояла в том, чтобы сделать для «Хаббла» специальные «очки». Ученые, инженеры и эксперты в области оптики трудились совместно, создавая набор корректировочных линз под названием «**Система оптической коррекции**» (англ. Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement, COSTAR) для трех регистрирующих инструментов на борту «Хаббла».

– Построить COSTAR было само по себе непростой задачей, – говорит Сеполлина, – но правильно разместить эти «очки» и подогнать фокусное расстояние индивидуально для каждого инструмента оказалось настоящим кошмаром для инженера. Конструкторам пришлось спроектировать и изготовить образцы этих приборов и довести полировкой корректировочные линзы до самого лучшего качества; и, опять же, все это предельвалось впервые.

Другой задачей, поставленной перед Фрэнком Сепוליной – ему сейчас за семьдесят, и он все еще активно занимается созданием роботехнических систем в Центре имени Годдарда, – было создать специальные инструменты, при помощи которых астронавты могли бы в условиях космической невесомости выполнять тонкую, деликатную работу, будучи при этом одетыми в громоздкие скафандры с перчатками на руках, еще более толстыми, чем теплые зимние.



*Сравнение двух снимков галактики M100 показывает, до какой степени космический телескоп «Хаббл» стал лучше видеть Вселенную. Изображение слева было получено широкоугольной и планетарной камерой № 1 (WFPC-1) 27 ноября 1993 года, всего лишь за несколько дней до начала первой экспедиции обслуживания. На нем видно, как сказывался дефект главного зеркала телескопа – изображение размыто, и разрешающая способность не дает рассмотреть мелкие детали объекта. Новый кадр (справа) выполнен инструментом второго поколения – широкоугольной и планетарной камерой № 2 (WFPC-2) – 31 декабря 1993 года и демонстрирует, как корректирующая оптика, встроенная в новую камеру, компенсирует оптическую aberrацию и позволяет «Хаббл» изучать Вселенную с непревзойденной отчетливостью и разрешением деталей. Источник: NASA*

После разработки системы COSTAR Сеполлина и его группа больше года потратили на то, чтобы подготовить астронавтов к выполнению одной из самых сложных операций в космосе, которые когда-либо осуществлялись. Кроме того, что эта экспедиция, обозначаемая «Экспедиция обслуживания 1» (англ. Servicing Mission 1, SM1), была критически важна для будущего телескопа «Хаббл», ее успех стал бы мощным толчком к развитию взаимодействия человека с роботами. С применением таких технологий астронавты смогли бы отремонтировать вышедшие из строя спутники – эту идею Сеполлина усиленно рекламировал годами.

Во время десятидневного полета, состоявшегося в конце 1993 года, астронавтам шаттла Endeavour потребовалось совершить пять изматывающих выходов в открытый космос, чтобы установить на «Хаббл» систему COSTAR вместе с другим оборудованием, включая усовершенствованную широкоугольную и планетарную камеру № 2 с собственной корректирующей оптикой, новые гироскопы и панели солнечных батарей. Каждый обновленный компонент был предназначен для исправления или улучшения имеющихся систем, чтобы космический телескоп «Хаббл» мог работать не хуже, чем изначально от него ожидалось, или, может быть, даже лучше. Мир, замерев от волнения, наблюдал и ждал подтверждения того, что тяжелая и рискованная работа астронавтов принесла свои плоды.

В начале января 1994 года NASA опубликовало первую серию новых снимков, полученных при помощи исправленной оптики «Хаббл». На них прекрасно, ясно и отчетливо было видно галактику, удаленную на миллионы световых лет от Земли, и различались детали структур размером до 30 световых лет в поперечнике. «Хаббл» удалось превратить в тот телескоп, которого так долго ждали, и он выполнил все данные по поводу него обещания.

– Очень хорошо помнятся те первые снимки, – говорит Йенкнер. – Думаю, мы все выдохнули с облегчением, узнав, что экспедиции обслуживания удалось компенсировать дефект телескопа. А были и такие, кто говорил, что эта экспедиция, возможно, спасла и NASA в целом.

Йенкнер вспоминает первую экспедицию обслуживания и еще по одной причине:

– Мне выпал шанс пригласить девушку, с которой я встречался тогда, в институт, чтобы вместе смотреть выходы астронавтов в космос. А несколько месяцев спустя мы поженились.

В последовавших в 1997, 1999, 2002 и 2009 годах экспедициях обслуживания «Хаббл» успешно модернизировали и ремонтировали. Все работы, необходимые для того, чтобы оснастить телескоп новыми инструментами и другими жизненно важными деталями, выполняли астронавты.

– С каждой новой экспедицией, – объясняет Сеполлина, – сложность действий все больше возрастала, потому что мы хотели, чтобы астронавты делали больше за меньшее время, в каждой новой экспедиции им приходилось заменять все больше частей на космическом аппарате. К моменту нашей предпоследней экспедиции в ней хотели принять участие даже те, кто изначально не считал, что эти экспедиции – хорошая идея!



*«Шарик на день рождения»: этот космический пузырь, похожий на воздушный шарик, создан очень горячей, массивной звездой и так и называется: туманность Пузырь. Снимок был опубликован в ознаменование 26-й годовщины работы космического телескопа «Хаббл» на орбите. Пузырь-гигант имеет размер семь световых лет в поперечнике – это в полтора раза больше, чем расстояние от Солнца до ближайшей к нему звезды-соседки – Альфы Центавра.*

*тавра. Туманность Пузырь удалена от Земли на 7100 световых лет и видна в созвездии Кассиопеи. Источник: NASA, Европейское космическое агентство и команда «Наследие Хаббла» под эгидой Научного института космического телескопа (STScI) и Университетской ассоциации астрономических исследований (AURA)*

– Экспедиции такого типа всегда заставляют нервничать до того, что грызешь себе ногти, – говорит Кен Сембах. – С моей точки зрения, несмотря на то что сами полеты очень хороши, еще лучше, еще радостнее вести подготовку к полету, обсуждать детали, принимать решения, строить работу в команде и жить духом товарищества и братства.

Достоин похвалы то, что в 2016 году текущий доклад о состоянии систем «Хаббла», проработавшего 26 лет, похож на описание фактически нового космического телескопа.

– «Хаббл» работает прекрасно, – заверяет Сембах. – Если же говорить о нем с точки зрения количества созданных с его помощью научных публикаций, самый продуктивный год «Хаббла» был 2015-й, когда ученые опубликовали 846 научных статей с использованием его материалов – это больше двух статей ежедневно. Сама орбитальная обсерватория работает хорошо, инструменты в прекрасном состоянии, ни на одну из подсистем – гироскопы, двигатели-маховики, системы связи, солнечные батареи – нет нареканий. И сейчас мы уверены, что и в первой половине 20-х годов сможем получать с ее помощью качественные научные результаты.

## Космический школьный автобус

В длину «Хаббл» 13,2 м – это примерно соответствует размеру школьного автобуса, а его масса составляет 11 110 кг.

Одна из самых важных частей любого телескопа – его зеркало, поскольку мощный телескоп – это не тот, который сильнее других увеличивает далекие объекты, а тот, какой собирает максимальное количество света. Чем больше зеркало, тем значительнее его способность собирать лучи света и, значит, тем лучше «зрение» телескопа.

По меркам профессионального телескопостроения в размере зеркала «Хаббла» нет ничего выдающегося. Оно имеет диаметр 2,4 м и значительно меньше, чем 10,4-метровое зеркало Большого Канарского телескопа, установленного на Канарских островах, – на данный момент это самый большой телескоп в мире. А по сравнению с Гигантским Магеллановым телескопом, который сейчас строится в Чили и будет иметь светособирающую поверхность 25 м в поперечнике, состоящую из семи 8,4-метровых сегментов, «Хаббл» просто лилипут.



*Работники изучают главное 2,4-метровое зеркало космического телескопа «Хаббл» во время его постройки в 1990 году. Источник: NASA*

Но скромный размер «Хаббла» с лихвой восполняется его отличной оптикой и критически важным преимуществом: он находится за пределами атмосферы Земли, что позволяет получать наиболее четкие снимки. «Хаббл» различает объекты в десять миллионов раз тусклее, чем может заметить невооруженный человеческий глаз, а его разрешение в десяток раз лучше, чем у некоторых наземных телескопов большего размера, особенно в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах. Космический телескоп «Хаббл» показал себя как невероятно отказоустойчивая универсальная обсерватория и продолжает радовать всех новыми открытиями и поразительными снимками.

Двигаясь по орбите высотой 552 км над Землей, «Хаббл» огибает нашу планету каждые 97 минут, а его скорость составляет около 8 км/с. При удачном совпадении условий вы

сами можете увидеть космический телескоп, пролетающий в ночном небе. Чтобы узнать, когда спутники наподобие «Хаббла» или Международной космической станции будут пролетать над вашим домом, вы можете посетить различные веб-сайты, например «Heavens Above» («Небо над головой») по адресу [www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com).

## Новый взгляд на Вселенную

Вскоре после того, как астронавты починили «Хаббл», телескоп начал проводить наблюдения, навсегда изменившие облик астрономической науки. Двумя ранними эпизодами наблюдений «Хаббл» завоевал внимание общественности... и ее любовь.



*Выполненная 17 мая 1994 года космическим телескопом «Хаббл» фотография кометы Шумейкеров – Леви 9, на которой видна цепочка из 21 фрагмента ледяного ядра кометы, растянувшаяся на 1,1 млн км в космосе перед столкновением с Юпитером. Источник: NASA, Европейское космическое агентство и Х. Уивер совместно с Э. Смит (Научный институт космического телескопа – STScI)*

Летом 1994 года астрономы открыли комету, названную кометой Шумейкеров – Леви 9, которая опасно приблизилась к Юпитеру. Гравитация гигантской планеты разорвала комету, превратив ее в цепочку из двадцати одного фрагмента – некоторые ученые называли эту цепочку «нитка жемчуга», – и стало ясно, что все они собираются врезаться в Юпитер. Это было событие, какого никто никогда ранее не наблюдал; астрономам удалось благодаря «Хаббл» словно бы занять место в первом ряду на этом космическом представлении и увидеть, как фрагменты кометы рухнули в юпитерианские облака, взрываясь наподобие атомных бомб и оставляя тучи темного дыма. Астрономы мчались на пресс-конференции, потрясая последними фотоснимками этого события, и поднимали волну всеобщего ажиотажа.



*Туманность Конская Голова – популярный объект для наблюдений как любителей, так и профессиональных астрономов. «Хаббл» в разные годы сделал много снимков этой легко узнаваемой по своему неземному облику туманности. Эта опубликованная в 2013 году фотография была выполнена и в инфракрасном, и в видимом диапазонах спектра, и на ней туманность, как богато расшитый гобелен, выделяется на фоне звезд Млечного Пути и далеких галактик. Источник: NASA, Европейское космическое агентство и команда «Наследие Хаббла» под эгидой Научного института космического телескопа (STScI) и Университетской ассоциации астрономических исследований (AURA)*

Один из самых широко известных снимков «Хаббла» – это фотография туманности Орел, огромного далекого облака космического газа и пыли, где зарождаются новые звезды. Потрясающий воображение снимок 1995 года, названный «Столпы Творения», показал с беспрецедентной детальностью, что происходит в районах звездообразования. Этот снимок «Хаббла» стал настолько популярным, что попал на обложку журнала «Тайм», фигурировал в кинолентах и телевизионных передачах, его печатали на футболках, наволочках для подушек и даже на почтовой марке.

С тех пор как он был сделан, список сфотографированных «Хабблом» объектов разросся и стал похож на перечень «хитов века»: туманность Конская Голова; туманность Конус; фото-

снимки планет Сатурн, Марс и Юпитер; остатки сверхновых; далекие галактики. И эти фотографии публика принимала с восторгом.

– Прозорливее всех оказался наш первый директор, астрофизик Риккардо Джаккони, который с самого начала предусмотрел режим открытых публикаций обо всем, чем мы занимаемся, – рассказывает Йенкнер. – Возможно, этим наш проект удивил меня больше всего – не считая научных открытий, которые изменили наше понимание природы Вселенной. Их мы в определенной степени ждали. Но я и предположить не мог, что наши пресс-релизы, фотографии и образовательные программы будут интересны миллионам людей и что публика начнет говорить о «Хаббле» «наш телескоп». Это призывает нас, ученых, к определенной скромности.

## Как создаются красивые картинки

В результате работы космической обсерватории получаются очень красочные фотографии, хотя камеры «Хаббла» не делают цветных фотоснимков. «Хаббл» может очень точно наводиться на цель, но им нельзя пользоваться в режиме «навел и щелкнул», как нам привычно поступать с земными фотоаппаратами.

– По счастью, в качестве побочного продукта тех научных исследований, которые мы проводим с помощью «Хаббла», у нас получаются фотографии, – говорит Золт Левей, сотрудник Научного института космического телескопа (STScI).



*Фотография звездного скопления Вестерлунд 2 и его окружения, созданная при помощи космического телескопа «Хаббл», была опубликована в ознаменование 25-й годовщины работы космической обсерватории на орбите. Благодаря «Хаббл» в течение четверти века совершаются открытия, появляются изумительной красоты снимки и выдающиеся научные результаты. Источник: NASA, ESA, команда «Наследие Хаббла» под эгидой Научного института космического телескопа (STScI) и Университетской ассоциации астрономических исследований (AURA), А. Нота (EKA / STScI) и научная группа «Вестерлунд 2»*

Он занимался изготовлением и публикацией снимков с «Хаббла» еще до первой экспедиции обслуживания.

– Цветные фотографии как таковые ученых не интересуют. Они предназначены для публики, но очень хорошо, что они появляются в процессе работы и наглядно демонстрируют то, чем именно занимаются ученые.

Снимки в цвете собирают из комплекта черно-белых фотографий, сделанных при помощи светофильтров. Для того чтобы получился один цветной фотоснимок, «Хаббл» требуется сделать три отдельные фотографии – обычно сквозь красный, зеленый и синий светофильтры, после чего эти три полученных кадра отправляются по радиоканалу на Землю. Там они при помощи специальной компьютерной программы сливаются в единое цветное изображение.

Несмотря на то что научные данные с «Хаббл» поступают в виде неброских черно-белых фотоснимков, в них заключается большое количество цветовой информации.

– Оказалось, что Вселенная гораздо более цветиста, чем мы могли себе представить, – объясняет Левей. – На самом деле, имеется много цветов, которые мы не можем сами увидеть, – это лучи света различных длин волн и энергий, и камеры «Хаббл» чувствительны к ним.



*Галактика Водоворот знаменита своими четко выделенными спиральными рукавами. Они так хорошо заметны, потому что Водоворот занимается «перетягиванием гравитационного каната» со своей более мелкой галактикой-компаньоном (справа на снимке). Источник: NASA, ESA, команда «Наследие Хаббла» под эгидой Научного института космического телескопа (STScI) и Университетской ассоциации астрономических исследований (AURA), С. Беквис (STScI)*

В составе оборудования «Хаббл» есть почти 40 цветных светофильтров, которые пропускают свет начиная от ультрафиолетового диапазона (далее в сине-фиолетовую область спектра, чем могут воспринимать наши глаза), включая различные видимые цвета и заканчивая инфракрасными (более красными, чем доступно человеческому зрению). Это дает работающим над фотографиями специалистам большую свободу действий, а иной раз – и творческие возможности.

– Поскольку камеры на космическом телескопе функционируют не так, как земные фотоаппараты, нам приходится проделать кое-какую работу, чтобы полученные с их помощью снимки выглядели так, как они выглядят, – описывает ситуацию Левей. – Для этого нам требуется сочетать науку и искусство, объективный и субъективный подход. Но, по сути, это то же самое, что любой фотограф может делать, печатая снимки с негативов или преобразуя исходные, необработанные снимки с цифровой камеры.

Левей говорит, что он и другие сотрудники группы создания изображений выделяют различные цвета в собираемом телескопом потоке света и комбинируют их, чтобы построить цветные изображения. В общем, цвета на готовых снимках с «Хаббла» более насыщенные, а сами объекты намного ярче по сравнению с тем, как мы их увидели бы своими глазами. На самом деле мы все равно их не смогли бы разглядеть, потому что они очень далеки, тусклы и иной раз видны лишь в диапазонах спектра, недоступных человеческому зрению.

Но самая важная задача группы создания изображений «Хаббла» – делать такие снимки, которые содержат максимум научной информации. Цвет используется либо как инструмент для усиления слабых деталей изображенного объекта, либо чтобы показать то, что человеческий глаз не увидел бы, как, например, облака ионизированного газа, которые вместе образуют туманность, или молодые звезды, окруженные пылевым облаком.

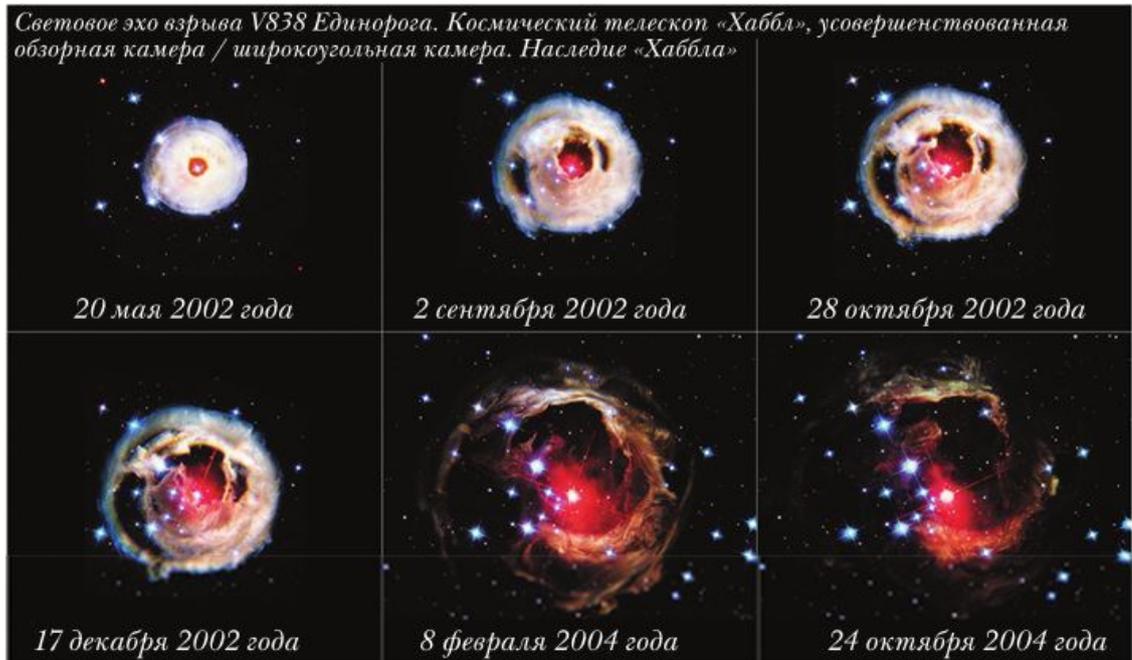
Главной камерой «Хаббла» в данный момент является широкоугольная камера № 3 (англ. Wide Field Camera 3 – WFC3), которая, на самом деле, представляет собой комбинацию двух инструментов: один регистрирует свет от ультрафиолета до видимой части спектра, а другой работает в инфракрасном диапазоне. Камера WFC3 требуется для изучения явлений темной энергии и темной материи, и с ее помощью ученые наблюдают за процессами формирования звезд и далекими галактиками.



*Этот снимок участка в 50 световых лет шириной – центрального региона туманности Эты Кили – один из самых детальных видов места, где происходит и рождение, и гибель звезд. Сказочные формы туманности вылепляются рвущимися наружу звездными ветрами и испепеляющей ультрафиолетовой радиацией, испускаемой чудовищными звездами, которые прячутся в недрах этого ада. С течением времени эти звезды истончают и рвут в клочья окружающий газопылевой материал, который является последней толчкой гигантского облака, породившего их. Источник: NASA, Европейское космическое агентство, Н. Смит (Калифорнийский университет в Беркли), команда «Наследие Хаббла» под эгидой Научного института космического телескопа (STScI) и Университетской ассоциации астрономических исследований (AURA)*

Усовершенствованная обзорная камера – широкоугольная, очень чувствительная камера, которая регистрирует волны от дальнего ультрафиолетового диапазона до видимого света, что позволяет изучать процессы, происходившие в самой ранней Вселенной. Также на

борту «Хаббла» имеется два спектрографа. Эти приборы могут расщеплять лучи света на отдельные цветовые составляющие и измерять интенсивность каждого цвета, что дает информацию об объекте, который был их источником. Ультрафиолетовый «спектрограф истоков Вселенной» лучше всего работает с малыми источниками излучения, такими как далекие звезды или квазары, а мультиобъектный спектрометр ближнего инфракрасного диапазона может составлять карты более обширных объектов, таких как галактики или даже места расположения черных дыр.



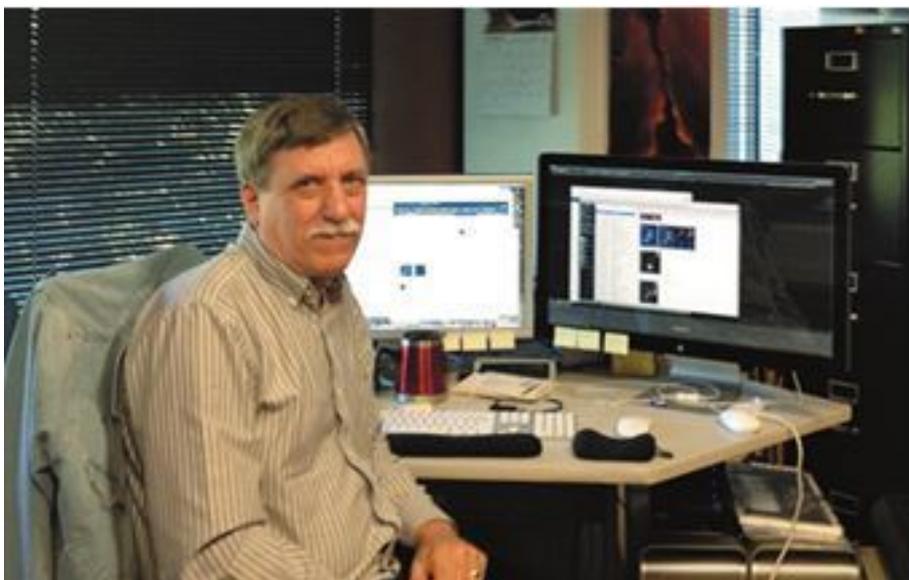
*Кадры взрыва звезды. На этой серии фотографий, выполненных при помощи космического телескопа «Хаббл», можно увидеть распространение светового эха вокруг звезды V838 Единорога в промежутке от мая 2002 года до октября 2004-го. Световое эхо – это отражение света взорвавшейся звезды от окружающих ее пылевых оболочек, и эти никогда не виданные ранее узоры неожиданно оказались подсвечены на несколько недель в начале 2002 года. С тех пор облако взрыва рассеялось, и на прежнем месте можно наблюдать только саму звезду. Все шесть фотографий были сделаны при помощи усовершенствованной обзорной камеры. Источник: NASA, Европейское космическое агентство и З. Левей*

– Астрономия всегда была визуальной наукой, – говорит Левей, – ведь в давние времена люди смотрели в небо и наблюдали, как оно меняется. Потом Галилей использовал телескоп и смог разглядеть больше. Со временем телескопы становились все сложнее. Теперь астрономия превратилась в науку, которая полагается на измерения и расчеты, ведущиеся на компьютерах методами статистического анализа. Но астрономы и сейчас любят рассматривать картинки, потому что они притягивают любой взгляд.

Левей – профессиональный астроном, но еще он фотограф-самоучка. В кабинете Золта Левея в Научном институте космического телескопа на стенах развешаны фотографии в рамках – среди них как снимки с «Хаббла», так и сделанные им самим. У Золта есть ощущение, что его опыт фотографа как минимум так же важен для того, чтобы создавать привлекательные фото на основе данных, как и астрономическое образование.

– Такая работа требует определенного уровня понимания и труда, – говорит он, – но в ней нет ничего принципиально нового, техника обработки изображений остается одной и той же на протяжении многих лет. Тем не менее мы многому научились в работе с данными и

изображениями. Думаю, нам удалось глубоко проникнуться теми принципами эстетики, которые позволяют создавать действительно сильные изображения астрономической тематики, не теряя приверженности научной правде, и выяснить, как правильно доносить результаты нашего труда до общественности.



*Золт Левей в своем кабинете в Научном институте космического телескопа. Источник: Научный институт космического телескопа (STScI)*

Но, по словам Левея, хотя группа создания изображений «Хаббла» старается выпускать снимки, которые выглядят величественно, интригующе и заманчиво, они по-прежнему остаются учеными, цель которых – работа с научными данными.

Левей уже 25 лет работает с фотографиями «Хаббла», но он, кажется, до сих пор удивлен, если не сказать – потрясен тем, что их фотографии приобрели такую безумную популярность и завоевали внимание публики. Золт считает, что отчасти причиной этого является то, что «Хаббл» вошел в строй одновременно с началом широкой экспансии Интернета, который позволил людям просто и быстро находить эти снимки.

– В том, чем я занимаюсь, нет ничего космически сложного, – смеется Золт Левей. – На мой взгляд, это незамысловатое дело. Но нам несказанно везет, что тот материал, с которым мы работаем, получен от одного из самых лучших источников астрономических данных на свете! Со временем качество снимков улучшалось, и их вид менялся по мере того, как на космическом телескопе «Хаббл» устанавливали новые камеры. Эта обсерватория – важнейший поставщик самой высококачественной информации, и для меня честь иметь возможность работать с ней и делать то, что я делаю.

## Как взглянуть сквозь окуляр «Хаббла»

– С помощью «Хаббла» был достигнут прогресс практически во всех областях астрономии, – говорит Йенкнер, показывая мне книгу, в которой собраны предложения астрономов всего мира по поводу того, как использовать космический телескоп в 2017 году. – Всего-навсего прочитайте заглавия разделов: внегалактическая астрономия, планетология, изучение Галактики, программы класса «Сокровищница»<sup>29</sup>, космология, изучение Солнечной системы и так далее. Каждый год мы проводим всемирные совещания экспертов в области астрономии для рассмотрения этих предложений.

Обычно с каждым космическим научным проектом связана определенная команда, которая в одиночку распоряжается всеми приборами аппарата, но «Хаббл» открыт для любого профессионального астронома – и эта концепция, как многие считают, обусловила невероятную продуктивность телескопа. Но при том, что каждый астроном мечтает использовать «Хаббл», на целый год есть всего лишь 3000 наблюдательных часов. Поэтому предложения астрономов проходят тщательный отбор. Члены экспертного совета ранжируют предложения по степени того, насколько, по их мнению, многообещающие и качественные научные результаты каждое из них может дать.

---

<sup>29</sup> Англ. Treasury Programs – в рамках принятой в научном сообществе космического телескопа «Хаббл» терминологии вид наблюдательных программ, требующих особого режима выделения наблюдательного времени. – *Прим. пер.*



*«Таинственная гора»: так в большом увеличении выглядит «гора» из космического газа и пыли, которая представляет собой часть туманности Эты Киля. Верхушка столба длиной три световых года из холодного водорода рассеивается под давлением излучения близлежащих звезд, тогда как прячущиеся внутри этого столба звезды испускают потоки газа, которые струятся, образуя «вершины горы». Источник: NASA, Европейское космическое агентство и М. Ливио, а также команда 20-й годовщины проекта «Хаббл» (STScI)*

– У нас нет недостатка в хороших предложениях, – говорит Йенкнер, – и запросов на наблюдательное время у нас в пять раз больше, чем мы можем удовлетворить.

В качестве директора института Сембах рассматривает рекомендации экспертного совета и принимает окончательное решение по дележке наблюдательного времени «Хаббла», причем иногда – на сеансы длительностью всего лишь в несколько минут.

– Те, кто у нас занимается составлением графиков наблюдений, на самом деле, наши невоспетые герои и героини, – говорит Сембах. – Они собирают эту громадную головоломку воедино каждую неделю, чтобы отправить готовый набор команд на орбитальную обсерваторию.

Астрономы, сумевшие заполучить наблюдательное время на «Хаббле», используют специальные компьютерные программы, чтобы формировать задания с деталями о том, что именно, когда и в течение какого времени им нужно пронаблюдать и какие фильтры они при этом хотят применить.

– Наши составители графиков наблюдений собирают эти начальные задания и вводят их в общую систему, решая, как наиболее оптимально совместить все, что требуется сделать, согласно всему набору программ, которых может быть больше двухсот, – описывает их деятельность Сембах. – Результатом их работы является долговременный годичный план, а затем они каждую неделю выстраивают детальный календарь событий на неделю предстоящую, и его точность доходит до десятых долей секунды.

Далее специалисты совмещают все наблюдательные планы с периодами времени, необходимыми для служебных задач, таких как поддержание высоты орбиты или выполнение сеансов связи для отправки на Землю результатов наблюдений и получения новых команд.

– Это все крутится, как заводной механизм: каждую неделю, весь год напролет, – говорит Сембах. – Это, на самом деле, очень интересный процесс.

Данные, которые «Хаббл» еженедельно присылает на Землю, могут занимать пространство до восемнадцати DVD-дисков. Результаты наблюдений, заказанные каждым астрономом, остаются его интеллектуальной собственностью в течение года – это означает, что у того, кому пришла в голову идея провести конкретные наблюдения, есть год на то, чтобы обработать и проанализировать полученную информацию. Но после этого любой желающий астроном имеет право скачать архивные данные из базы в Интернете и заниматься их анализом где бы то ни было в мире. На сегодняшний день половина научных работ, где были опубликованы новые находки и результаты, основаны на архивных данных «Хаббла».

## Наследие Хаббла

Космический телескоп «Хаббл» (The Hubble Space Telescope) назван в честь астронома Эдвина Хаббла. В 1920 году он установил, что размытые пятнышки света в ночном небе, которые до него называли «спиральными туманностями», в действительности являются такими же галактиками, как наша, но очень удаленными от нас. Эта идея коренным образом изменила наш взгляд на то, какое место мы занимаем во Вселенной.

Но позже, в 1929 году, Эдвин Хаббл сделал еще одно изумительное открытие: оказалось, что почти все галактики движутся в противоположную от нас сторону, и чем дальше галактика от Земли, тем быстрее она убегает прочь. Идея расширяющейся Вселенной легла в основу теории Большого взрыва, согласно которой у Вселенной был момент начала развития, когда произошел колоссальный одномоментный выброс энергии, и с тех пор она не прекращает расширяться.

Определение скорости этого расширения – **постоянной Хаббла** – стало следующей задачей, но ее нельзя решить без ответа на вопрос о возрасте нашей Вселенной. До ввода в строй космического телескопа «Хаббл» астрономы могли сказать, что она образовалась от 10 до 20 млрд лет назад – это была не особенно точная величина. Но с этим мощным инструментом у ученых появилась возможность определить, что возраст нашего мира приблизительно 13,7 млрд лет, и они надеются отыскать еще более точное значение.



*Сделанный космическим телескопом «Хаббл» снимок спиральной галактики NGC 3021, одной из тех, где наблюдались вспышки сверхновых типа Ia – их астрономы используют для более точного измерения величины, связанной со скоростью расширения Вселенной, которая называется постоянной Хаббла. Орбитальная обсерватория «Хаббл» также выполнила точ-*

*ные измерения свечения переменных звезд-цефеид в этой галактике: такие звезды пульсируют с частотой, которая находится в тесной корреляции с их истинной светимостью<sup>30</sup>. Это делает их идеальным ориентиром для измерения межгалактических расстояний. Источник: NASA, Европейское космическое агентство и А. Риз (Научный институт космического телескопа – STScI / Университет Джонса Хопкинса – JHU)*

– Измерение срока жизни Вселенной – одна из тех задач, для каких «Хаббл» был задуман и спроектирован, – говорит Кен Сембах. – Сначала мы надеялись определить ее возраст с точностью до 10 %, а впоследствии смогли довести точность до 3 %. Теперь мы нацеливаемся на измерения с погрешностью в 1 %. С точки зрения космологии и астрономии это очень значительное достижение.

Другое открытие, совершенное в 1998 году при помощи космического телескопа «Хаббл», состоит в том, что, как бы это ни было невероятно, Вселенная расширяется с ускорением.

– Я думаю, что это практически для всех стало неожиданностью, – вспоминает Сембах. – Одно из сделанных «Хабблом» открытий, которые по-настоящему меняют картину и наше понимание всей Вселенной.



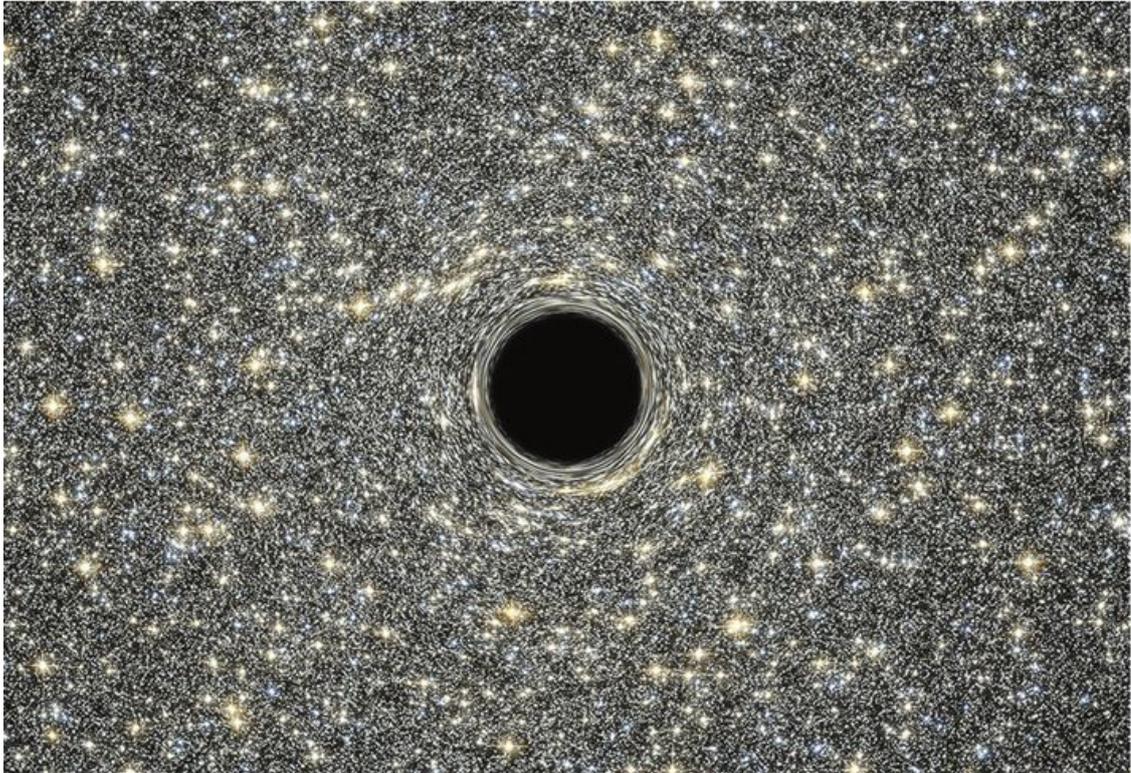
*Гравитационное линзирование: Абель 370 – одно из первых галактических скоплений, в котором астрономы смогли заметить проявление феномена гравитационной линзы, выражающееся в том, что галактика переднего плана искривляет лучи света, идущие от более далеких галактик, и зрительно увеличивает их, попутно искажая форму. Из-за этого на снимке возникают дуги и полосы, которые являются изображениями галактик фона. Гравитационное линзирование представляет собой важнейшее для астрономов средство изучения распре-*

---

<sup>30</sup> Показатель общей яркости звезды при наблюдении ее с некоторого заданного расстояния, в отличие от наблюдаемой светимости, регистрируемой земным наблюдателем на фактическом расстоянии от светила. – *Прим. пер.*

деления темной материи в массивных скоплениях галактик, поскольку распределение массы вещества можно воссоздать по тем гравитационным эффектам, которые оно оказывает. Источник: NASA, Европейское космическое агентство, команда публикации ранних наблюдательных результатов экспедиции обслуживания № 4 (the Hubble SM4 ERO Team) и Европейская координационная организация космического телескопа (ST-ECF)

Для объяснения эффекта расширяющейся Вселенной астрономы используют термин **темная энергия**. Несмотря на то что природа темной энергии остается загадкой, астрономы могут ясно наблюдать результат ее действия.



Так может выглядеть сверхмассивная черная дыра с массой, в 21 млн раз превышающей солнечную, расположенная в центре сверхплотной галактики под обозначением M60-UCD1. Эта карликовая галактика настолько плотна, что в ней миллионы звезд заполняют все небо, как на этой картине, которую мог бы видеть воображаемый наблюдатель в этой области Вселенной. Поскольку свет не может покинуть черную дыру, она изображена просто пятном на фоне звездного пейзажа. Мощное поле тяготения черной дыры искажает свет более далеких звезд, формируя кольцевидные детали, близко прилегающие снаружи к черному контуру ее горизонта событий. Комбинированные наблюдения, проведенные астрономами на космическом телескопе «Хаббл» и телескопе Джемини Север (Гавайи), позволили установить, что внутри такой маленькой галактики с тесным расположением звезд есть черная дыра. Источник иллюстрации: NASA, Европейское космическое агентство, а также Д. Коу и Дж. Бэкон (Научный институт космического телескопа, STScI)

– Мы знаем, что темная энергия присутствует повсюду во Вселенной, потому что мы смогли измерить степень ее расширения в разных местах, наблюдая удаленные вспышки сверхновых, – объясняет Кен, – которые оказываются тусклее и дальше, чем мы могли ожидать. Темная энергия действует как сила отталкивания, в отличие от силы всемирного притяжения.

Наблюдать ее – это как подбросить мячик в воздух и увидеть, что он вместо того, чтобы упасть обратно, набирает скорость и улетает вверх.

Астрономы, которые определили скорость расширения Вселенной, удостоились Нобелевской премии в области физики в 2011 году. Теперь стоит задача понять, чем же именно является темная энергия и как она действует – решение этой загадки важно, поскольку астрономы считают, что Вселенная на 68 % состоит именно из темной энергии.

«Хаббл» также послужил средством исследования другого таинственного звена в картине строения Вселенной, а именно **темной материи**. Наблюдения показывают, что во всем пространстве слишком мало видимого вещества, чтобы наполнить 27 % массы, остающиеся после вычета массового эквивалента темной энергии, поскольку звезды, планеты, пыль и газ, то есть нормальная материя, в сумме дают лишь 5 % массы Вселенной. Что же такое темная материя? Темной она называется потому, что она не является ничем из того вещества, которое мы можем наблюдать, но уже многие десятилетия ее существование выводится из расчетов, потому что, по всей видимости, она взаимодействует со скоплениями галактик. Темная материя – еще одна загадка, которую предстоит решить.

**Черные дыры** являются другим примером объектов, которые нельзя увидеть, но их действие очевидно. Еще до начала проекта космического телескопа «Хаббл» ученые считали, что черные дыры существуют, но именно он позволил астрономам проверить большое количество галактик и убедиться, что каждая галактика с ярким центральным балджем<sup>31</sup> действительно содержит в самой его середине сверхмассивную черную дыру.

– Почти в самом начале своей истории «Хаббл» помог найти убедительные доводы в пользу того, что черные дыры существуют практически везде, – говорит Гельмут Йенкнер.



---

<sup>31</sup> Выпуклостью, утолщением. – Прим. пер.

*Область глубокого обзора «Хаббла»<sup>32</sup>: в декабре 1995 года десять суток подряд «Хаббл» «вглядывался» при помощи широкоугольной и планетарной камеры WFPC 2 в клочок неба видимым размером не больше песчинки, которую держат на вытянутой руке. На фото этого крошечного участка проявились изображения более тысячи галактик, удаленных от нас на миллиарды световых лет, и каждая из них состояла из миллиардов звезд. Наш земной мир и вся наша Галактика внезапно стали очень маленькими во вселенском масштабе. Источник: NASA, Европейское космическое агентство, Р. Уильямс (Научный институт космического телескопа – STScI), а также группа глубокого обзора «Хаббла»*

В день, когда я посетила Йенкнера в институте космического телескопа, астрономы, работающие на проекте лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (англ. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, LIGO), провозгласили историческое открытие гравитационных волн – колебаний пространства-времени, вызываемых событиями слияния черных дыр, поиск чего велся очень давно.

– А теперь, – прокомментировал Йенкнер, – мы находимся на пике исполнения замысла, вложенного в «Хаббл», в день открытия гравитационных волн, порожденных двумя черными дырами, которые в своем взаимном вращении слились воедино.

В то время, когда телескоп «Хаббл» отправился на орбиту, науке было известно лишь несколько **экзопланет**, то есть планет, которые обращаются не вокруг Солнца, а вокруг других звезд. И «Хаббл» начал изучать эти далекие миры.

– «Хаббл» стал первой обсерваторией, которой удалось измерить состав планетарной атмосферы за пределами Солнечной системы, атмосферы экзопланеты, – говорит Сембах, – и тем самым открыть целое научное направление. До этого момента никто и не мечтал о том, чтобы выполнить подобные наблюдения, но космический телескоп «Хаббл» показал, что это на самом деле возможно. Теперь с его помощью проведены наблюдения множества таких звездных систем, и другие телескопы, такие как космический телескоп «Спитцер», тоже занимались изучением экзопланет.

В дальнейшем мы с вами познакомимся со специальным телескопом, предназначенным для «охоты» на экзопланеты, под названием «Кеплер».

Яркой демонстрацией невероятных возможностей «Хаббла» являются сеансы наблюдений «полей глубокого обзора». Камера телескопа много дней подряд «смотрела» в маленькую область неба, относительно свободную от любых звезд, чтобы сделать длительную экспозицию этого участка, который астрономам ранее представлялся просто совершенно пустым пространством. Однако эти снимки самых отдаленных от нас и темных уголков Вселенной оказывались вовсе не пустыми. На них проявлялись точки, пятна и завитки, и каждое из этих туманных пятнышек было галактикой, состоящей из миллиардов звезд. На первом поле глубокого обзора можно насчитать полторы тысячи галактик, а ведь эта область при взгляде с Земли так же мала, как песчинка, если на нее глядеть, держа на вытянутой руке. Уму непостижимо, сколько же на самом деле во всей Вселенной галактик. Такие наблюдения ясно демонстрируют нам невероятный размер и сложность Вселенной, в которой мы живем.

С помощью «Хаббла» мы совершаем такие путешествия сквозь пространство и время, о каких раньше не могли и мечтать.

---

<sup>32</sup> Англ. Hubble Deep Field. – Прим. пер.

## Еще один раз

Учитывая, что экспедициям обслуживания сопутствовал успех в поддержании «Хаббла» в рабочем состоянии, их планировалось продолжать. Но в 2003 году случилась вторая катастрофа многоразовой пилотируемой космической системы Space Shuttle, в результате которой погиб возвращавшийся из полета корабль Columbia и все семеро астронавтов на его борту.

От происшедшей катастрофы пострадала вся космическая программа США. И для «Хаббла» это повлекло трудности, которые предстояло преодолеть.

После катастрофы шаттла Columbia возглавлявший тогда NASA Шон О'Киф отменил запланированную экспедицию обслуживания «Хаббла», сочтя ее слишком рискованной. Новый порядок выполнения полетов на шаттле требовал, чтобы в космосе проводился тщательный осмотр корабля с целью вовремя заметить признаки повреждений, аналогичных тем, которые обрекли Columbia на гибель, и, если такие повреждения обнаружатся, астронавты должны перейти на борт Международной космической станции, чтобы оставаться там в безопасности. Но из-за расположения орбиты, по которой «Хаббл» движется вокруг Земли, нет такой возможности, чтобы шаттл мог с нее перелететь к МКС. Поэтому тогда полет к «Хабблу» оказался слишком рискованным, по оценкам чиновников NASA. Тем временем на борту «Хаббла» начали отказывать системы и приборы, и возникли опасения насчет возможности продолжения его работы.



*Здесь вы видите крупным планом астронавта Джона Грунсфелда, а в отражении на его шлеме можно заметить его коллегу Эндрю Фьюстела, который зафиксирован в данный момент на роботизированной руке-манипуляторе шаттла и делает этот фотоснимок. Эта пара астронавтов выполнила совместно три из пяти выходов для работы в открытом космосе во время финальной экспедиции обслуживания «Хаббла» в мае 2009 года. Источник: NASA*

– Кажется, администратор и штаб-квартира NASA недооценили тревогу не только научного сообщества, но и общества в целом, – полагает Йенкнер. – После поднявшейся волны общественного протеста им пришлось заново обдумать возможность помощи «Хаббл», и итог оказался таков, что он вновь, как птица феникс, ожил, чтобы вернуться к работе.

После повторной оценки рисков в октябре 2006 года новый администратор NASA Майкл Гриффин принял решение: если «Хаббл» является бесценным, с точки зрения астрономов и публики, инструментом, его спасение стоит приемлемого риска. На случай, если бы астронавтов пришлось выручать из опасной ситуации и запускать спасательную экспедицию, был подготовлен второй шаттл.



*Галактика Сомбреро: в этой спиральной галактике, которую мы наблюдаем почти с ребра, ярко сияющее белым светом ядро окружено широкими полосами темной пыли. Сомбреро имеет 50 000 световых лет в диаметре и удалена на 28 млн световых лет от Земли. Эту ярко блистающую галактику назвали так за сходство с широкополой мексиканской шляпой с высокой тульей. Наблюдения в рентгеновском диапазоне позволяют установить, что вещество в ней падает в направлении компактного ядра, где скрывается черная дыра массой в миллиард раз больше Солнца. Источник: NASA и команда «Наследие Хаббла» под эгидой Научного института космического телескопа (STScI) и Университетской ассоциации астрономических исследований (AURA)*

– Этот полет прошел великолепно, и все случившиеся в нем напряженные события и проявления личных качеств участников записаны в общую историю «Хаббла», – такими словами Йенкнер характеризует историю о том, как астронавты установили новую главную камеру телескопа – широкоугольную камеру № 3 (WFC 3) – и другие инструменты, спроектированные специально для поиска ответов на глубинные вопросы о происхождении Вселенной. Кроме того, они провели ряд ремонтных работ, восстановив функционирование ранее вышедших из строя усовершенствованной обзорной камеры (ACS) и регистрирующего спектрографа космического телескопа<sup>33</sup>.

С окончанием программы полетов системы Space Shuttle в 2011 году исчезла и возможность проводить дальнейшие экспедиции обслуживания. Тем не менее есть надежда, что когда-

<sup>33</sup> Англ. Space Telescope Imaging Spectrograph. – Прим. пер.

нибудь знаменитый космический телескоп смогут вернуть на Землю или, по крайней мере, контролируемым образом свести с орбиты.

– Во время последнего полета по обслуживанию «Хаббла» на его задний конец установили **агрегат для стыковки** под названием Soft Capture Mechanism, который позволяет небольшому космическому аппарату прикрепиться к телескопу, чтобы безопасно свести его с орбиты в нужном районе, – говорит Йенкнер.

## «Хаббл» и будущее

Теперь, по словам Йенкнера, самая главная задача – получить максимум научных данных от «Хаббла» за время, в течение которого космическая обсерватория почтенного возраста еще будет работать.

– Можно сказать, что «Хаббл» произвел революцию в астрономии, и нам просто нельзя сворачивать с этого пути, – говорит он. – С этой точки зрения, такой момент, когда наша работа будет закончена, не наступит никогда, и главный смысл существования нашего института в том, чтобы никогда не останавливаться, не переставать привлекать ученых возможностями делать все более значительные и замечательные исследования и предоставлять им для этого великолепно работающий инструмент.

Гельмут объясняет, что они продолжают работать над улучшением калибровки и точности научных инструментов «Хаббла», даже таких, как регистрирующий спектрограф (STIS), установленный в 1997 году.

– Это очень непросто и в той же мере прекрасно, – говорит он, – на деле выжимать последние капли научной ценности из наших приборов.

Размышляя над тем, что «Хаббл» становится только лучше от всех проблем и задержек, Сембах рассказывает, что в то время, когда казалось, что последняя экспедиция обслуживания телескопа будет отменена, инженеры из команды космического телескопа изыскивали способы, как продлить его работу.

– Мы знали, что время работы зависит от состояния гироскопов, и мы ввели режим их ограниченного использования, чтобы продлить им жизнь, – говорит он. – Этот новый «щадящий» режим нам помог, и теперь гироскопы больше не ограничивают нас в управлении «Хабблом», потому что мы знаем, как использовать их ресурс по-другому. Этим путем нам удалось продлить срок работы аппарата на орбите так надолго, как мы вовсе не планировали вначале.

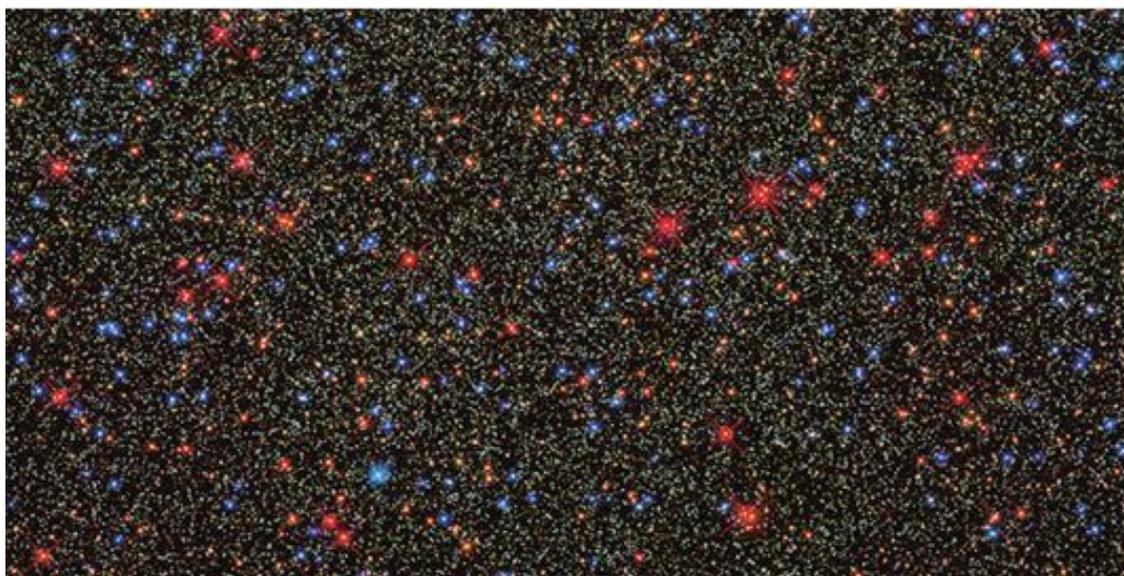
Также, по словам Сембаха, за время задержки со стартом экспедиции обслуживания приемники инфракрасного излучения широкоугольной камеры WFC 3 были усовершенствованы и стали гораздо лучше, чем они были бы, если бы аппаратура отправилась на орбиту вовремя.

– Кроме того, мы научились составлять расписание работы обсерватории более эффективно, и это говорит о том, что даже спустя семнадцать-восемнадцать лет мы все еще учимся и находимся в поисках максимальной эффективности, – говорит он. – Мысли о том, что «Хабблу», может быть, осталось работать считанные годы, заставляли нас думать о любых доступных крохах эффективности, потому что мы стремились обеспечить все возможности для проведения научных наблюдений, какие только могли. После экспедиции обслуживания мы возвратились к этому новому, эффективному режиму, и нам это действительно помогло. Так что, оглядываясь назад, можно сказать, что перенос экспедиции обслуживания на более поздние сроки оказал положительное влияние на «Хаббл», сделав его гораздо лучше как инструмент науки.

Инженеры и конструкторы продолжают следить за состоянием систем космического телескопа «Хаббл», чтобы он оставался ценным для науки, и проводят новые мероприятия, направленные на то, чтобы как можно больше продлить срок его службы.

Я спросила у Гельмута Йенкнера, который работает в Научном институте космического телескопа с самого начала проекта, какие моменты запомнились ему лучше всего.

– Лучше всего – это просто приходиться на работу каждый день, – задумчиво говорит Гельмут. – Благодаря нашим сотрудникам моя работа здесь ценна и отрадна.



*Цветная россыпь из 100 000 звезд видна на этом маленьком участке внутри шарового звездного скопления Омега Центавра – плотной группы из почти 10 млн солнц. Омега Центавра – одно из самых крупных звездных скоплений в Галактике Млечный Путь. Источник: NASA, Европейское космическое агентство, команда публикации ранних наблюдательных результатов экспедиции обслуживания № 4 (the Hubble SM4 ERO Team)*

Есть лишь один печальный недостаток у такой длительной карьеры на одном месте.

– Знаете, все, с кем вы работаете, те, кто становится вашими друзьями... – говорит он, – нельзя, чтобы они умирали. Так трудно потом без них в нашем институте, и такое бывало уже не раз.

Хотя кончина любого из коллег трагична, по мнению Йенкнера, самую большую потерю ему довелось пережить в 2009 году, когда умер Роджер Докси. Докси был начальником отдела управления полетом по проекту «Хаббл» в институте космического телескопа, он отвечал за выполнение ежедневных операций с космическим аппаратом. Многие говорили, что он душа и сердце «Хаббла», и ему принадлежали большие заслуги в своей области, поэтому его кончина стала потерей для всего астрономического сообщества.

Возвращаясь к своим самым ярким воспоминаниям, Йенкнер сказал, что ему очень запомнился запуск шаттла последней экспедиции обслуживания.

– Это было впечатляюще! – говорит он. – Но проблема, опять же, в присутствии людей. Когда им пришла пора отправляться в полет, мы уже знали астронавтов очень близко. Поэтому, когда вы смотрите на то, как эти семеро забираются на вершину наполненной взрывчаткой башни, в которой Бог знает сколько миллионов деталей, и ни одна не должна отказать, у вас захватывает дух от ужаса, что тут говорить!

В то время как научный институт космического телескопа стремится на возможно большее время продлить эксплуатацию «Хаббла», скоро у его коллектива на повестке дня встанет новый проект – долгожданный James Webb Space Telescope<sup>34</sup> который также будет работать под патронажем института. «Джеймс Уэбб» будет мощным инфракрасным телескопом размерами с теннисный корт, он сможет заглянуть в то далекое прошлое, когда формировались самые первые звезды, планетные системы и галактики, и дать ответы на давно уже насущные вопросы о том, как Вселенная приобрела привычный нам вид.

---

<sup>34</sup> Космический телескоп «Джеймс Уэбб». – Прим. пер.

По мнению Йенкнера, если «Хаббл» сможет продержаться до начала 2020-х годов, то это обеспечит несколько лет, в течение которых он будет работать одновременно с «Джеймсом Уэббом», и в связке они будут более мощным парным инструментом, чем каждый из них поодиночке.

Что оставит в наследство «Хаббл»?

– Космический телескоп «Хаббл» научил нас никогда не переставать задавать новые вопросы, – говорит Гельмут Йенкнер. – Нам надо лишь не дать умереть научной любознательности, и это относится как к астрономии, так и к образованию, и к человеческой жизни в целом.

## Глава 4

### Путешествуя между двумя мирами: Dawn

#### Дуализм, дихотомия, Dawn

Поднимите взгляд к небу в ясную ночь – если вам повезет и на ваших глазах небо прочертит метеор, есть большой шанс, что вам посчастливится увидеть маленький кусочек Весты, второго по размерам объекта из астероидного пояса.

– Есть лишь три небесных тела, с которыми мы связываем происхождение различных классов метеоритов, какие находят упавшими на Землю: Луна, Марс и Веста, – разъясняет Марк Рейман, главный инженер и директор проекта Dawn<sup>35</sup>. – Все знают, что такое Марс и Луна, но о Весте слышало не так много людей.

Веста и карликовая планета Церера – таковы два пункта назначения и цели научного изучения станции Dawn. Проект назвали так, потому что исследование этих древнейших миров даст информацию о самых давних временах, о занимавшемся рассвете истории всей нашей Солнечной системы.

– Dawn помогает нам понять, каковы были условия в ту эпоху, когда Веста и Церера сформировались изначально, – говорит Рейман. – Он подает нам новые кусочки гигантской головоломки, собрав которую мы поймем, как вся Солнечная система формировалась и эволюционировала, а может быть, и то, как складываются условия эволюции планетарных систем у других звезд.

Оба эти объекта очень далеки от нас: среднее расстояние между Вестой и Землей 353 млн км, а для Цереры эта величина составляет 414 млн км. Когда их открыли два века тому назад, эти удаленные миры были, по словам Реймана, просто «таинственными, тусклыми пятнышками света меж звезд». И до того, как проект Dawn принес свои плоды, все, что мы знали о Весте и Церере, было результатом наблюдений через наземные телескопы и телескопы, orbiting по орбитам вокруг Земли, – например, космический телескоп «Хаббл». Но даже те изображения, что удавалось получить «Хабблу» с его острым «зрением», – особенно фотографии Цереры, – мутные и неотчетливые из-за крупных пикселей и скорее вызывают вопросы, чем дают какие-либо ответы.

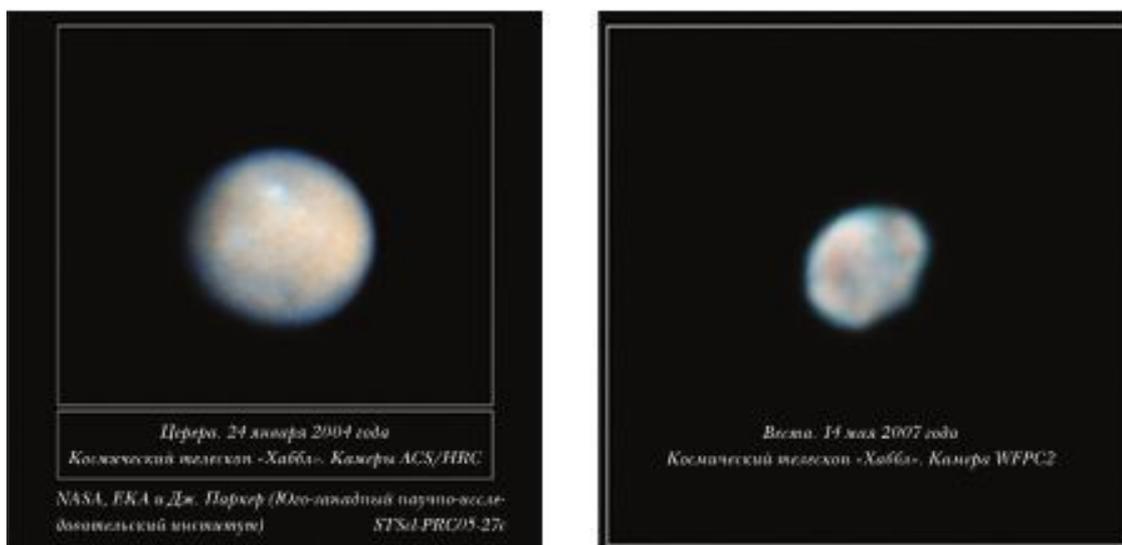


*Эта созданная художником картина изображает американскую автоматическую межпланетную станцию Dawn над планетой Церерой, вид которой известен нам по снимкам*

<sup>35</sup> Произносится «Дон», в переводе означает «Рассвет», «Утренняя заря». – Прим. пер.

самой станции. *Источник: NASA и лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Ныне космический аппарат Dawn разгадывает тайны этих миров, такие как, например, почему Веста и Церера кажутся настолько разными, несмотря на то что находятся в одном и том же астероидном поясе? В чем причина такой странной сплюснутой формы Весты? И что же такое яркие пятна, замеченные на Церере, которые могут показаться «космическими маяками, подобными межпланетным береговым огням, ведущим нас вперед», как об этом сказал Рейман? Являются ли они признаками наличия яркого льда или воды, залежей загадочных минералов или, как предположили некоторые, огнями инопланетных городов?



*Выполненные с помощью космического телескопа «Хаббл» снимки Цереры и Весты, которые помогли астрономам составить план двойного полета межпланетной станции Dawn к этим объектам пояса астероидов. Источник: NASA / Европейское космическое агентство, Дж. Паркер (Юго-западный научно-исследовательский институт), Л. Макфедден (Мэрилендский университет)*

Уникальная черта межпланетной станции Dawn среди всех прочих роботов, предназначенных для исследования планет, заключается в использовании **ионной двигательной системы**. Это дает Dawn возможность выполнить нечто такое, что ни один аппарат до него сделать не мог.

– На протяжении почти шести десятилетий исследований космического пространства Dawn – единственный аппарат, который совершил выход на орбиту двух различных небесных тел, – говорит Рейман. – Мне нравится думать о нем как о первом настоящем межпланетном космическом корабле.

До того как Dawn отправился в свое десятилетнее путешествие, проекту пришлось принять много вызовов и преодолеть множество трудностей. И, поскольку этой станции довелось совершить полет к двум планетам, все в этом проекте пронизано определенным дуализмом. Кажется, что этот совершенный аппарат будто парит меж пространствами науки и научной фантастики, и некоторые из тех, чей труд вложен в его создание, знают толк в обеих этих областях. И, несмотря на то что и Веста, и Церера считались на протяжении истории их исследования астероидами, они представляют собой два очень разных класса небесных тел.

– Полет Dawn – по-настоящему историческое событие, – комментирует Рейман. – Его задачей стало изучение двух «окаменелых остатков» самых ранних времен Солнечной системы, и он сможет рассказать нам часть истории нашего собственного возникновения.

## Космическая станция Dawn

Представьте себе, как космический корабль выходит на орбиту планеты, проводит разведку – можно сказать, изучает новый чуждый мир. Потом он улетает к другой планете, вновь выходит на орбиту и выполняет новые исследования. Этот космический корабль мчится вперед, разгоняемый колонной сине-зеленого пламени, смело стремясь туда, где не бывал еще никто...



*Вид ярких пятен с большого расстояния. Этот снимок был сделан автоматической межпланетной станцией Dawn на подлете к карликовой планете Церера 19 февраля 2016 года с расстояния около 46 000 км. На этом снимке видно, что у наиболее яркого пятна на Церере есть тусклый компаньон. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института, Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе, Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS), Германский аэрокосмический центр (DLR) и Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA)*

Если к этой сцене добавить в качестве фона торжественную музыку, то она подошла бы к классическому фантастическому телесериалу «Звездный путь». Но на самом деле такими были настоящие приключения созданного NASA космического аппарата Dawn.

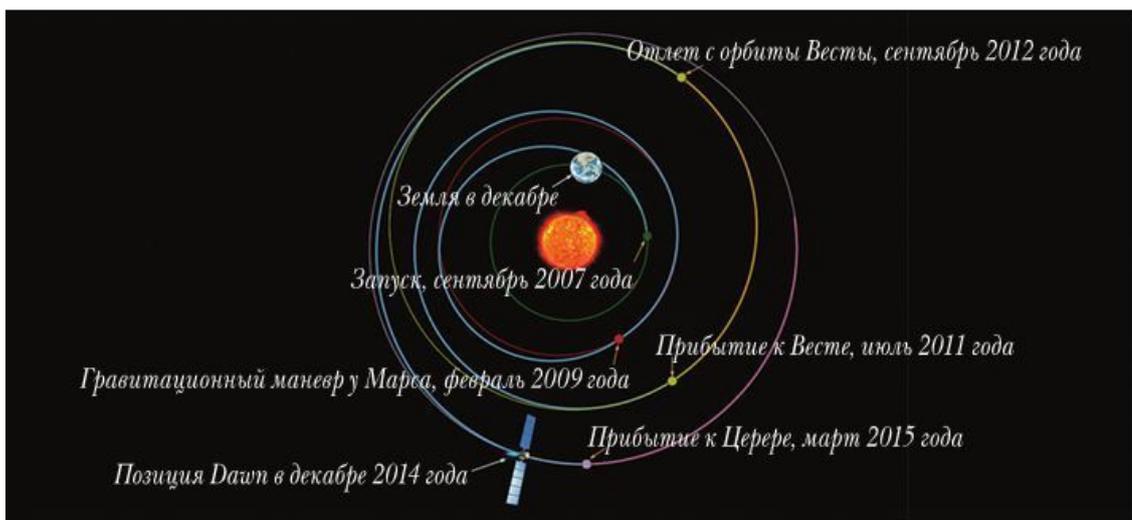
– Лишь благодаря сверхсовременной, достойной научной фантастики технологии ионных двигателей мы сумели выйти на орбиту более чем одного объекта, – говорит Рейман. – По сути, мы уместили два полета в один.



*На этой картине художник изобразил АМС Dawn, покидающую Землю. Источник: NASA и лаборатория реактивного движения*

Запуск космического аппарата Dawn состоялся в сентябре 2007 года, и начался его полет к Весте, в ходе которого был выполнен разгонный гравитационный маневр у Марса. На орбиту вокруг Весты станция вышла в июле 2011 года. Там она проводила исследования четырнадцать месяцев, затем покинула Весту и отправилась к Церере. Прибытие на орбиту Цереры произошло в начале марта 2015 года.

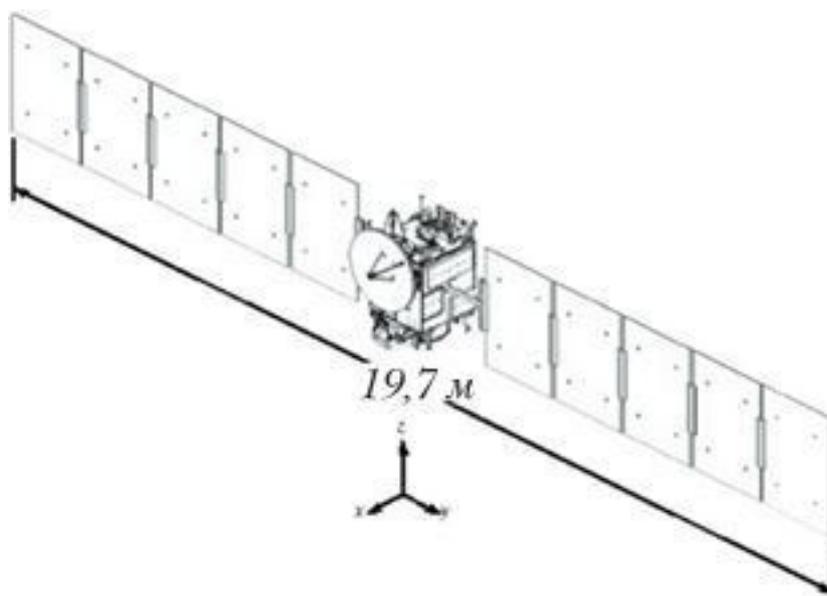
Главной задачей, стоящей перед Dawn, является сбор информации о составе, внутреннем строении, плотности и форме Весты и Цереры. В совокупности эти данные помогают ученым лучше понимать процессы и условия, которые имели место в ранний период истории Солнечной системы, а также выяснить, какую роль содержание воды и размер планетарных тел играют в их развитии.



*Схема, показывающая траекторию космического аппарата Dawn с момента его запуска в 2007 году до прибытия к карликовой планете Церера в начале 2015 года. Его полет включал гравитационный маневр у Марса и почти 14-месячное пребывание на орбите Весты. Источ-*

*ник: NASA и лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Чтобы станция Dawn могла выполнить свои научные задачи, ее оснастили комплектом из трех приборов: фотокамерой для съемки в видимых лучах, картирующим спектрометром для видимого и инфракрасного диапазонов, а также гамма-лучевым и нейтронным спектрометром. Собираемые Dawn сведения позволяют создавать визуальные фотокарты, топографические карты изучаемых объектов и карты минерального состава их поверхностей. Кроме того, на основе этих измерений ученые составляют карты магнитных и гравитационных полей, что в целом позволяет получить полное представление о поверхностях Весты и Цереры. Вдобавок к этому навигационные измерения при помощи радио и оптического оборудования дают информацию о внутреннем строении этих двух тел.



*Схематичное изображение АМС Dawn и ее научных приборов. Источник: NASA и лаборатория реактивного движения*

На момент запуска Dawn был самым большим межпланетным аппаратом NASA, если измерять его по крайним точкам обеих солнечных батарей. Сам космический аппарат длиной всего лишь 2,36 м – размером примерно с большой мотоцикл. Но размах развернутых панелей солнечных батарей (19,7 м) увеличивает его до размера грузовой фуры.



*Марк Рейман объясняет детали конструкции аппарата Dawn и его солнечных батарей на примере схематичного макета в коридоре рядом с рабочей комнатой Марка. Источник: Нэнси Аткинсон*

Коридор, в который выходит дверь комнаты Реймана в лаборатории реактивного движения, примерно 8,3 м длиной. Это длина одной из двух солнечных батарей Dawn. Рейман решил украсить этот коридор моделью батареи станции, чтобы он служил постоянным напоминанием сотрудникам его команды.

– Dawn отправился в полет так давно и теперь он так далеко от нас, что легко забыть, насколько эта станция на самом деле большая, – говорит он. – Эта модель помогает нам помнить, что Dawn – реальный, физический аппарат, а не просто какой-то источник данных на другом конце линии компьютерной связи.

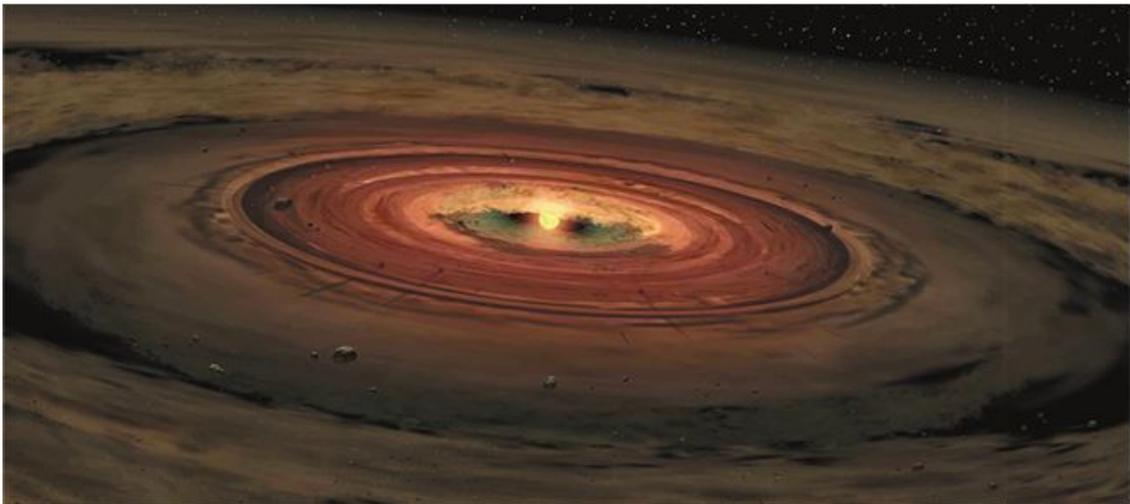
## Краткая история Солнечной системы в изложении Весты и Цереры

Солнечная система зародилась в результате концентрации сгустков газа и пыли, окружавших только что сформировавшееся Солнце 4,6 млрд лет тому назад. Большая часть газа и пыли в так называемом протопланетном диске слилась вместе, образовав планеты. Еще до этого момента материал диска разделился в зависимости от расстояния до Солнца: скальные тела сформировались ближе к источнику тепла, а ледяные объекты – дальше.

И в этом диске оказались скальные тела, которые так и не выросли достаточно, чтобы стать планетами. Некоторые ученые высказывают гипотезу, что особо мощные столкновения в ранней, погруженной в хаос Солнечной системе расколотили их на еще более мелкие части. Теперь эти оставшиеся скалистые «осколки» – астероиды, которые странствуют по Солнечной системе.

Поскольку эти остатки содержат свидетельства о ранних временах существования Солнечной системы, ученые давно стремились изучить их вблизи.

Большая часть астероидов сконцентрирована в астероидном поясе, области в форме пузырька, расположенной между орбитами Марса и Юпитера; небесные тела в ней обращаются на расстоянии от 300 до 600 млн км от Солнца.



*Так в воображении художника выглядит очень молодая звезда, окруженная газопылевым диском. Источник: NASA и лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Но, хотя Веста и Церера – два самых больших объекта пояса астероидов, не вздумайте называть их астероидами, как сказал мне Рейман.

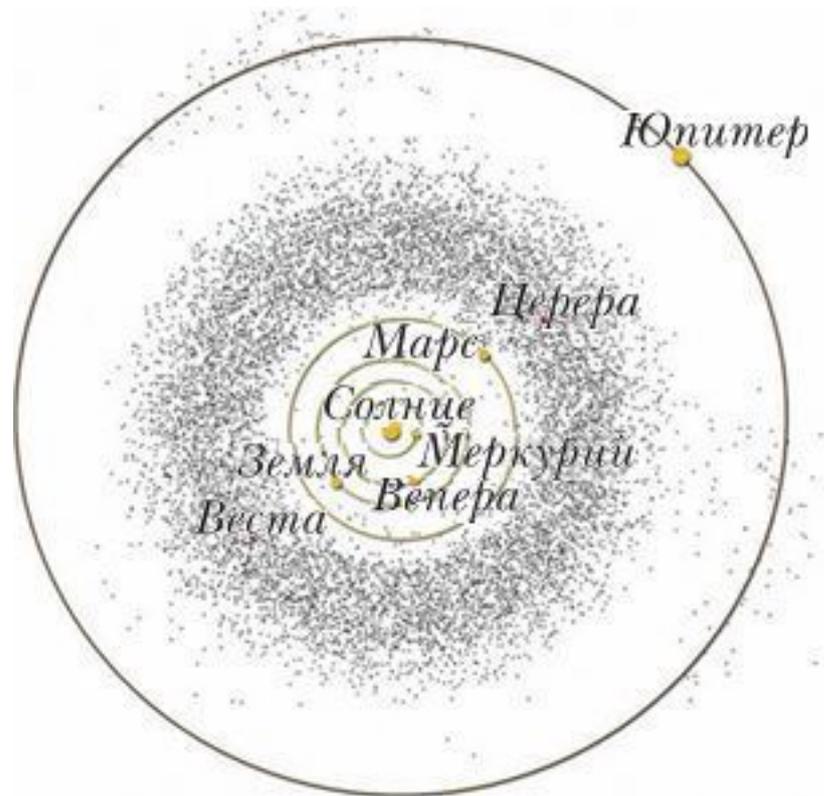


*Церера и Веста более близки по природе к наполовину сформировавшимся планетам, чем к летающим в космосе скалам, называемым астероидами. Источник: NASA и лаборатория реактивного движения*

– Многие до сих пор ошибочно считают, что Церера и Веста – это астероиды, – говорит он. – Но если рассматривать их геофизическую суть, то они никак не астероиды. Они по-своему крупные миры и несут признаки многих геологических процессов, характерных для планет.

Рейман предпочитает применять к ним термин «протопланеты» – и это означает, что они не сумели достаточно вырасти, чтобы стать настоящими планетами.

Одна из самых больших загадок этих двух протопланет заключается в том, почему они так не похожи друг на друга.



*Пояс астероидов в схематичном изображении. Источник: NASA и компания McREL*

– Несмотря на то что и та и другая дают нам понимание условий и процессов, имевших место в ранний период существования Солнечной системы, они в своем развитии пришли к разным видам астрономических объектов, – объясняет Марк Рейман. – Веста – это сухой, каменистый, но очень интересный мир. Церера, в отличие от нее, может располагать большим количеством льда и, может быть, еще и подповерхностным океаном.

Глубокие различия в геологии этих двух протопланет, которые развивались в такой близости друг от друга, утверждает Рейман, позволяют перебросить мост между скалистыми планетами внутренней части Солнечной системы и ледяными мирами ее внешней части.

## Комета, астероид или планета?

Идущие в настоящее время дебаты по поводу того, является ли планетой Плутон, бледнеют по сравнению с тем, сколько копий было сломано по поводу Цереры и Весты. Им двоим простительно страдать от кризиса самоопределения.

Когда в 1801 году состоялось открытие Цереры, его автор, итальянский астроном Джузеппе Пиацци, решил, что ему удалось обнаружить комету, которая обращается вокруг Солнца между Марсом и Юпитером. Но другие астрономы установили, что она слишком большая для кометы, и тогда Цереру называли планетой – возможно, потому что считали, что она и есть та самая «потерянная планета», которая, согласно мнению многих астрономов, должна занимать пустое место между каменной красной планетой и газовым гигантом Юпитером. Но вскоре на орбитах, подобных орбите Цереры, были найдены новые небесные тела, что положило начало изучению главного астероидного пояса Солнечной системы.

Тогда Цереру стали считать астероидом, просто заявив, что она – самый большой астероид в Солнечной системе. Но в 2006 году Международный астрономический союз (МАС) произвел Цереру в карликовые планеты из-за ее размеров. Ее диаметр составляет 960 км.

Весту, которую открыли в 1807 году, тоже поначалу считали планетой, но затем вместе с Церерой переклассифицировали в астероиды. Она остается самым ярким объектом пояса астероидов и единственным, который можно наблюдать невооруженным глазом. Но, по всей видимости, Веста одной ногой стоит в категории астероидов, а другой – в категории малых тел Солнечной системы. Это новый термин, введенный МАС в 2006 году, чтобы описать те объекты Солнечной системы, которые не являются ни планетами, ни карликовыми планетами. Веста значительно больше, чем все остальные объекты астероидного пояса: ее соседи не превышают 100 км в поперечнике, а средний диаметр Весты составляет 520 км.

– В Весте сосредоточено от 8 до 10 % массы главного пояса астероидов, – говорит Рейман, – а в Церере заключается еще 30 % от этой величины. Так что Dawn за один раз исследует около 40 % всего астероидного пояса, если рассматривать лишь массу.

Это большие величины, если учесть, что между орбитами Марса и Юпитера вокруг Солнца обращаются миллионы тел. Однако, вопреки тому, что мы привыкли видеть в кадрах научно-фантастических фильмов, среднее расстояние между объектами астероидного пояса находится в пределах от 1 до 3 млн км. Астероиды распылены по настолько огромному объему пространства, что по большей части пояс кажется пустым. Станции Dawn не пришлось уворачиваться от других астероидов по пути к точкам своего назначения.

## Множественность миров Марка Реймана

На столе и на комодe в кабинете Реймана в здании лаборатории реактивного движения выстроились рядами старые игрушечные космические корабли, модельки ракет из произведений научной фантастики, а рядом с ними – и модели настоящих космических ракет и аппаратов, например созданной NASA ракеты-носителя Saturn V и, конечно же, межпланетной станции Dawn. Эта коллекция – дань давнему увлечению Марка как реальными космическими исследованиями, так и фантастикой.

– Мы занимаемся тем, что исследуем две иные планеты, и делаем это с помощью двигательной системы, о которой я впервые услышал в сериале «Звездный путь»! – улыбаясь, замечает Марк. – Что может быть более захватывающим?

Он полюбил все космическое в четыре года, а к четвертому классу школы уже знал, что хочет получить докторскую степень по физике (что он и сделал годы спустя). В девять лет Рейман стал писать письма в NASA и другие космические и научные организации: в ответ ему обычно присылали упаковки с печатными материалами. За несколько лет у Реймана скопился большой комплект информации и атрибутики, связанной с космосом, – там были космические брошюры и сувениры из более чем пятидесяти стран.



*Так мог выглядеть полет автоматической межпланетной станции Deep Space 1 около астероида (9969) Брайль. Источник: NASA и лаборатория реактивного движения*

Рейман поистине разносторонний человек – и ученый, и инженер. В свободное от основной работы время он изучает физику элементарных частиц и космологию. Он опытный аст-

роном-любитель, фотограф и заядлый турист. А каждый вечер пятницы он отправляется на танцы.

Благодаря его кипучей природе и способности глубокомысленно и продуманно объяснять сложные темы Марк то разговаривает как серьезный ученый, популярно рассказывающий о космосе, то начитает сыпать космическими шуточками. Рейман любит излагать свои мысли в письменном виде и ведет посвященный полету АМС Dawn блог в Интернете, который называется Dawn Journal («Журнал Dawn»). Марк лично отвечает на вопросы интернет-пользователей. А еще он совместно с другими авторами посылает работы в периодическую брошюру комиксов Brewster Rockit: Space Guy! («Ракета Брюстер – космический парень!»).

– Никогда меня не покидала тяга к исследованию космоса и потрясение величием научных открытий, – говорит он. – Работа в лаборатории реактивного движения превратила мои мечты в реальность.

Будучи сотрудником лаборатории с 1986 года, Рейман принимал участие в разнообразных проектах и оказал помощь в планировании других проектов, от космических телескопов для обнаружения экзопланет до перспективного полета на Марс с целью доставки образца грунта оттуда. Одним из самых примечательных был проект аппарата, в полете которого испытывали десятки новейших технологий, причем все они нашли применение в конструкции единственной автоматической станции. Deep Space 1<sup>36</sup> стартовал в 1998 году и совершил близкие пролеты астероида и кометы, впервые<sup>37</sup> позволив нам взглянуть вблизи на ядро кометы.

Кроме того, в полете Deep Space 1 успешно была испытана на практике двигательная система, будто выскочившая прямо из научной фантастики, – **ионный двигатель**. Этот тип двигателей ранее еще ни разу не использовался для того, чтобы разгонять космический аппарат<sup>38</sup>, и без их применения такой сложный полет, который совершает Dawn, как и возможность выходить на орбиты двух различных космических тел по очереди, так и не осуществился бы.

– Ионная двигательная установка – остроумная штукавина, – рассказывает Рейман. – Честно говоря, сердце того, кто всю жизнь был фанатом научной фантастики, трепещет от мысли, что мы исследуем Солнечную систему на корабле с ионным двигателем!

---

<sup>36</sup> Произносится «Дип Спейс Уан», в переводе означает «Глубокий космос – 1». – *Прим. пер.*

<sup>37</sup> Впервые снимки ядра кометы с космического аппарата во время близкого пролета были получены двумя советскими аппаратами «Вега» в 1986 году, их объектом изучения была комета Галлея. – *Прим. пер.*

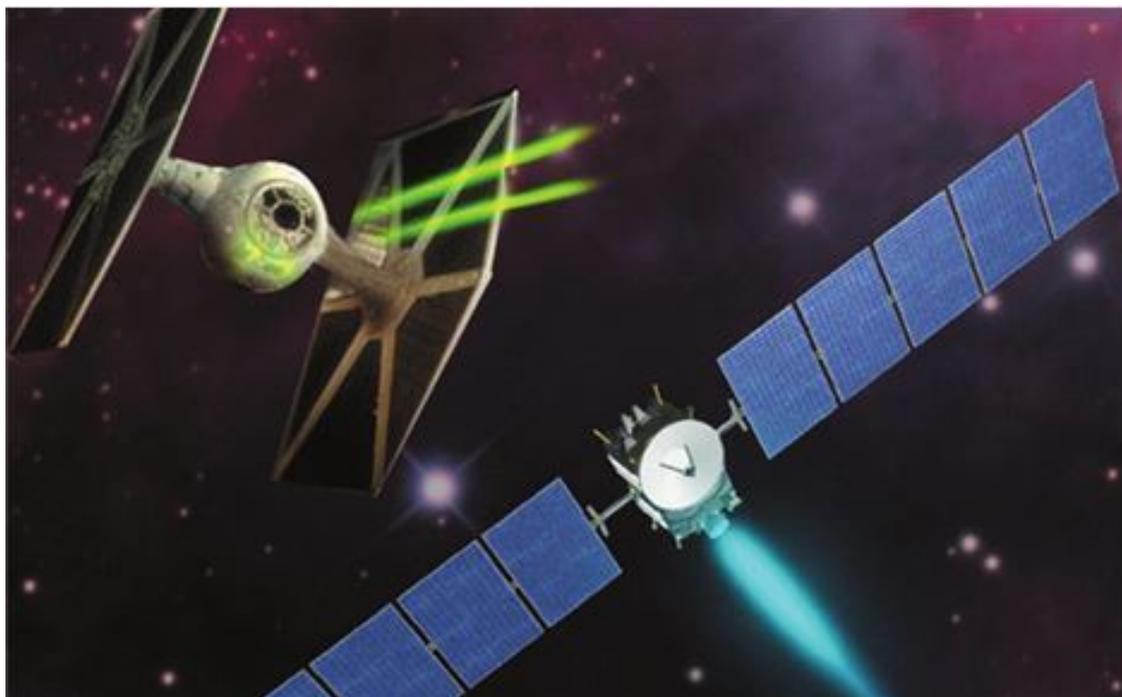
<sup>38</sup> То есть в качестве маршевого двигателя – основной двигательной установки аппарата. Различные типы вспомогательных электрореактивных двигателей применялись в космонавтике начиная с 1971 года. – *Прим. пер.*

## Ионные двигатели, или Что общего между наукой и научной фантастикой?

Долгое время ионные двигатели были коньком писателей-фантастов, авторов телевизионных шоу и кинофильмов. Все любители научной фантастики знают, что, если вам надо совершить быстрый межпланетный перелет на субсветовой скорости, надо воспользоваться космическим кораблем с «ионным приводом». Как упоминал Рейман, они встречались в сериале «Звездный путь» (в эпизоде «Мозг Спока») и играют ключевую роль в фильмах «Звездные войны», там имперские ТИЕ-истребители оснащены ионными двигателями (сокращение ТИЕ расшифровывается как «twin ion engine» – «двойной ионный двигатель»).

В день, когда в 2015 году на экраны вышел новый фильм «Звездные войны: Пробуждение Силы», Кери Бин, специалист управления полетом станции Dawn, а также закоренелый фанат космической фантастики, явилась на работу в лабораторию реактивного движения, одевшись в стиле Рей, главной героини фильма. Своим коллегам она представила развернутую лекцию, посвященную сравнению Dawn с имперскими истребителями.

– Идея изначально родилась у Марка Реймана, но я сама составила диаграмму полного сопоставления бортовых компьютеров и навигационных систем, – комментирует Бин. – Оба типа космических аппаратов оснащены солнечными батареями и, поскольку на Dawn есть дополнительный третий ионный двигатель по сравнению с двумя на ТИЕ-истребителях, то, получается, наш Dawn – TRI-истребитель!



*На этой картинке помещены вместе космический аппарат Dawn, на котором стоят три ионных двигателя, и имперский истребитель «ТИЕ» («twin ion engine» – «двойной ионный двигатель») из кинофильма «Звездные войны». Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Основательно углубившись в исследование, Кери выяснила, что в одном из ранних вариантов проекта Dawn на аппарат планировали поставить лазерный альтиметр, что замечательно совпадает с лазерными пушками имперских истребителей, стреляющими зелеными лучами,

но, к сожалению, этот альтиметр так и не вошел в окончательный вариант комплекта оборудования.

– Очень жаль, – говорит Кери, – потому что тогда бы Dawn был настоящим TRI-истребителем.

По ее словам, отчасти удовольствие от работы в команде проекта Dawn основывается на том, что здесь фантастика и наука как будто сливаются воедино.

– Ионные двигатели возникли в фантастике и в технике в одно и то же время, – объясняет она, – и с тех пор они сосуществовали в обеих областях. Обычно наука черпает свои идеи из фантастики, хотя бывает и наоборот, поэтому очень интересно, что писатели и ученые пришли к одной и той же идее независимо и примерно в одну и ту же эпоху.



*Кери Бин в костюме Рей из «Звездных войн». Источник: Кери Бин*

Первопроходец американского ракетостроения Роберт Годдард рассматривал ионную двигательную установку в своих работах еще в первом десятилетии XX века. Примерно тогда же британский писатель и астроном Дональд В. Хорнер опубликовал характерный для литературы того времени научно-фантастический роман под названием «Аэроплан к солнцу: приключения авиатора и его друзей», в котором упоминался межпланетный перелет при помощи двигателя на ионной тяге.

Лишь в 1959 году NASA испытало первый вариант ионного двигателя в вакуумной камере, но почти в то же время в популярном комиксе «Дик Трейси» появилось изображение «космического купе», бесшумного космического корабля на электрической тяге, который позволяет легко перемещаться между Землей и Луной. В следующем году два ионных двигателя были испытаны в коротком суборбитальном полете комического аппарата SERT-1 – из них сработал только один.

Дальнейшее развитие электрореактивного принципа движения застопорилось, потому что NASA занялось программой отправки астронавтов на Луну, но к моменту, когда первая серия «Звездных войн» вышла на экраны, интерес к этой технологии вновь ожил. В 1990-

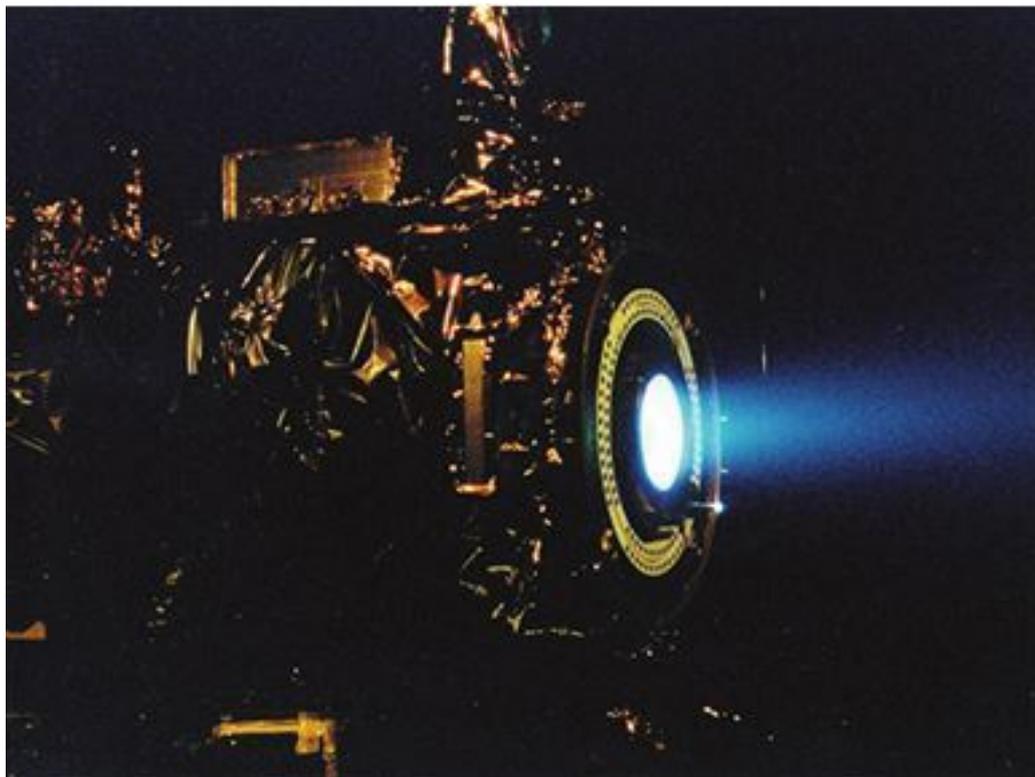
х годах лаборатория реактивного движения начала работу над проектом NSTAR («Подготовка NASA к использованию солнечно-электрических двигательных установок», NASA Solar Electric Propulsion Technology Applications Readiness), целью которого была разработка ионных двигателей для операций в глубоком космосе.



*Ионный двигатель NSTAR. Источник: Исследовательский центр имени Гленна, NASA*

С 1996 по 1997 год прототип ионного двигателя проходил долговременные проверки в вакуумной камере, где создавались условия, имитирующие те, которые существуют в межпланетном пространстве. Двигатель справился блестяще и проработал более 8000 часов. По следам этого успеха NASA решило испытать свой новый ионный двигатель в космосе. Deep Space 1 выполнил свою задачу, превысив все возлагавшиеся на него ожидания; его двигатель давал тягу в сумме 16 000 часов. Позже, с 2003 по 2006 год, Европейское космическое агентство управляло полетом автоматической межпланетной станции SMART-1 с ионным двигателем, которая работала на орбите Луны.

Но настоящая связь между техникой и фантастикой заключалась в самом названии: именно благодаря Рейману двигатели стали называться ионными.



*Ионная двигательная установка NSTAR автоматической межпланетной станции «Deep Space 1» во время огневых испытаний в лаборатории реактивного движения. Источник: Исследовательский центр имени Гленна, NASA*

В то время, когда полет аппарата Deep Space 1 только готовился, официального наименования у этого типа двигательных установок еще не было. Одни хотели называть такие двигатели NSTAR, другие предпочитали сокращение SEP от Solar electric propulsion («Солнечно-электрическая двигательная установка»). У Реймана возникла другая идея.

– Вместо того чтобы использовать наименование, ничего не говорящее большинству технических специалистов, мне показалось более оправданным выбрать такое слово, которое знал бы каждый инженер, – говорит он. – Это послужит преимуществом в будущем, когда новые проектировщики космических аппаратов станут выбирать, какой технологией им лучше воспользоваться.

Но, поскольку Рейман всю жизнь бредил космосом, у него возник и дополнительный довод:

– NASA существует на деньги налогоплательщиков, и, на мой взгляд, мы делаем свою работу в интересах не только ученых и инженеров, но еще и этих же налогоплательщиков, – выражает Марк свою позицию. – Я всегда придерживался той точки зрения, что мы должны держать общество в курсе того, чем занимаемся. И я считаю, что часть наших обязанностей – говорить о сложных вещах в терминах, понятных любому человеку.

Стремясь найти способы завоевать общественный интерес, Рейман решил называть двигатели такого типа ионными.

– Это слово точно описывает принцип их действия, – объясняет он, – и, несмотря на то что наукой я увлекаюсь больше, чем научной фантастикой, я очень люблю фантастику, и я помнил о том, что ионные двигатели часто упоминались в «Звездном пути», «Звездных войнах» и других произведениях. И, даже если вы не знаете, что такое ионный двигатель на самом деле, это название звучит куда как интригующе.

Такова не очень известная история того, как эта замечательная двигательная установка получила свое название.

## **Обычные ракеты в сравнении с ионными**

Основная идея всех двигательных систем, которые применяются в космосе, одна и та же: требуется создать достаточную реактивную тягу, чтобы толкать вперед космический аппарат. Простейшая ракета – это закрытый сосуд, внутри которого рабочее тело – обычно газ или жидкость – содержится под большим давлением, и, если рабочее тело выталкивается давлением в направлении хвоста ракеты, это создает силу тяги, которая толкает ракету в противоположную сторону. Представьте себе наполненный воздухом резиновый шарик: когда вы разжимаете пальцы вокруг его горловины, воздух (то есть газ) выбрасывается наружу, и шарик начинает метаться по комнате.



*Ракета Saturn V с космическим кораблем Apollo 11, стартующая 16 июля 1969 года в Космическом центре имени Кеннеди. На борту корабля – астронавты, которым предстояло стать первыми людьми, совершившими посадку на Луну. Источник: NASA*



*Автоматическая межпланетная станция Dawn (ее имя означает «Рассвет») была запущена на рассвете, в 7 часов 34 минуты утра по времени восточного побережья США, с*

*базы ВВС США «Мыс Канаверал» 27 сентября 2007 года. Ей предстояло показать землянам рассвет Солнечной системы – сведения о тех давних временах мы смогли получить, изучив Весту и Цереру. Источник: Космический центр имени Кеннеди / NASA*

Когда говорят о ракетах, как правило, людям в голову приходит представление об обычной химической ракете, наподобие тех больших и мощных ракет, при помощи которых стартовали к Луне астронавты Apollo или космические «челноки», выходящие на орбиту. Эти ракеты получают тягу в результате химической реакции, нагревающей рабочее тело, которое затем по специальному каналу на большой скорости выводится за пределы ракеты, формируя мощный пламя. В результате развивается гигантская сила тяги – на короткое время, достаточное, чтобы оторвать ракету от Земли и вывести ее в космос.

Ионный двигатель действует иным образом: его тяга маленькая, но действует она на протяжении гораздо более длительного времени. И как раз время и есть здесь самое главное.

Ионные двигатели работают при посредстве газа, обычно это ксенон – неядовитый благородный газ, который встречается в природе. Этот газ ионизируется: через него «шарахают» мощным электрическим разрядом, и из-за этого частицы отталкиваются друг от друга. Ионизированный газ ускоряется в электрическом поле в задней части двигателя – таким образом создается тяга.

Тогда как обычные ракеты работают несколько минут до момента, когда они израсходуют все топливо, после чего продолжают лететь к пункту своего назначения по инерции, ионные двигатели функционируют почти постоянно, используя небольшое количество топлива.

– Ионные двигательные установки гораздо более эффективны, чем обычные химические ракеты, потому что они могут превращать электрическую энергию, которую получают при помощи панелей солнечных батарей, в силу тяги, – объясняет Рейман. – Химические двигательные установки располагают только той энергией, которая запасена в компонентах топлива.

На борту Dawn имеется 425 кг рабочего тела – ксенона, – и за секунду он выбрасывает лишь около 3,25 мг (около 280 г за сутки) в режиме работы с максимальной тягой. Для сравнения: ракетные двигатели, которые используются для вывода шаттла на орбиту, пожирают 1,1 млн кг топлива всего лишь за 100 секунд работы<sup>39</sup>.

Есть у ионных двигателей один недостаток: они слишком слабы, чтобы за короткий промежуток времени поднять космический аппарат над поверхностью Земли. Для того чтобы этого достичь, требуется резкое, мощное ускорение, которое обеспечивают химические ракеты, способные преодолевать силу тяготения нашей планеты.

Рейман описывает работу ионных двигателей словами «ускорение с долей терпения». Они не действуют молниеносно: Dawn требуется около четырех суток, чтобы увеличить свою скорость от нуля до приблизительно сотни километров в час.

Да-да, вы все прочитали и поняли правильно.

Рейман поднимает на ладони листок бумаги.

– Ионный двигатель давит на аппарат с той же силой, как этот единственный лист бумаги давит на мою ладонь, – говорит он.

Каким бы ничтожным и неважным это давление ни казалось, объясняет Марк, в сумме за все время полета станции общее приращение скорости, полученное ею от ионных двигателей, сравнимо с той величиной импульса, которую большая ракета Delta II придала ей же, чтобы унести Dawn прочь с поверхности Земли в глубины космоса за пределы околоземной орбиты.

---

<sup>39</sup> Судя по приведенным величинам, речь о суммарном расходе топлива двух стартовых твердотопливных ускорителей Space Shuttle за время их совместной работы на начальном участке полета многоразовой транспортной космической системы. – *Прим. пер.*

Так происходит потому, что ионные двигатели работают тысячи дней, а ракета типа Delta действует лишь недолгий промежуток времени порядка минут.

А в космическом пространстве ионный двигатель работает замечательно.

– В условиях нулевой силы тяжести и отсутствия трения в космическом полете аппарат под действием тяги постепенно набирает скорость, – говорит Рейман. – Полное приращение скорости Dawn с момента его отделения от ракеты составило 39 600 км/ч. Можете это сравнить с величиной в 28 160 км/ч – такую скорость требуется набрать, чтобы попасть с поверхности Земли на низкую околоземную орбиту.



*Рабочие фиксируют созданную NASA межпланетную станцию Dawn на космическом разгонном блоке перед ее запуском в 2007 году. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Ионные двигатели суперэффективны в отношении расхода топлива, когда речь идет о маневрах в полете.

– Типичному аппарату, предназначенному для работы у Марса, может потребоваться около 270 кг топлива для того, чтобы выйти на орбиту Красной планеты, – заявляет Рейман. – Со своей ионной двигательной установкой Dawn мог бы проделать тот же маневр, израсходовав на это меньше 27 кг ксенона.

Если бы потребовалось сконструировать традиционный ракетный аппарат, способный на то, для чего предназначена станция Dawn, то есть посещать различные планетные тела, то его пришлось бы снабдить таким количеством топлива, что он стал бы чрезмерно тяжел для запуска с Земли.

На Dawn стоят три 30-сантиметровых ионных двигателя. Однако лишь один агрегат из трех работает в каждый момент времени. За все планируемое время полета общее время работы двигателей составит 2020 дней – то есть почти шесть земных лет. Единственные регулярные перерывы, которые делаются в их работе, – по несколько часов в течение каждой недели – нужны затем, чтобы станция развернулась антенной к Земле и выполнила отправку и получение данных.

На Dawn также стоят маленькие гидразиновые двигатели ориентации и устройства, называемые **двигателями-маховиками**, с помощью которых она управляет своим положением в пространстве. Ионные двигатели работали практически безупречно на протяжении всего полета, а двигатели-маховики создали самые большие трудности для команды инженеров проекта. То, что случилось в 2012 году, могло привести к его аварийному завершению.

## Инженеры спасают ситуацию

Бин говорит, что ее работа в качестве специалиста управления полетом выглядит как нормальная офисная работа – как у миллионов других людей.

– Я сижу за своим компьютером, отвечаю на сообщения по электронной почте, хожу на рабочие совещания, – рассказывает она. – Но конечный результат этой деятельности не совсем такой, как у других.

Бин отдает команды космической станции. И та их выполняет.



*Голдстоунский комплекс дальней космической связи, расположенный в калифорнийской пустыне Мохаве, является одним из трех комплексов, составляющих эксплуатируемую NASA Сеть дальней космической связи (Deep Space Network, DSN). Эта сеть обеспечивает радиосвязь со всеми автоматическими межпланетными станциями NASA, а также задействуется в радиоастрономических проектах и радарных наблюдениях объектов Солнечной системы и остальной Вселенной. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Ее должность в рамках проекта Dawn называется **специалист по научному планированию**.

– Мне нравится думать, что я переводчик, – говорит Кери, – который обеспечивает общение между командой ученых и командой инженеров, и мне нужно следить, чтобы ученые получали всю информацию, которую они хотят получить, но при этом мы бы не выходили ни за какие инженерные ограничения.

Вспомним, что численность команды специалистов марсохода Curiosity достигала сотен ученых и инженеров; станцией Dawn занимаются около 40 инженерных и 80 научных специалистов со всех концов света.

– Наша команда крошечная, но нам удастся добывать громадное количество самой интересной научной информации, – говорит Бин.

В отличие от марсианского аппарата Curiosity, который выходит на связь с Землей почти ежедневно, Dawn связывается с Сетью дальней космической связи лишь один-два раза в неделю. Поэтому все, что происходит во время этих сеансов, – независимо от того, отправляет ли Dawn собранные данные на Землю или получает новые инструкции, – должно быть тщательно спланировано заранее.

Кери Бин стала участником проекта в 2013 году, но она гордится тем, что принадлежит к команде искусных и талантливых инженеров, которые буквально спасли проект Dawn. Им пришлось разрабатывать новые способы управлять аппаратом в результате непредвиденных событий, которые могли привести к фатальной аварии. Их остроумные изобретения заставили бы гордиться даже прирожденного космического механика Скотти из «Звездного пути».

Двигатели-маховики Dawn – это похожие на гироскопы механизмы, которые служат и для стабилизации, и для поворотов аппарата в тех случаях, когда нужно развернуть его научные приборы в сторону объекта изучения или направить главную антенну на Землю. На борту космического аппарата имеется четыре таких маховика, и в нормальной обстановке требуется работа трех из них. Но два двигателя-маховика на Dawn вышли из строя; первая авария случилась в июне 2010 года, а вторая – в августе 2012-го.

– Две неисправности такого типа могли поставить под угрозу все, – описал ситуацию Рейман. – В других полетах из-за аварий маховиков наступали самые печальные последствия. Просто чудо, что специалистам полета Dawn удалось не только преодолеть эти последствия, но еще и выполнить все поставленные задачи и даже превзойти первоначальные планы и ожидания от проекта.

Вначале команда управления полетом придумала обходной путь с применением гидразиновых двигателей ориентации для того, чтобы компенсировать потерю двух маховиков и использовать оставшиеся два лишь во вспомогательной роли. Но, поскольку запас гидразина на борту ограничен и отчаянно важен – в момент, когда гидразин закончится совсем, полет будет завершен, – инженеры постарались сделать все, чтобы снизить его расход. Они проанализировали более пятидесяти различных вариантов действий, и в результате вместо плановых 12,5 кг гидразина за время перелета и выхода на орбиту Цереры Dawn потратил всего лишь 4,4 кг – экономия топлива составила изумительные 65 процентов.



*Три отшлифованных среза метеоритов особого класса: как подтвердил полет американской автоматической межпланетной станции Dawn, местом их происхождения является Веста. Три вида метеоритов, известные как говардит, эвкрит и диогенит, сфотографированы при помощи поляризационного микроскопа – при использовании этой техники различные минералы окрашиваются в разные цвета. Источник: NASA / Университет Теннесси*

– Благодаря присущей им изобретательности и одаренности, членам команды удалось продумать детальный план действий, нужных для того, чтобы Dawn могла закончить свой необычайный полет при помощи одних лишь гидразиновых двигателей в том случае, если два оставшихся маховика тоже выйдут из строя, – говорит Рейман.

В момент запуска запас гидразина на борту станции составлял 45,6 кг, а когда она покинула Весту, на ней все еще оставалось 32,3 кг. Поскольку два маховика продолжают функционировать, они дополнительно снижают расход гидразина, таким образом, по сути, продлевая длительность полета.



*Установленная на Dawn фотокамера для покадровой съемки получила это изображение, на котором виднеется южный полюс Весты и ударный бассейн Реясильвия. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей технического университета Брауншвейга (IDA)*

– Способность найти выход из ситуации с неожиданной и очень серьезной аварией, наподобие этой, является подлинным доказательством инженерного мастерства и изобретательности, – говорит Марк. – И ныне, невзирая на жесткие ограничения, которые накладывает новый способ управления космическим аппаратом, команде удалось добиться достижения ранее не предусмотренных целей в этом проекте. Это потрясающе.



*Снимок, сделанный космическим аппаратом NASA Dawn 24 июля 2011 года, демонстрирует каньоны, протянувшиеся вдоль экватора астероида Веста, включая борозды Дивалиши, которые превышают своим размером Большой каньон на Земле. Эти каньоны, вероятно, были созданы столкновениями различных тел с Вестой в районе ее южного полюса. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA)*

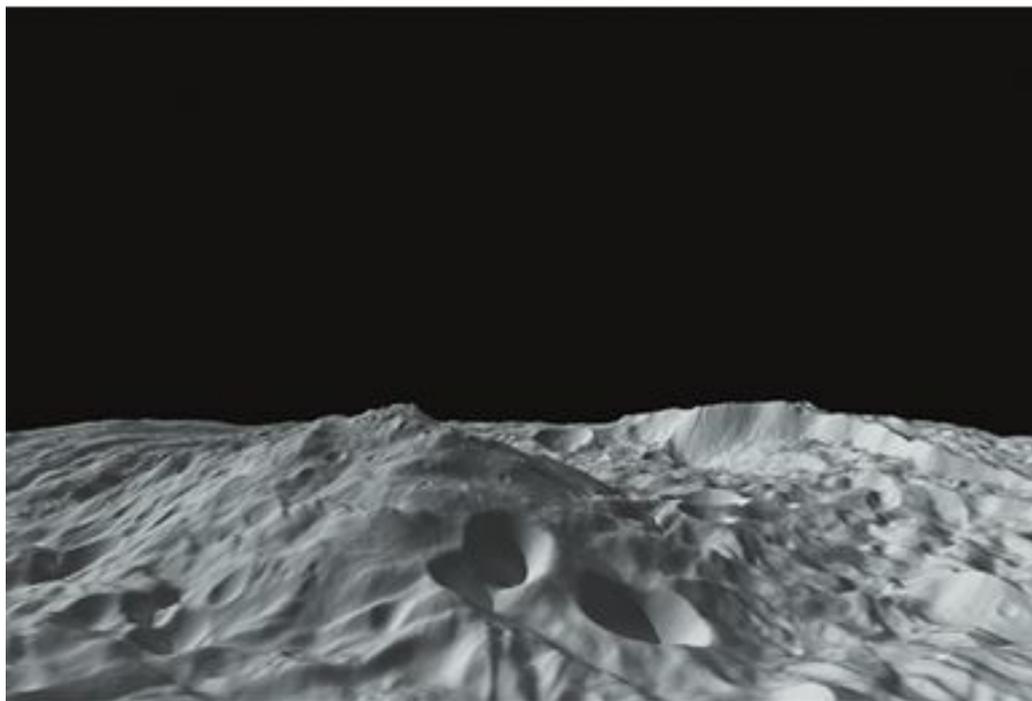
– Шесть процентов выпадающих на Землю метеоритов, то есть каждый шестнадцатый, происходят с Весты, – объясняет Марк Рейман. – Это очень заметное число. Мы практически уверены в том, что они раньше были кусочками Весты. Ее спектроскопическое изучение велось с Земли еще с 1970-х годов, а теперь Dawn положила конец всем сомнениям, доказав, что источником этих метеоритов действительно является Веста.

**Спектроскопия** позволяет расщепить свет, идущий от удаленного объекта, на составляющие его цвета, которые говорят ученым о том, из чего состоит этот удаленный объект. Спектры метеоритов такого типа и спектр Весты совпадали.

А теперь высококачественные данные спектрального анализа, полученные при помощи приборов Dawn, не только подтвердили, что изученные метеориты происходят с Весты, но и то – удивительный факт! – что «родиной» всех метеоритов является один гигантский ударный бассейн.

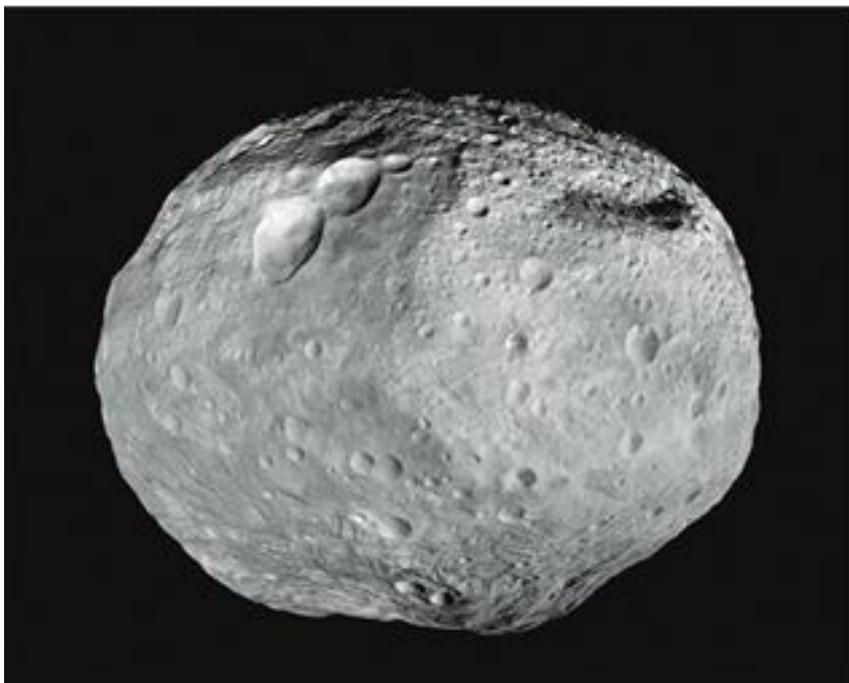
Dawn сделал снимки этого района, который был назван Реясильвия, – это большущий кратер более 500 км в диаметре. Внутри кратера возвышается крупная гора с поперечником 177 км, вершина которой в два с половиной раза выше, чем вершина высочайшей на Земле горы Эверест.

Кроме того, Реяильвия пересекается с более древним ударным бассейном Венейя размером 402 км. Эти два пересекающихся кратера изуродовали все южное полушарие Весты, придав ей вид слегка сдувшегося серого баскетбольного мяча.



*Уникальный вид вдоль наклонной линии или перспективный вид сбоку на район южного полюса Весты, созданный с применением трехмерной модели рельефа. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA) / Институт планетологии (PSI)*

– Мощнейшие удары в южном полушарии высвободили такое количество энергии, что все тело Весты сотрясалось и она была на грани разрушения, – описывает древние события Рейман. – По мере того как ударная энергия перемещалась внутри этого небесного тела, сеть из девяноста каньонов, где некоторые превосходят размерами земной Большой каньон, разверзлась вдоль экватора. Мы не могли предположить, что обнаружим такое удивительное явление. На Земле нет ничего похожего.



*Вид на полушарие Весты, на котором располагается цепочка кратеров, похожая формой на снеговика. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA) / Институт планетологии (PSI)*

Но все же Веста во многом подобна Земле. Автоматическая станция Dawn помогла составить первую карту Весты, обнаружив странный и разнообразный геологический ландшафт. Так же как на Земле, Марсе, Венере и Меркурии, на Весте имеются застывшие древние магматические потоки из базальта на поверхности и большое железное ядро. На ее поверхности наблюдаются подобные земным детали рельефа тектонического происхождения: рифтовые долины, хребты, скалы и холмы.

Так станция Dawn помогла подтвердить то, что давно предполагали ученые: Веста больше напоминает маленькую планету, чем типичный астероид. Она является примером сохранившейся «планеты-младенца», возникшей в самый ранний период истории Солнечной системы и пережившей множество жестоких столкновений в условиях астероидного пояса. Ничто из того, что мы можем видеть при помощи телескопов в поясе астероидов в наше время, не похоже на то, что Dawn увидела на Весте. Фотографии, полученные станцией, показывают, что Веста густо усыпана кратерами самых разных форм в безумных сочетаниях, в том числе хорошо заметен тройной кратер, который выглядит как снеговик.

– Жить в астероидном поясе значит постоянно подвергаться ударам и тычкам, – говорит Рейман. – На примере Весты хорошо видно, как выглядит тело, которое колошат уже 4 млрд лет. Но, возможно, она единственный оставшийся образец тех планетарных тел, которые, слившись когда-то вместе, образовали планеты с твердой поверхностью, такие как Земля или Марс.

Детально изучив Весту – это заняло больше времени, чем изначально планировалось, – АМС Dawn покинула ее окрестности и отправилась в путешествие длиной в два с половиной года, конечной точкой которого была Церера.

## Никаких «минут ужаса»

Зная, что Dawn совершила несколько не имеющих аналогов маневров в космосе, дважды выйдя на орбиту небесного тела и один раз ее покинув, вы можете предположить, что в ее полете не раз случались моменты, подобные «минутам ужаса», которые сопровождали посадку марсианского ровера Curiosity. Однако, когда Dawn выходила на орбиту Весты, в Центре управления полетом никого не было и царил темнота. Марк Рейман ушел на танцы вместе с женой. И точно так же, когда Dawn выходила на орбиту Цереры, большинство сотрудников проекта находились дома и, вероятно, спокойно спали.

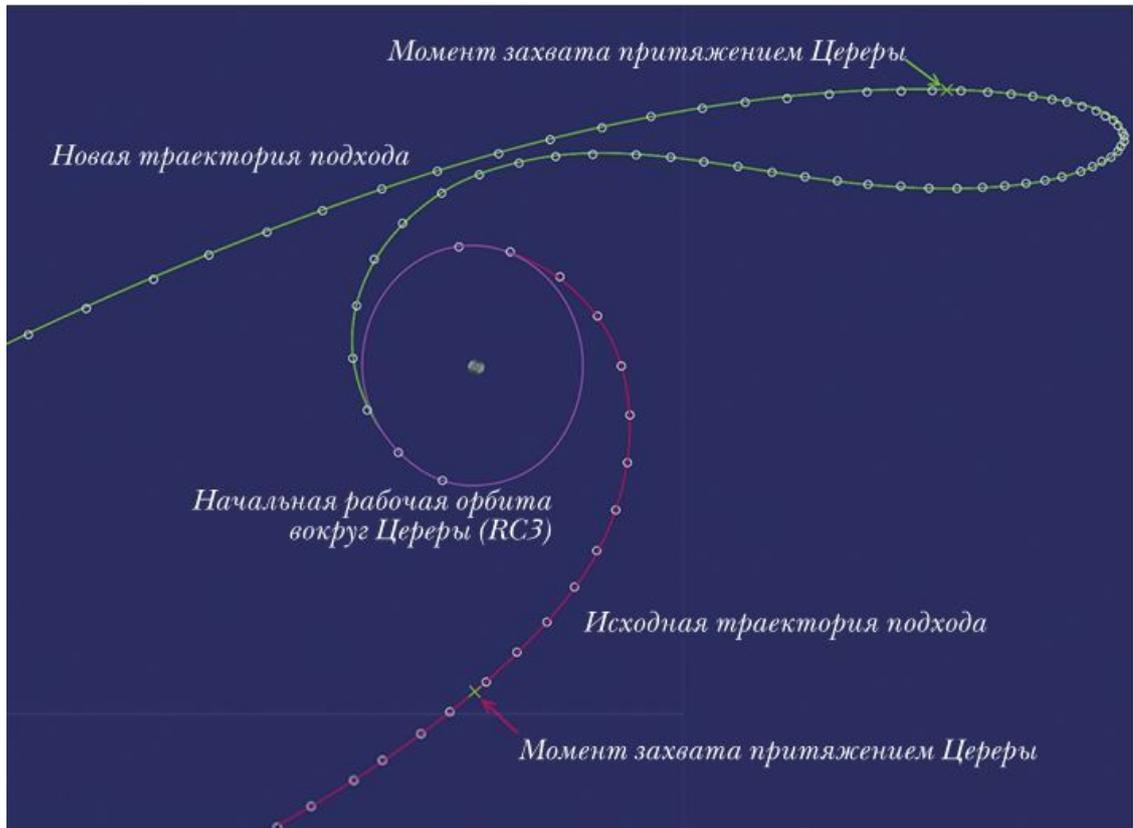
– Этот процесс в корне отличался от того, что происходило в других полетах с выходом на орбиты вокруг небесных тел, – объясняет Рейман. – И здесь Веста или Церера как таковые ни при чем: все дело в особенностях полета на ионном двигателе.

Вместо того чтобы во время маневра включать двигатели большой тяги на полную мощность, станция Dawn мягко «соскользнула» на нужную орбиту, позволив тяготению планетарного тела захватить себя и начать понемногу притягивать по мере того, как сам аппарат двигался по спирали с сужающимися витками до тех пор, пока не достигал правильной целевой орбиты. Таким же образом, покидая Весту, Dawn увеличивала высоту орбиты, двигаясь по все более широким виткам до тех пор, пока не оказалась настолько далеко, что гравитационная привязь Весты перестала удерживать ее.

– Когда Dawn выходит на орбиту или сходит с нее, она движется максимально плавно, грациозно и постепенно выполняет эти поистине судьбоносные маневры, – говорит Рейман. – При этом нет никаких моментов уровня «сделай или умри». Если бы во время нашей попытки выхода на орбиту случилась проблема или сбой оборудования аппарата, мы бы просто постарались повторить выход в другой день. Эта возможность недоступна с другими типами двигательных установок.

После запуска Dawn команда управления потратила несколько лет на то, чтобы сформировать орбиту станции вокруг Солнца таким образом, чтобы, когда станция приблизится к Весте четыре года спустя, она следовала бы практически по той же траектории, что и сама Веста, – относительная скорость сближения с целью составила около 88 км/ч.

– По этой причине, если бы возникла проблема и мы не смогли бы следовать исходному плану полета, Dawn продолжала бы движение на малой относительной скорости. Мы имели бы возможность скорректировать путь станции так, чтобы просто прибыть позднее, – объясняет Марк Рейман. – Это устраняет все проблемы, связанные с тем, что обычно такой маневр можно выполнить лишь один раз.



*Графическая схема, на которой показан старый и новый пути подхода космического аппарата Dawn к Церере. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Хотя Рейман признает, что критические моменты украшают любой полет с точки зрения внимания публики, он ничуть не жалеет, что коллектив управления полетом Dawn оказался обделен такими переживаниями.

– Я по-настоящему волнуюсь, когда изучаю иные миры, – говорит он.

Но в ходе этого полета случались и периоды нервозности, когда хотелось грызть ногти, – например, во время аварий двигателей-маховиков. И еще, когда в сентябре 2014 года Dawn была на пути к Церере, внезапно отказала ионная двигательная установка. Проанализировав на Земле состояние космического аппарата, инженеры пришли к выводу, что виной тому космический луч – частица космической радиации, которая попала в компонент электрооборудования аппарата, заставив ионный двигатель выключиться, а саму станцию перейти в безопасный режим. Менее подходящий момент для этого трудно было найти.



*Эта фотография Цереры была сделана станцией Dawn 1 марта 2015 года, за считанные дни до того, как она вышла на орбиту вокруг этого ранее не изученного мира. На снимке Церера выглядит как месяц, большая часть ее видимого полушария погружена в тень, потому что траектория аппарата вывела его к противоположной от Солнца стороне Цереры. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA)*

– Хотя мы не беспокоились о том, что можем промахнуться мимо Цереры, – рассказывает о том случае Рейман, – у нас уже был составлен очень замысловатый план по поводу того, как лучше всего выходить на ее орбиту. А теперь, как снег на голову, прилетела вдруг эта единственная элементарная частица, и из-за нее нам пришлось изобретать совершенно новую траекторию. Вот тогда нам некогда было расслабляться, управляя нашим межпланетным кораблем!

Сотрудники команды работали, определяя причину происшествия и способ устранения неисправности, занимались перенастройкой космического аппарата для нормального использования и очень быстро разрабатывали новую траекторию полета.

– Выводить станцию из безопасного режима – нешуточное дело, – говорит Бин. – Инженерам приходилось работать круглосуточно. Но мы были вознаграждены тем, что нам удалось сделать очень интересные научные наблюдения и получить фантастические снимки, которые не удалось бы сделать, следуя мы исходному плану.

Двигаясь по новой траектории, Dawn приближалась к Церере с теневой стороны, и для станции открывался вид на ее северное полушарие: наполовину озаренная солнечными лучами, Церера выглядела как красивый серп.

– Увидеть ее с этой перспективной точки мы вначале не планировали, – говорит Рейман. – С моей точки зрения, та петля, которую мы выписали в космосе, сделала бы честь любому летчику-асу! Мы прошли по ней с блеском и заодно пронаблюдали поразительные виды Цереры.

По мере того как Dawn подходила все ближе и ближе к Церере, загадочные пятна становились все ярче, и их становилось видно все больше.

– Глаз невозможно было оторвать от этих сияющих маяков, – добавляет Рейман, – которые, казалось, освещали наш путь. При взгляде на них так и хочется прислать космического разведчика, чтобы понять, что же они такое, – и именно это мы и проделали.

## «Рассвет» на Церере

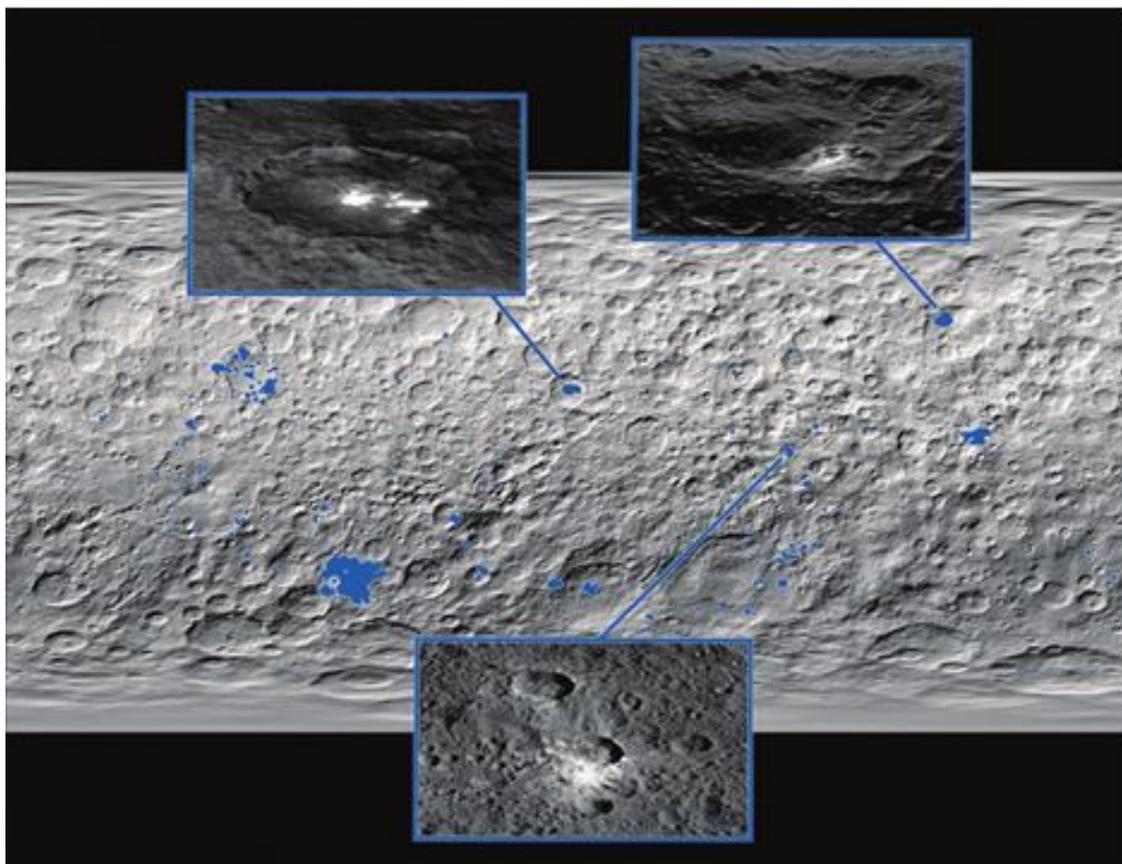
– Церера – большой мир, – разъяняет Марк Рейман. – Ее площадь равна 37 % площади континентальной территории Соединенных Штатов Америки. Подумайте о том, каким многообразием и красотой отмечена география, топография и геология нашей обширной страны. И это дает возможность понять, как удивительно и разнообразно то, что мы наблюдаем на Церере.

На снимках Dawn были замечены загадочные формы ландшафта и другие особенности, которые свидетельствуют о том, что Церера – уникальный мир. Конечно же, яркие области в кратере под названием Оккатор – одни из самых захватывающих ее черт. Намек на их существование появился более десяти лет назад – их удалось рассмотреть на снимках, полученных с помощью космического телескопа «Хаббл», и эти светлые пятна с тех пор оставались загадкой. Они же послужили поводом для многочисленных домыслов и пересудов в обществе.



*Яркие пятна на поверхности вблизи центра кратера Оккатор хорошо видны на этом снимке в усиленных цветах. Это изображение получено из комбинации снимков, сделанных АМС Dawn в феврале 2016 года в масштабе разрешения 35 м на пиксель, с добавлением цветных снимков меньшего разрешения, полученных в сентябре 2015 года. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA) / Институт планетологии (PSI)*

Рейман много раз выступал публично и отвечал на вопросы в Интернете. Он говорит, что один из самых частых вопросов был о том, не являются ли яркие пятна на Церере инопланетным городом.



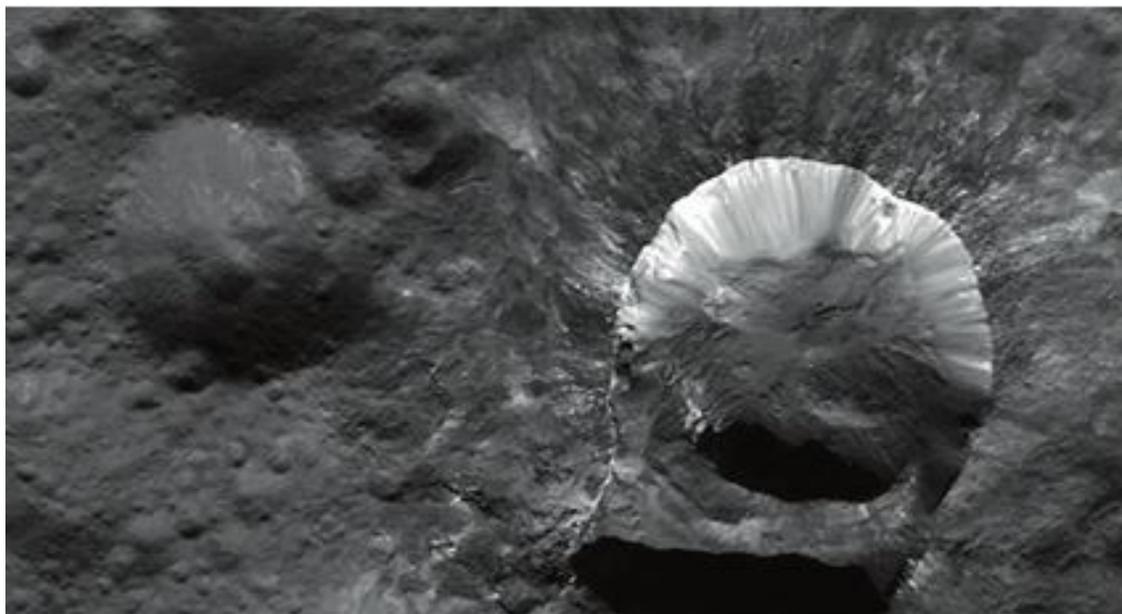
*Данная карта Цереры, составленная на основе снимков американской АМС Dawn, демонстрирует расположение около 130 участков повышенной яркости на поверхности карликовой планеты – они показаны синим цветом. Большая часть этих ярких областей связана с кратерами. Три врезки показывают увеличенный вид трех отдельных примечательных участков. Кратер Оккатор, в котором находится самое яркое из светлых пятен на Церере, показан слева вверху. Вторая по яркости деталь поверхности Цереры – кратер Оксо – видна справа вверху. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA)*

Что же отвечает на это Рейман?

– Это нелепо! Откуда вы вообще знаете, что церериане живут в городах? Может быть, они все деревенские жители или группируются в большие государства. Мы пока знаем о церерианах слишком мало, чтобы выносить суждения об их географическом группировании. Таков мой ответ с позиции любителя научной фантастики, – улыбается он. – Надо признаться, даже если учитывать, что эти светлые области наверняка не признак наличия жизни, очень трудно удержаться, чтобы не думать о таких вещах. И это напоминание о том, что мы обитаем в огромной, сложной и прекрасной Вселенной и где-то в ней обязательно должна быть жизнь...

Однако сотрудники научной команды Dawn понимали, чем могут быть эти светлые пятна: большие отложения минеральных солей, оставшиеся в местах выхода на поверхность грунтовых вод, которые испарились в результате сублимации. Изучение этих отложений показывало, что они могут быть похожи по составу на смесь карбоната и бикарбоната натрия. На Земле мы в быту называем эти вещества кальцинированная сода и пищевая сода.

– Всем нравилось думать, что светлые области имели что-то общее с инопланетянами, – говорит Марк, – но мне кажется особенно забавным, что на самом деле у них оказалось нечто общее с товаром, который на Земле вы можете найти в любом отделе бакалеи.



*Кратер Оксо на Церере (виден в правой части снимка) – единственное на этой карликовой планете место, где на данный момент было зарегистрировано наличие воды на поверхности. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA) / Институт планетологии (PSI)*

На Церере имеется более 130 светлых пятен, большая часть которых расположена в ударных кратерах. То, что они распределены по всей поверхности, как утверждают ученые из команды Dawn, говорит о том, что на Церере имеется подповерхностный слой, содержащий соленый водяной лед. Удары, которые формируют кратеры, выносят на поверхность эту смесь льда и соли.

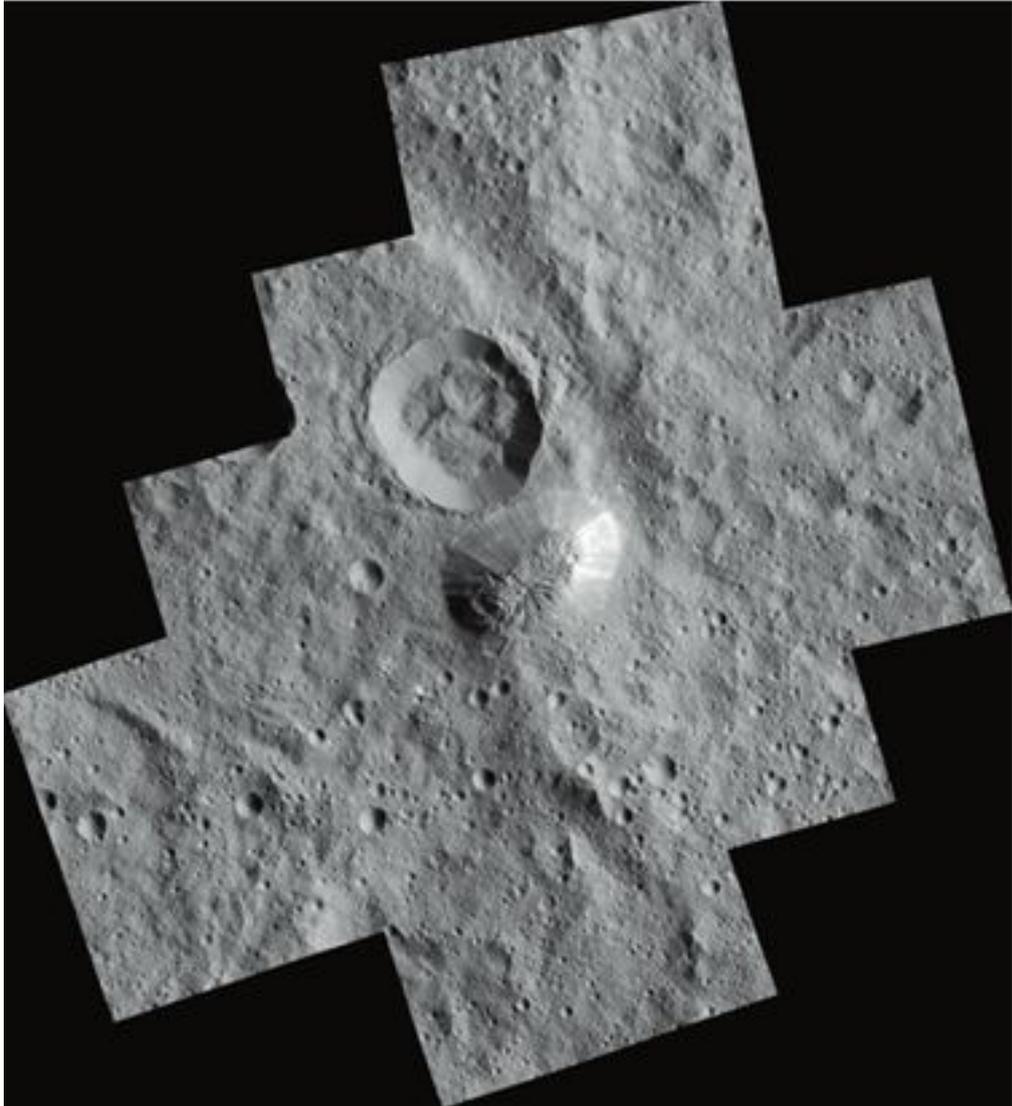
Рейман говорит, что эти соли обладают высокой отражающей способностью и имеют для наших глаз светлый цвет. Кроме того, предположительно, над кратером Оккатор и другими областями с яркими пятнами имеются рассеянные облака водяного тумана, а это означает, что испарение льда продолжается и сейчас. Эта находка может служить подтверждением наличия водяного пара, окружающего Цереру, который был замечен в 2014 году при помощи принадлежащего Европейскому космическому агентству космического телескопа «Гершель».

К удивлению многих, Церера оказалась геологически активным телом.

– Церера – единственное крупное скально-ледяное тело во внутренних областях Солнечной системы, – говорит Марк Рейман, – и она не испытывает воздействия приливных сил, которые могли бы разогревать ее изнутри, как это происходит со спутниками Юпитера и Сатурна. Но она получает больше падающего на нее солнечного света, поэтому изучать динамику процессов этого мира так захватывающе интересно. Наши находки согласуются с гипотезой, что на Церере есть большое количество воды, и многое говорят о ее внутреннем строении.

Хотя ученые точно знают, что на Церере есть вода, их задача в настоящее время – выяснить, вся ли она находится в замерзшем состоянии или под поверхностью планеты имеется

жидкая. Некоторые факторы указывают на то, что подповерхностные залежи состоят из льда: плотность Цереры меньше, чем плотность земной коры, и спектральный анализ говорит о том, что на поверхности есть водосодержащие минералы. По мнению ученых, Церера может на 25 % состоять из льда, а это больше, чем суммарно составляют все запасы пресной воды на Земле.



*Таинственная гора Ахуна видна в центре этой мозаики снимков, полученных с Dawn. Станция сделала их с орбиты малой высоты, 385 км, на которой проводилось картографирование ландшафта в декабре 2015 года. Со стороны своего наиболее крутого склона гора имеет высоту около 5 км. Диаметр горы Ахуна составляет примерно 20 км. Исследователи заняты изучением процессов, которые могли привести к формированию такой детали рельефа. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA) / Институт планетологии (PSI)*

Еще автоматическая станция Dawn занята изучением необычной горы под названием Ахуна.

– Сперва мы ее назвали Одинокой Горой, – рассказывает Рейман. – Она стоит на довольно плоской равнине и резко выпирает из нее своими коническими склонами. Склоны горы исчерчены полосами – светлыми на одной стороне и темными на другой, и похоже, что какие-то предметы скатывались с ее крутых откосов. К сожалению, некоторые по ошибке называют ее пирамидой, но мы видим, что она скорее похожа на конус с плоской вершиной.

И Ахуна – не какой-то там маленький холмик. Ее высота превышает 6000 м, и она выше, чем Денали<sup>40</sup>, высочайший пик Северной Америки.

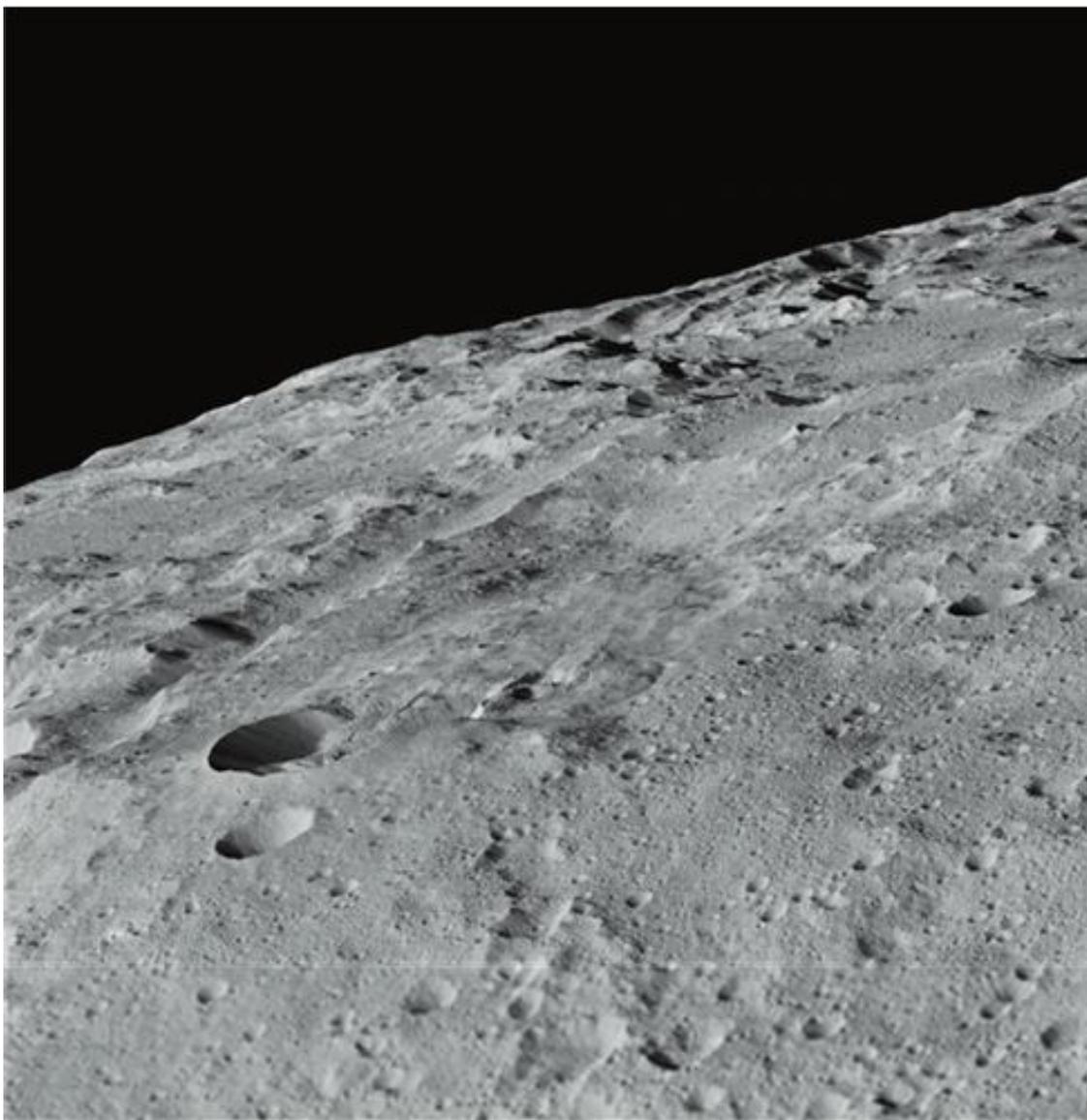
– Окажется она вулканом или нет, – рассуждает Рейман, – но, изучая эту деталь рельефа, мы сможем узнать что-то важное о скрытых геологических процессах, идущих на Церере. Это сложный и находящийся в движении мир, а не просто куча камней и льда. Церера – подлинный мир!

---

<sup>40</sup> Расположенная в штате США Аляска гора высотой 6190 м над уровнем моря, которая с 1896 до 2015 года называлась Мак-Кинли в честь 25-го президента Соединенных Штатов. – *Прим. пер.*

## До конца...

Завершение основной программы полета Dawn было запланировано на конец 2016 года, но имелся некий ничтожный шанс на то, что работа станции сможет продолжиться еще несколько месяцев, до момента, пока не кончится гидразин – топливо, которое используется в реактивной системе ориентации. Но затем, невзирая на проблемы с двигателями-маховиками и неопределенность в измерениях количества оставшегося гидразина, инженеры команды Dawn предложили смелую идею: использовать ионный двигатель аппарата, чтобы сойти с орбиты Цереры и выполнить близкий пролет другого тела из пояса астероидов – астероида Адеона. И NASA приняло решение продлить программу полета Dawn, но вынесло заключение, гласившее: «долговременные наблюдения за Церерой несут больший потенциал совершения научных открытий, чем вариант с пролетом Адеона» – так это сформулировал директор отдела планетарных исследований NASA Джим Грин. Так что Dawn остается у Цереры. Но это предложение, определенно, было заманчивым и свидетельствовало о преимуществах ионных двигательных установок.



*Рельеф Цереры, сфотографированный космическим аппаратом Dawn с малой высоты орбиты для выполнения картографической съемки, в районе цепочки кратеров под названием цепь Гербера. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе / Институт исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (MPS) / Германский аэрокосмический центр (DLR) / Институт вычислительной техники и коммуникационных сетей Технического университета Брауншвейга (IDA)*

Тем не менее главным ограничивающим фактором для продолжения работы АМС Dawn является наличие на борту гидразина. Кери Бин говорит, что оценить количество остающегося топлива сложно.

– Мы используем гидразин для разворотов аппарата: поворачиваем его или антенной к Земле для проведения сеансов связи, или научными приборами к цели изучения, чтобы проводить наблюдения, – объясняет Кери. – Мы просто будем продолжать использовать систему реактивной ориентации до тех пор, пока в ней не кончится топливо, чтобы успеть получить как можно больше данных.

Когда это топливо подойдет к концу, Dawn останется на стабильной орбите вокруг Цереры – возможно, на долгие десятилетия.



*Автоматическая межпланетная станция Dawn в полете в изображении художника. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

– Dawn станет маленькой луной Цереры, – рассказывает Бин. – После того как топливо кончится, у нас уже не будет шанса выйти с ним на связь, потому что без топлива мы не сможем управлять положением космического аппарата, а значит, потеряем возможность ориентировать его солнечными батареями к Солнцу. Это означает, что Dawn окажется без электричества вскоре после того, как на нем кончится топливо.

Таким образом, конец полета Dawn наступит тихо и не драматично, во многом повторяя то, каким образом эта станция прибывала в окрестности исследованных ею миров.

– Это будет грустно, – с тоской в голосе вздыхает Кери Бин. – Наш полет длился долго, и раньше не было ничего, ему подобного, но наступит день, и мы больше ничего не услышим от Dawn. Вот так все и кончится.

Но на Церере еще предстоит сделать большое количество научных открытий. Рейман подчеркивает важность данного проекта и космических исследований вообще.

– Несмотря на то что сами мы не можем выйти за пределы окрестностей нашей скромной планеты, мы посылаем вдаль автоматические аппараты и отправляемся таким образом на поиски великих приключений, – задумчиво говорит он. – Мы делаем это для того, чтобы понять величие Вселенной и поступать по зову своей страсти исследователей. Есть ли тот, кто ни разу не взглянул в ночное небо без благоговения перед его тайной? Есть ли тот, кому не хотелось пересечь линию горизонта и увидеть, что скрывается за ней? Тот, кто не жаждет познать Вселенную? Любой человек из тех, кто хоть раз испытал подобные чувства, разделяет с нами нашу миссию, а возможность поделиться впечатлениями и переживаниями, которые мы испытываем на нашем пути, и есть, как я думаю, самая волнующая, приносящая радость и удовлетворение, самая значительная сторона исследований, которые мы проводим в космосе.

## Глава 5

# Охота на планеты: «Кеплер» и поиск далеких миров

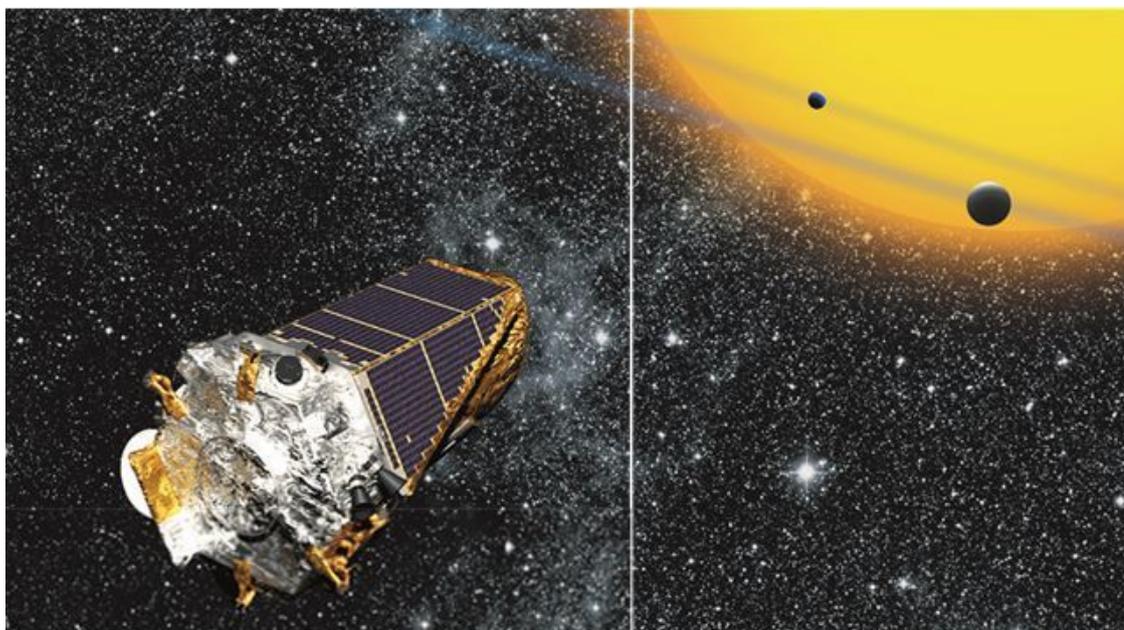
### Иной взгляд

Одним ясным вечером в 2012 году астрофизик Натали Баталья вышла на спортивную пробежку. Над ней раскинулось усыпанное звездами небо, но она не обращала на него внимания. В ее голове безостановочно повторялся путь расчетов, которые она и ее команда выполняли, работая с космическим телескопом «Кеплер» и пытаясь определить, сколько может оказаться планет у других звезд нашей Галактики.

Результат был ошеломляющим. Полученные с «Кеплера» данные говорили о том, что у каждой звезды в Млечном Пути имеется как минимум по одной планете. Оценки количества звезд во всей Галактике разнятся от 100 до 300 млрд, и это означает, что планет может насчитываться сотни миллиардов. Если даже лишь небольшая часть из них, скажем, 10 %, того же размера, что и Земля, и если только 10 % от этих похожих размером на Землю миров находятся на правильных расстояниях от своих звезд внутри области, называемой **обитаемой зоной**, во всей нашей Галактике может обнаружиться как минимум миллиард потенциально пригодных для жизни планет с Землю размером.

Планеты – а может, и жизнь – могут быть повсюду.

Всего лишь три десятка лет назад астрономы не были убеждены, существуют или нет планеты за пределами Солнечной системы. Баталья застыла, осознав, насколько масштабна новая оценка количества потенциально обитаемых миров. Она остановилась на бегу и всмотрелась в ночное небо.



*Телескоп «Кеплер» в космосе в представлении художника. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса*

– Я долгое время представляла себе среднее количество планет, приходящихся на одну звезду, лишь теоретически, – четыре года спустя рассказывает Натали в своем офисе в Научно-

исследовательском центре имени Эймса NASA, где она занимает должность научного специалиста проекта «Кеплер».



*Баталья, заместитель научного руководителя проекта космического телескопа «Кеплер», держит в руках созданныю художниками глобус-модель первой подтвержденной экзопланеты с твердой поверхностью, Kepler 10b. Источник: NASA / проект «Кеплер»*

– Но внезапно в ту ночь я взглянула на небо и спустя какую-то микросекунду увидела в этих светлых точках, которые усыпали его, не просто звезды, а планетные системы – семейства иных миров за пределами нашей Солнечной системы. Я пережила настоящее потрясение и стала иначе смотреть на Вселенную.

Несмотря на то что в жизни Батальи статистические данные, которые являются результатом работы космического аппарата «Кеплер», конечно же, занимают более значительное место, чем в жизни обычного человека, то, что испытала в тот момент она, символизирует поворот, произошедший в процессе человеческого познания и понимания нашего места в огромном космосе. Этот поворот продолжается уже несколько последних лет, в основном благодаря научному поиску, который ведет космическая обсерватория «Кеплер». Этот проект, безусловно, изменил наш взгляд на Вселенную.

## Одиноки ли мы?

Этот вопрос – «Одиноки ли мы во Вселенной?» – люди задают себе веками, но убедительные данные об экзопланетах, то есть планетах других звезд, появились относительно недавно.

– Для меня самый волнующий вопрос, который мы только можем задать, звучит так: «Одиноки ли мы?» – говорит Томас Баркли, ведущий научный сотрудник проекта «Кеплер». – Работа в большом коллективе, каждый участник которого стремится ответить на этот вопрос, и очень радует, и смущает.

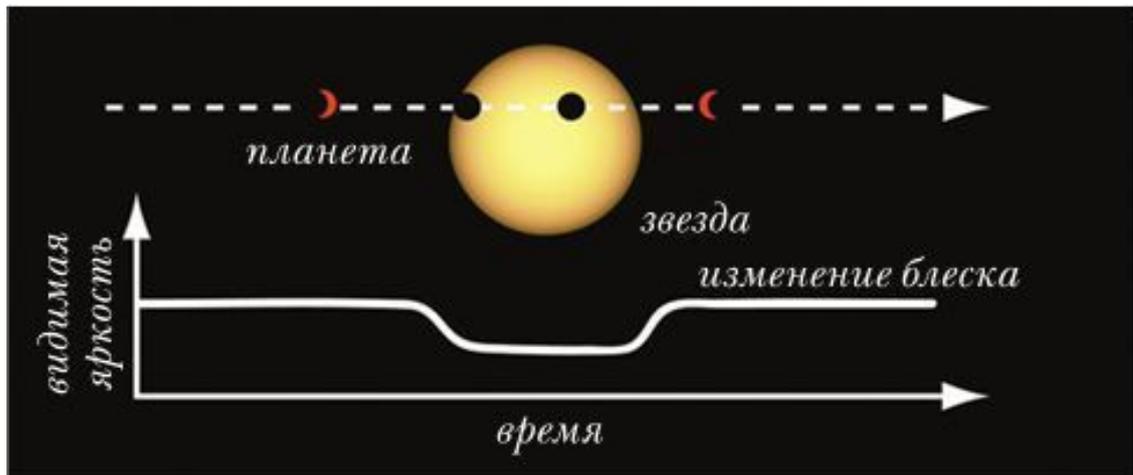
Баркли отмечает, что на эту тему обычно имеются две противоположные точки зрения: или же предполагается, что Вселенная так велика, что где-то в ней обязательно есть иная жизнь, или считается, что Земля является редчайшим и уникальным местом и жизнь на ней возникла и развилась в силу случайного стечения многих факторов, поэтому повторить похожие условия слишком сложно.



*Запуск космического аппарата «Кеплер» с пусковой площадки 17-B на базе ВВС США «Мыс Канаверал» в штате Флорида. Ракетой-носителем служит Delta II, запуск состоялся 6 марта 2009 года. Источник: NASA, Регина Митчелл-Райял и Том Фаррар*

Древнегреческие письменные источники свидетельствуют, что и в те времена люди задумывались о далеких мирах и о цивилизациях, которые могут там обитать. Но до 1994 года о

планетах других звезд не было точных данных – лишь предположения и мнения, основанные на «шестом чувстве». А ученые не любят беспредметно рассуждать вокруг вопросов, им требуются данные, чтобы находить ответы.

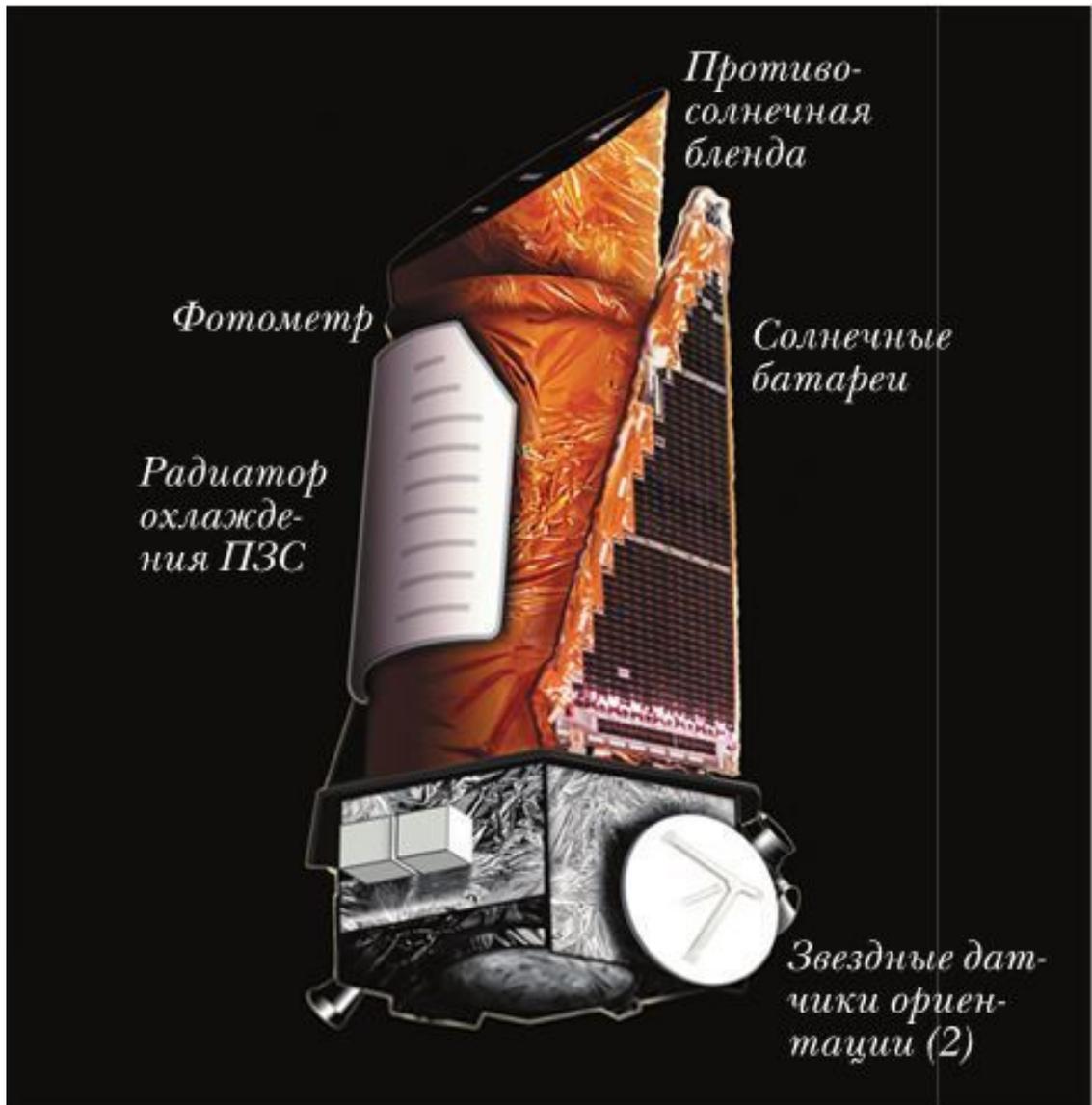


Когда для наблюдателя планета проходит перед звездой, вокруг которой обращается, такое событие называется транзитом. Транзит может вызвать маленькое изменение яркости свечения звезды. Измеряя глубину понижения видимой яркости и зная размер звезды, ученые могут установить радиус планеты. Период ее обращения по орбите можно выяснить, измерив время, прошедшее от одного транзита до другого. А зная период орбитального движения, можно рассчитать среднее расстояние между планетой и ее светилом. Источник: NASA, Научно-исследовательский центр имени Эймса

– Эту гипотезу вы не можете легко проверить, – говорит Баркли, – но проект «Кеплер» служит олицетворением веры в то, что мы не одни, и мы готовы на самые невероятные шаги, чтобы отыскать ту жизнь, которая скрыта от нас вдалеке.

Космический телескоп «Кеплер», полет которого начался в 2009 году, сконструирован, чтобы определить, какая доля из сотен миллиардов звезд нашей Галактики наделена спутниками-планетами. В частности, «Кеплер» ищет планеты размером с Землю или еще более мелкие планеты с твердой поверхностью; а также ученые, которые занимаются этим проектом, хотят выяснить, похожи ли иные планетные системы на нашу Солнечную или же резко от нее отличаются. Поскольку для известных нам форм жизни необходима вода, усилия команды «Кеплера» сосредоточены на поиске экзопланет внутри или поблизости от обитаемой зоны вокруг звезды, которую еще иногда<sup>41</sup> называют «зоной Златовласки», где не слишком тепло и не слишком холодно, поэтому вода может находиться в жидком виде.

<sup>41</sup> В западной терминологии. – Прим. пер.



*На этой схеме показано расположение различных частей, включая фотометр, на космическом аппарате «Кеплер». Источник: NASA, Научно-исследовательский центр имени Эймса*

В большинстве своем эти миры слишком далеки, чтобы их можно было увидеть при помощи телескопа. И «Кеплер» тоже не может на самом деле «видеть» планеты. Вместо этого он проводит поиск экзопланет при помощи специальной техники под названием «транзитный метод». Когда планета совершает транзит, то есть проходит перед своей звездой с нашей точки зрения, она перегораживает путь малому количеству звездного света, можно сказать, происходит мини-затмение. Тот же эффект мы можем наблюдать у себя в Солнечной системе, когда, глядя с Земли, видим прохождение Меркурия или Венеры по диску Солнца.

Но планеты очень малы по сравнению со звездами, поэтому количество света, который они могут затмить, очень небольшое, особенно если учесть то, что и эти звезды, и экзопланеты находятся очень далеко от нас. Тем не менее «Кеплер» способен обнаружить самые ничтожные «подмигивания», регистрируя изменения в яркости звезд вплоть до точности 20 частей на миллион. Что это означает? При том что «Кеплер» ведет наблюдения за 165 000 звездами одновременно, астрономы говорят, что его титаническая работа выглядит, как если бы некто смотрел на ночное шоссе, заполненное машинами, с расстояния в несколько миль и оказался бы способен обнаружить блоху, проскочившую на фоне фары одного из автомобилей. И, чтобы

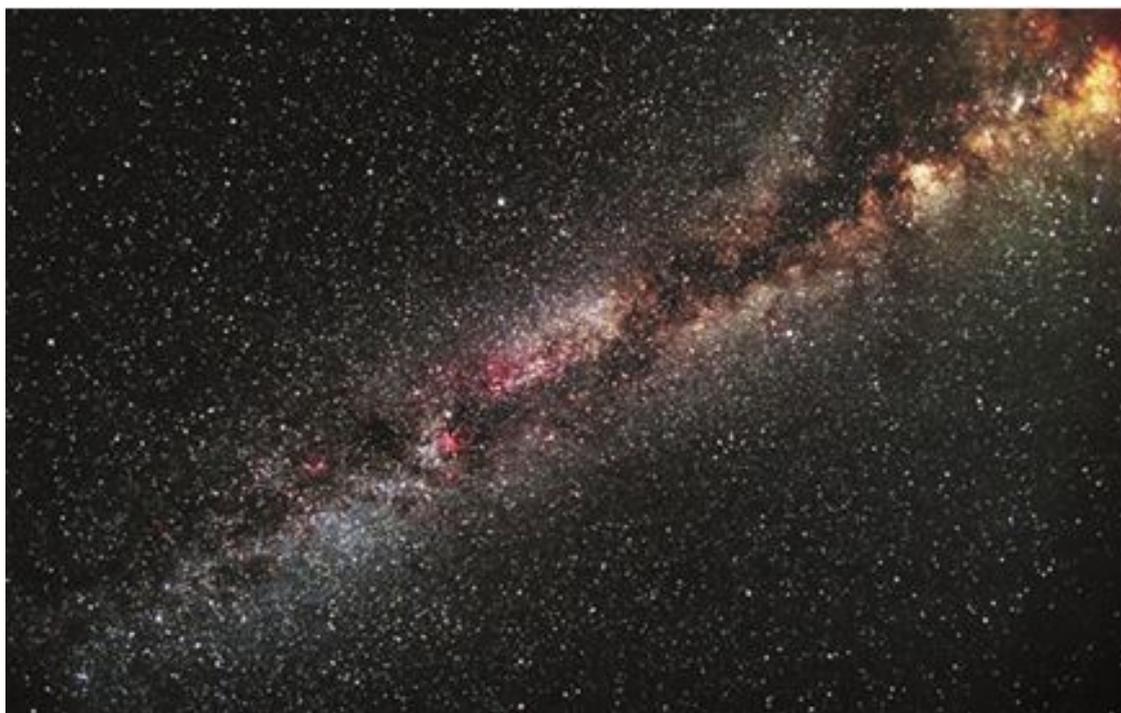
подтвердить достоверность наблюдения, необходимо увидеть эту блоху еще как минимум один раз – так ученые убеждаются, что обнаружение не было случайной ошибкой.

Вдобавок, изучая информацию о блеске звезд, ученые могут определить размер планеты, период ее обращения по орбите и даже температуру поверхности, чтобы оценить, есть ли у нее шансы оказаться обитаемой.

На большинстве автоматических космических аппаратов имеется по несколько научных инструментов, но на «Кеплере» инструмент всего один – он называется **фотометр**. Это слово складывается из таких частей, как «фото», то есть свет, и «метр», что означает измерение, так что суть работы «Кеплера» объяснить просто – он меряет яркость звезд, но не просто так, а с очень большой точностью. Фотометр состоит из телескопа и одной из самых больших фотокамер, когда-либо запускавшихся в космос, – 95-мегапиксельного массива ПЗС<sup>42</sup>.

«Кеплер» наблюдает область неба угловым охватом в сто квадратных градусов, что эквивалентно по размеру двум поставленным бок о бок «ковшам» Большой Медведицы. Этот богатый звездами участок неба располагается между созвездиями Лебедь и Лира, и, по оценке, количество наблюдаемых звезд в нем достигает 14 млн, причем некоторые из них удалены на расстояния до 3000 световых лет. Участок представляет собой идеальные уголья для «охоты» на планеты.

Поскольку «Кеплер» находится в космосе и не имеет дела с облачностью или сменой дня и ночи, как наземные телескопы, он может постоянно, не отрываясь, следить за одним и тем же полем звезд, чтобы отслеживать любые изменения яркости каждой из тысяч звезд на этом участке. В отличие от космического телескопа «Хаббл», который обращается по околоземной орбите, телескоп «Кеплер» был отправлен на околосолнечную орбиту, практически совпадающую с орбитой Земли, но сам аппарат находится в такой ее точке, что как бы следует за Землей по ее орбите с некоторым отставанием. Расстояние от Земли до телескопа «Кеплер» составляет 96 млн км.

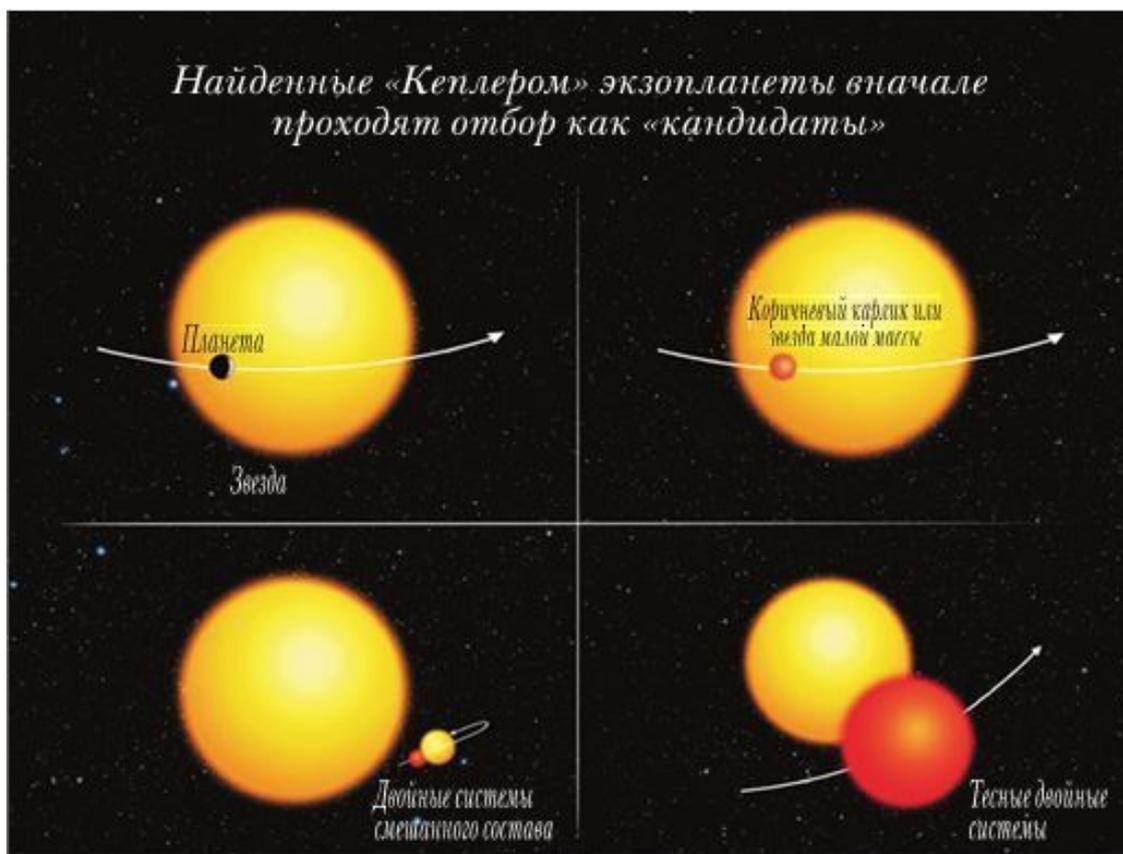


---

<sup>42</sup> Сокр. от «прибор с зарядовой связью» – аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, предназначенная для преобразования проекции изображения в электронную форму. – *Прим. пер.*

*Район неба вблизи созвездия Лебедя, выбранный как поле для изучения в проекте «Кеплер». Источник: NASA*

Космический телескоп «Кеплер» предназначен для сбора общей информации об экзопланетах в целом. Ученые с его помощью находят отдельные планеты, но и учитывают количество и разновидности экзопланет, обнаруженных в определенном районе, чтобы экстраполировать эту информацию на всю Галактику. Это похоже на то, как работают опросы общественного мнения, когда небольшое количество опрошенных людей служат представителями взглядов гораздо более многочисленного слоя общества.



*Обнаруженные «Кеплером» кандидаты в экзопланеты проходят дополнительную проверку: астрономам требуется убедиться, что они действительно нашли планету, а не какой-то другой тип объекта, например маленькую звезду, которая может оказаться похожей на планету. Источник: NASA, Научно-исследовательский центр имени Эймса / В. Штенцель*

– «Кеплер» – это статистический проект, – объясняет Натали Баталья. – Мы проводим обзор планет в отдельно взятой области неба за один проход, чтобы понять «планетную демографическую картину» для всей Галактики и определить, какая часть из всех звезд обладает планетами.

К моменту написания этой книги «Кеплер» нашел 2325 подтвержденных планет и вдобавок к ним 3412 кандидатов, то есть возможных планет, которые еще требуют дополнительного подтверждения (как в вышеприведенном примере с блохой). До начала работы аппарата «Кеплер» было известно менее 300 экзопланет.

В апреле 2014 года работающие на проекте «Кеплер» ученые объявили об открытии первой планеты, похожей на Землю по размеру, обращающейся вокруг своей звезды в обитаемой зоне. После этого были найдены и подтверждены другие такие же, подобные священному Гра-

алю, землеподобные планеты, что позволило команде ученых «Кеплера» утверждать: в Галактике имеются миллиарды планет в «зоне Златовласки».

Зачем мы занимаемся поиском планет в такой дали?

Баталья говорит, что все эти планеты – не просто «коллекция марок» – так астрономы иногда называют какую-нибудь научную информацию, от которой нет никакой пользы.

– «Кеплер» создавался для того, чтобы дать ответ на один-единственный вопрос: какая доля звезд обладает потенциально обитаемыми планетами с размером, близким к размеру Земли? – говорит она. – Нам нужен ответ на этот вопрос, чтобы мы могли и дальше искать свидетельства существования внеземной жизни. «Кеплер» – это шаг к более значительной цели.

Но путь этого аппарата в космос был тернист.

## Первые шаги в охоте на планеты

Когда радиостанции начали вести широковещательные передачи в 1920-х годах, ученые быстро поняли, что радиоволны уносят наши радиотрансляции (а впоследствии и телетрансляции) в космос на скорости света, и не исключено, что эти передачи достигают далеких глубин Галактики. Также им пришло в голову, что может быть верным и обратное: если бы иная цивилизация из удаленного от нас мира тоже производила радиопередачи, возможно, мы могли бы услышать их?

В 1959 году астроном Фрэнк Дрейк выдвинул идею, которая, в конечном счете, легла в основу проекта SETI<sup>43</sup> по активному поиску радиопередач инопланетян. На данный момент поиск не принес никаких результатов, и проект продолжается по остаточному принципу. Однако астрономы поняли, что по мере того, как наша электроника переходит с аналогового принципа действия на цифровой, и в особенности это касается телевидения, техногенное радиоизлучение Земли падает и, возможно, через короткое время пропадет совсем. Но то же самое может быть верно и для инопланетных цивилизаций.

Концепция поиска конкретных планет в Галактике оказалась сложнее на практике, чем простое ожидание прихода сигнала из далеких миров, потому что планеты очень далеки, малы и не испускают свет сами. В 1960-х годах астрономы выдвинули идею о том, как искать планеты по тому воздействию, которое они оказывают на свою звезду. Даже самые маленькие планеты воздействуют на звезду силой тяготения, и благодаря этому точные измерения могут определить наличие планеты одним из нескольких различных способов.

**Астрометрия** занимается точным измерением положения звезд по отношению к окружающим их другим звездам; если звезда «колышется», то амплитуда ее движений может дать информацию о массе и параметрах орбиты планеты.

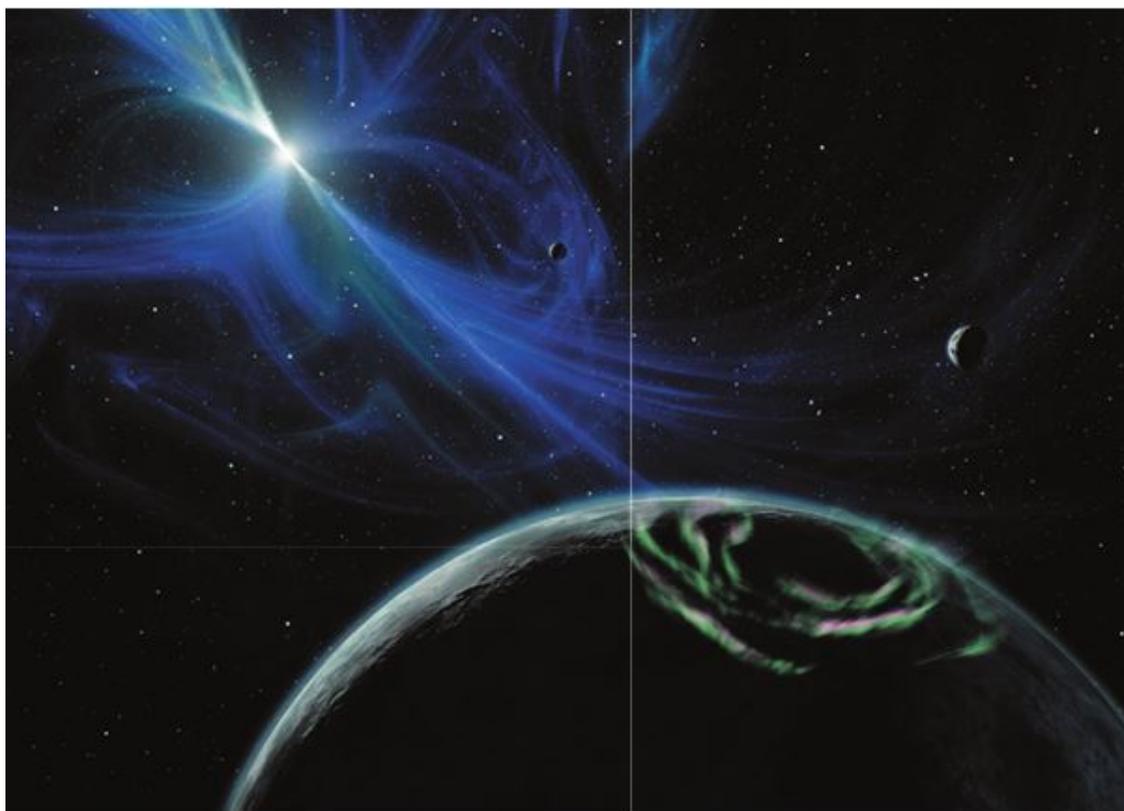
Замеры **лучевой скорости** могут выявить крошечные изменения в скорости звезды по отношению к Земле, вызываемые тем, что звезда вместе с планетой движутся вокруг своего общего центра масс – это становится понятно, если замерить сдвиг линий спектра звездного света (называемый доплеровским сдвигом) в моменты, когда звезда ускоряется, двигаясь от наблюдателя или к нему.

**Транзиты** – измерения того, насколько меняется для наблюдателя яркость свечения звезды в те моменты, когда планета проходит перед ней. Они дают наибольшее количество информации о планете, включая ее геометрический размер и период обращения (время, за которое она совершает один виток по своей орбите). Если в системе есть несколько планет, детали динамики взаимодействия этих объектов могут дать возможность рассчитать их массы.

Для любого из этих методов справедливо, что чем крупнее планета и чем она ближе к своей звезде, тем большее смещение положения звезды, сдвиг линий спектра или спад яркости при транзите она вызывает. Поскольку самые крупные и ближе всего расположенные к звездам планеты проще всего отыскать, не удивительно, что многие из открытых в первую очередь планет имеют размеры с Юпитер и обращаются предельно близко к своим звездам.

---

<sup>43</sup> Англ. Search for Extraterrestrial Intelligence – «Поиски внеземного разума». – Прим. пер.



*Так художник представил возможный вид планетной системы пульсара, которую открыл Александр Вольцан в 1992 году при помощи радиотелескопа Аресибо в Пуэрто-Рико. Он обнаружил, что вокруг пульсара под обозначением PSR B1257+12 обращаются три планеты. Это стало самым первым достоверным открытием планет какого-либо типа за пределами Солнечной системы. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Первое подтверждение существования экзопланет состоялось в 1992–1994 годах с использованием гигантских наземных телескопов. Астрономы получили доказательства наличия трех планет, орбиты которых пролегают вокруг **пульсара**, сверхплотного, быстро вращающегося остатка от взрыва сверхновой звезды. Затем, в 1995 году, была открыта первая планета на орбите звезды, напоминающей Солнце, – это гигантская планета размером в половину Юпитера, которая мчится вокруг своей звезды с бешеной скоростью, совершая один полный оборот за четыре дня. После этого начали появляться новые открытия, и к 2000 году количество известных экзопланет превысило 50.

Эти находки впечатляли, но в некотором отношении и разочаровывали. Ни один из найденных миров не был пригоден для жизни в той форме, которая известна нам. Это были либо газовые гиганты, либо тела, настолько тесно соседствующие со своими звездами, что они представляли собой планеты-жаровни, затопленные мощными потоками света и радиации от звезды, превращающими их поверхность в необитаемый ад.

В 2006 году Европейское космическое агентство запустило первый космический аппарат для поиска экзопланет. Спутник под названием Convection, Rotation and planetary Transits<sup>44</sup> был предназначен для поиска транзитов планет, так же как впоследствии и «Кеплер». Всего орбитальной обсерватории CoRoT удалось зарегистрировать 32 подтвержденные планеты, а

<sup>44</sup> CoRoT, англ. «Конвекция, вращение и транзиты планет». – Прим. пер.

другие найденные по ее данным кандидаты еще проходят проверку. Работа аппарата закончилась в 2013 году, когда отказал его главный компьютер.

Наземные обсерватории продолжали охоту на экзопланеты. Наибольший успех в этом сопутствовал телескопу Кек на Гавайях, а также спектрографам High Accuracy Radial velocity Planet Searcher<sup>45</sup> в обсерватории Ла-Силья в Чили и HARPS-N на принадлежащих Испании Канарских островах.

---

<sup>45</sup> HARPS, англ. «Искатель планет путем высокоточного измерения радиальной скорости». – *Прим. пер.*

## История проекта «Кеплер»

Этот проект может служить наглядным уроком стойкости и непоколебимости. Его авторам потребовалось пять раз обращаться в NASA с новыми предложениями до тех пор, пока проект не получил одобрения от управления. Крестовый поход во славу строительства космического телескопа, который мог бы обнаруживать экзопланеты, возглавлял практически единственный человек – Билл Бораки.

Бораки был физиком в находящемся в ведении NASA Научно-исследовательском центре имени Эймса. В 1960-х годах он работал над созданием теплозащитного экрана, который применялся в полетах пилотируемых космических кораблей Apollo на Луну.



*Билл Бораки. Источник: NASA, Научно-исследовательский центр имени Эймса*

Бораки вдохновила программа SETI под эгидой NASA, которая в те годы проводилась на базе центра имени Эймса. Еще больший стимул он получил, ознакомившись с опубликованным в 1971 году трудом астронома Фрэнка Розенблатта, который предложил искать экзопланеты новым способом – транзитным. Эту работу мало кто читал, и сам Розенблатт скончался в 1973 году, поэтому концепция метода оставалась в тени и не развивалась. Но Бораки постоянно держал ее в голове.

В 1984 году он в качестве соавтора создавал научную работу, идея которой заключалась в поиске планет с использованием метода, предложенного Розенблаттом. Бораки отметил, что наблюдения при помощи наземных инструментов должны дать результат в части обнаружения экзопланет-гигантов, но для того, чтобы отыскать землеподобные планеты, обсерваторию придется вынести в космос. Также он понимал, что для создания такой обсерватории потребуется техника нового уровня, поэтому продолжал работать над концепцией таких инструментов и даже получил от NASA деньги на постройку прототипа фотометра.

Затем, в 1992 году, NASA объявило о начале работ по серии проектов Discovery<sup>46</sup> – так обозначили новый класс узкоспециализированных научных аппаратов пониженной стоимости. Бораки и его коллеги представляли предложения по своему проекту в 1992, 1994, 1996 и 1998 годах, но все они были отвергнуты из-за опасений по поводу отсутствия требуемых технологий и риска превышения стоимости.

Для повторяющихся отказов могла быть и еще одна причина. В то время большинство ученых сомневались, что экзопланеты вообще существуют.

– По сути, экзопланеты тогда еще не доросли до того, чтобы быть принятыми в сознании астрофизического сообщества, – говорит Уэсли Трауб, руководитель исследовательских работ в NASA по программе исследования экзопланет, – поэтому такая идея встречала определенное неприятие.

По словам Трауба, это напоминает, с каким трудом в прошлые годы удавалось убедить астрономов, что изучение планет Солнечной системы тоже является предметом астрофизики и поэтому нужно выделять наблюдательное время на телескопах для планетологических исследований. Этим можно объяснить тот факт, что спутник Плутона Харон был открыт лишь в 1978 году. Кроме того, некоторые ученые считали, что поиск иных планет и жизни на них где-то на просторах Галактики «граничит с покупкой ширпотреба в супермаркете», – говорит Трауб.

– Получается, что эти исследования касаются тех вопросов, которыми традиционно занимается астрономия. Но сейчас технологии позволяют нам проводить такого рода исследования, и поисками планет интересуется не только общественность, но и многие ученые.

К тому же есть большая разница между строгим научным доказательством возможности существования жизни во Вселенной и болтовней о том, что вы увидели летающее блюдо.

Но имелаась и другая причина: у NASA не было (и до сих пор нет) очень уж огромных средств, и поэтому обычно оно отбирает проекты, исходя из рекомендаций так называемого «десятилетнего обзора» – доклада, который составляется учеными, оценивающими приоритетность исследований. В нем выдвигаются рекомендации по выполнению тех или иных проектов и распределению средств на предстоящие десять лет. Проект по поиску экзопланет фактически не попадал в этот обзор вплоть до 2010 года.

Однако непоколебимый Бораки сумел убедить всех нужных людей в достоинствах своей концепции, и в 2001 году NASA выделило средства на его космический телескоп. Ему дали имя «Кеплер» в честь астронома семнадцатого века Иоганна Кеплера, который впервые описал законы движения планет.

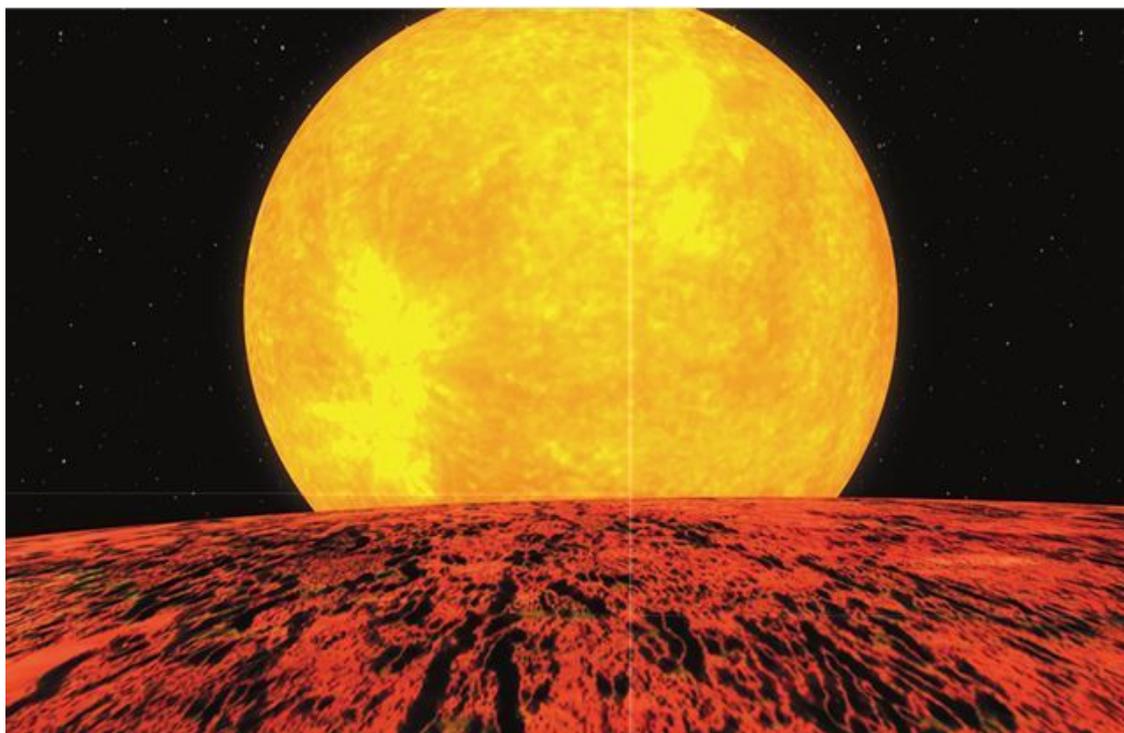
– Билл никогда не воспринимал отказы в продвижении проекта как выпады в свой адрес. Он просто продолжал двигаться вперед, поскольку он всей душой влюблен в процесс научного познания и открытия нового, – такими словами Баталья говорит о Бораки. – Для меня он олицетворяет сущность миссии NASA: в нем есть детский дух первооткрывательства, он придерживается этики непрестанной работы, стремится непринужденно экспериментировать и не боится риска на пути к реализации прорывных идей.

---

<sup>46</sup> Англ. «Открытие». – Прим. пер.

## Восторг и изумление

Мысленно перенесемся вновь в 2009 год. «Кеплер» успешно запущен и по достижении рабочей орбиты прошел период ввода в строй – десятидневную проверку всех систем. Во время первых же наблюдений ученые зарегистрировали заманчивый сигнал возможного присутствия маленькой планеты, которая обращается вокруг звезды в 540 световых годах от Солнца. Наличие этой планеты впоследствии было подтверждено, и она получила наименование Kepler-10b – это первая землеподобная планета с твердой поверхностью, открытая при помощи космического телескопа «Кеплер». Она в 4,6 раза больше Земли по массе и на 40 % крупнее по размеру, но находится не в обитаемой зоне своей звезды.



*Планета Kepler-10b должна быть очень горячим, выжженным миром, который находится к своей звезде в двадцать раз ближе, чем Меркурий к Солнцу, и температура на ее дневной стороне достигает 1370 °С. Команда ученых проекта «Кеплер» установила, что поверхность Kepler-10b скалистая и твердая, на ней можно стоять; масса планеты в 4,6 раза больше массы Земли, а диаметр составляет 1,4 от земного. Источник: NASA / проект «Кеплер» / Дана Берри*

– Kepler-10b – одна из самых любимых моих планет, – говорит Натали Баталья, – потому что она стала первой планетой с твердой поверхностью, открытой «Кеплером». Но не только поэтому, а еще и потому, что эта находка стала знаком того, что «Кеплер» не просто работает, но скоро мы с его помощью отыщем много планет.

Но это мир с экстремальными условиями. Kepler-10b обращается вокруг своей звезды на меньшем расстоянии, чем Меркурий от Солнца, и ее орбитальный период, то есть год, занимает всего лишь двадцать часов. Ученые именуют Kepler-10b **суперземлей** – так называли планеты, более массивные, чем Земля, но обладающие преимущественно твердой поверхностью.

– Самое удивительное в подобных планетах то (а мы с тех пор нашли еще несколько планет того же типа), что одна их сторона постоянно обращена к звезде и от нагрева покрыта

расплавленной лавой, – объясняет Баталья. – Так что там плещется океан из расплавленного камня, потому что температура на поверхности превышает температуру плавления железа.

Такое начало работы «Кеплера» воодушевляло. Затем, на основании данных, собранных в первые 43 дня наблюдений, было выделено 750 планетных кандидатов – удивительное количество для экзопланетных изысканий.



*Томас Баркли. Фото публикуется с его разрешения*

– Я думаю, все были поражены тем, как, оказывается, легко находить планеты в данных, поставляемых «Кеплером», – говорит Баркли. – До начала нашей работы каждое открытие экзопланеты было по-своему уникально и обладало немалой ценностью. После ввода «Кеплера» в строй мы стали находить планеты каждый раз при анализе новых данных.

Баркли вспоминает, как их команда собиралась на еженедельные совещания и один из ученых, Джейсон Роу, включал свой ноутбук и «показывал нам плюшки, которые за прошлую неделю удалось найти, и мы, глядя на данные новых транзитов, только охали и ахали. Это было невероятное время. Все, кто находился в комнате, понимали, что мы самыми первыми видим нечто такое, что в корне меняет представление человечества о его месте во Вселенной».

Кроме того, впервые были обнаружены звездные системы, в которых имелось по несколько планет – более трети всех найденных планет принадлежали к таким многопланетным системам. Но многие из них оказались совершенно непохожими на нашу Солнечную. Планеты там теснились на орбитах с небольшими промежутками, а годичный виток каждой из них занимал не более нескольких земных месяцев.

Обнаруживались и другие удивительные вещи.

– Одной из самых интересных находок «Кеплера» был новый класс планет, чаще всего встречающихся среди тех, о которых в данный момент известно человечеству благодаря «Кеплеру», – говорит Баталья. – Это планеты, размер которых лежит в промежутке между размерами Земли и Нептуна. Мы называем их **суперземли** или **субнептуны**.

Но в нашей Солнечной системе ничего подобного нет.

– Как ученый, занимающийся экзопланетами, я считаю одним из самых поразительных тот факт, что планеты такого размера повсеместно находятся в данных «Кеплера», но на нашем

«заднем дворе» мы не видим ничего на них похожего, – говорит Баркли. – Кстати, до начала проекта «Кеплер» была очень популярна одна теоретическая работа, которая предсказывала, что не может быть планет размером в 2,5 раза больше Земли. А потом мы выяснили, что именно таких планет больше всего в наших массивах данных. И они же должны быть наиболее многочисленны в Галактике, если мы перенесем результаты наших наблюдений на общую статистическую картину.



*На этой иллюстрации художник изобразил в одном ряду находящиеся в обитаемых зонах различных звезд планеты, которые имеют частичное сходство с Землей. Слева направо: Kepler-22b, Kepler-69c, Kepler-452b, Kepler-62f и Kepler-186f. В конце ряда для сравнения изображена Земля. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Как отмечает Баталья, есть возможность, что подобный мир все-таки присутствует и в Солнечной системе – им может оказаться таинственная невидимая планета, которая, по теории, скрывается где-то за орбитой Плутона. В начале 2016 года астрономы Майк Браун (который открыл Кварар, Эриду и другие подобные тела) и его коллега по Калифорнийскому технологическому институту Константин Батыгин предположили существование большой планеты (условно названной «Девятой планетой»), которая таится на краю Солнечной системы. О ее присутствии можно говорить на том основании, что орбиты нескольких известных тел из пояса Койпера, как предполагается, подвержены влиянию со стороны объекта, который может быть в десять раз массивнее Земли.



*Так могут выглядеть окрестности возможно существующей неизвестной планеты Солнечной системы, условно называемой «Девятой планетой» – здесь мы видим ее и далекое Солнце. Предполагается, что эта планета – газовый гигант, схожий с Ураном и Нептуном. Источник: Калифорнийский технологический институт / Р. Харт (центр обработки и анализа данных съемок в инфракрасном диапазоне, IPAC)*

Как говорит Браун, имеющиеся телескопы предпримут попытку обнаружить эту таинственную планету, потому что его работа определяет, где на небе расположена та область, в которой астрономам следует ее искать.

– Так что, может быть, одна из этих суперземель все-таки находится в космосе по соседству с нами, – говорит Баталья. – Будет интересно узнать, так ли это.

Но Баталья говорит и о том, что есть еще очень много неясного в связи с этим новым классом планет. Самый большой вопрос, стоящий перед экзопланетологами, таков: из чего же состоят все эти миры?

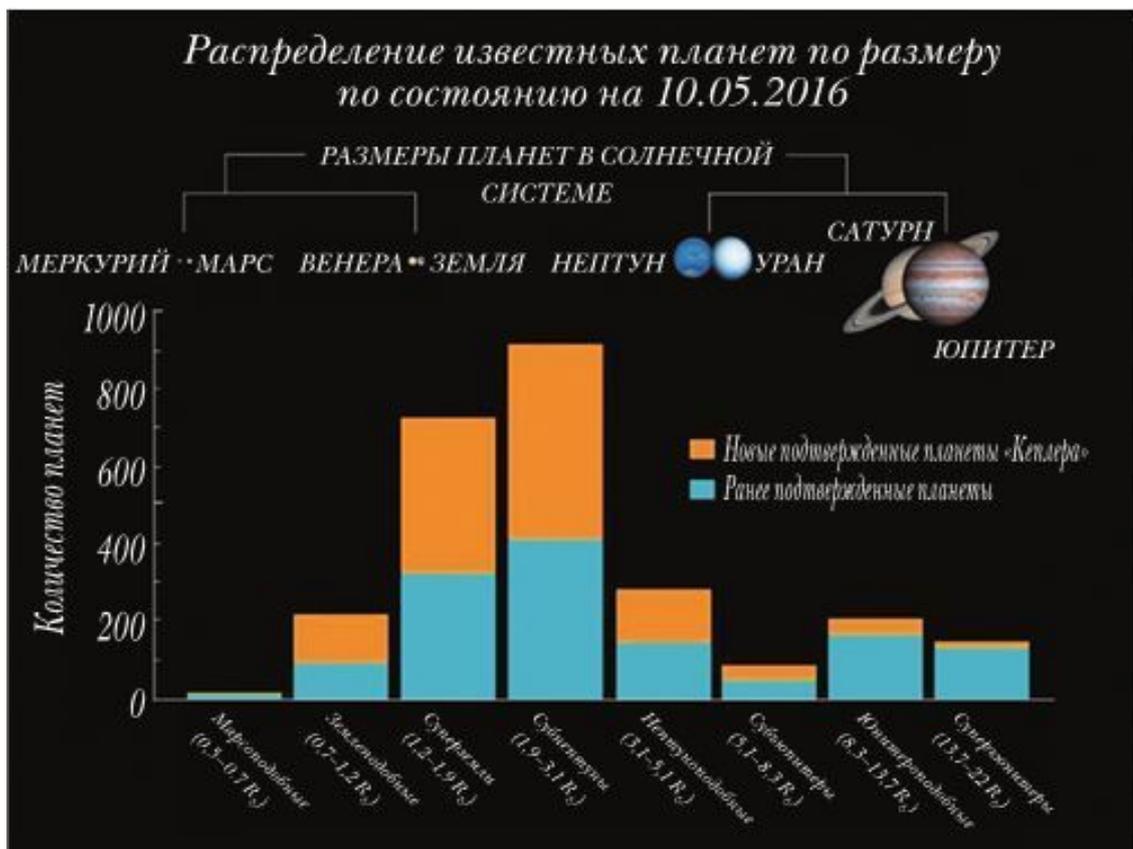
– Могут ли они представлять собой переходный тип тел между скалистыми землеподобными планетами и газовыми гигантами, – размышляет Натали, – или может существовать планета втрое больше Земли, но тоже представляющая собой громадную кучу камня, или, напротив, они все же в основном состоят из газа? Что кроется за всем этим? Вот такие вопросы мы сейчас и изучаем со всей тщательностью, рассматривая полученные «Кеплером» данные.

## О блинах и планетах

Другой повод для удивления дала природа большинства обнаруженных «Кеплером» планетарных систем. Они оказались очень плоскими – это значит, что орбиты планет в них лежат примерно в одной и той же<sup>47</sup> плоскости, обращенной ребром к наблюдателю – телескопу «Кеплер».

– Если мы представим себе совокупность орбит планет в звездной системе в виде блина, – объясняет Баталья, – в толщу которого укладываются все лежащие примерно в одной плоскости орбиты различных радиусов, то наша Солнечная система с характерными для нее небольшими несовпадениями этих плоскостей окажется похожей скорее на оладью. Большая часть из тех планетарных систем, которые мы наблюдаем при помощи «Кеплера», выглядят по сравнению с ней как тоненькие блинчики. Они представляют собой удивительно плоские орбитальные системы.

Сущность транзитного метода обнаружения планет такова, что с его помощью оказываются видны только те планеты, орбиты которых случайно расположены в одной плоскости с линией прямой видимости «Кеплера». При том что в большинстве найденных систем орбиты планет образуют плоскую блинообразную фигуру, «Кеплеру» удается наблюдать большее количество производящих транзитные события планет.



На этой гистограмме показано распределение количества планет по размеру для всех известных на дату 10 мая 2016 года экзопланет. Голубые части столбцов гистограммы показывают аналогичное распределение для ранее подтвержденных планет. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / В. Штенцель

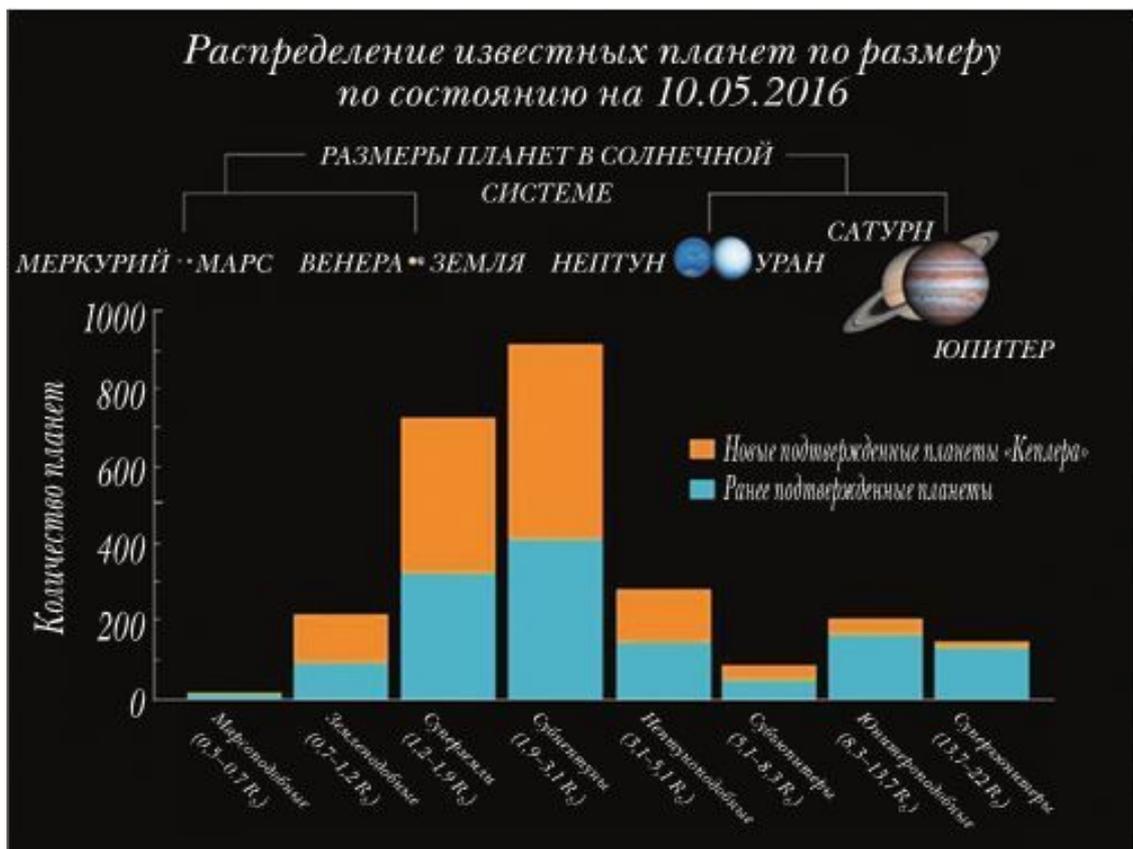
<sup>47</sup> Общей для данной системы. – Прим. пер.

– Объем наших открытий по-настоящему велик, и мы сами этому удивляемся, – говорит Натали. – Действительно, это подтверждается фактом открытия нами новой архитектуры совпадающих или копланарных плоскостей орбит.

## Кладезь планет

Вдобавок к тому, что общая картина сделанных при помощи «Кеплера» открытий, несомненно, впечатляет, отдельные найденные им планеты и планетарные системы исключительно интересны и занимательны.

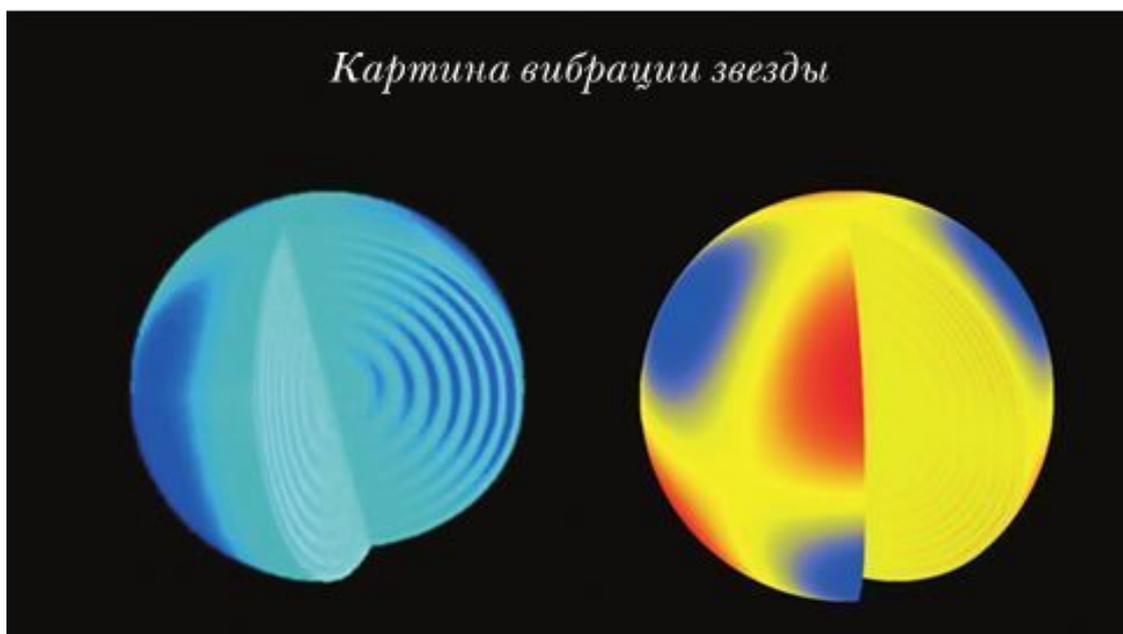
– Мы нашли так много интересных миров! – восклицает Баталья. – Среди своих любимых я готова провести «поименную переключку» и показать на их примере разнообразие типов, составляющих планетное население Галактики, – и об этом разнообразии мы не подозревали до запуска «Кеплера».



*Иллюстративное изображение системы Kepler-16, на котором мы видим планету Kepler-16b, обращающуюся вокруг двойной звезды. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

В 2011 году научная команда объявила об открытии «околодвойной» или **циркумбинарной** планеты, то есть такой планеты, центром орбиты которой является не одиночная звезда, а пара звезд – точь-в-точь как у Татуина, родной планеты Люка Скайуокера из «Звездных войн».

– Если бы вы жили на подобной планете, то видели бы, как два солнца восходят на востоке и потом заходят за горизонт на западе, – мечтательно рассуждает Натали Баталья. – Звезды могут меняться друг с другом местами, двигаясь по небу. Размышления о таких необычных местах всегда распалют мое воображение.



*Изменения яркости свечения звезды можно интерпретировать как вибрации или осцилляции внутри нее, если использовать методику под названием астросейсмология. Картина осцилляций дает информацию о внутренней структуре звезд во многом тем же самым путем, каким сейсмологи на Земле используют данные регистрации землетрясений, чтобы «заглянуть» в земные недра. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса*

Кроме того, «Кеплер» обнаружил другие странные новые планеты, которые не поддаются классификации, – например, мир, покрытый кипящей водой, планета, которую рвет на части ее собственная звезда, или похожая на Нептун планета, движущаяся в тесной орбитальной паре с землеподобной планетой с твердой поверхностью.

Среди полученных «Кеплером» данных можно отыскать несколько примеров планет, центральные звезды которых очень стары – так же стары, как и сама Галактика. Астрономы используют особый метод, называемый **астросейсмологией**, чтобы при помощи космического телескопа «Кеплер» как бы «слушать» звезду, регистрируя циркулирующие в ней звуковые волны, чтобы определить различные параметры светила, и в том числе его возраст. Этим способом они обнаружили систему из пяти землеподобных планет возрастом 11 млрд лет, и все эти планеты оказались меньше Земли по размеру. Исследователи утверждают: это открытие говорит о том, что подобные Земле планеты формировались на протяжении большей части истории Вселенной длительностью 13,8 млрд лет, а это значит, что повышаются шансы на то, что в нашей Галактике существует древняя жизнь – а возможно, и развитая разумная жизнь.

– Это уместно интересно, – говорит Баталья, – потому что я не могу не думать о том, что могут существовать цивилизации, у которых было вдвое больше, чем у нас, времени на развитие. Какие же виды жизни могут процветать в тех мирах?

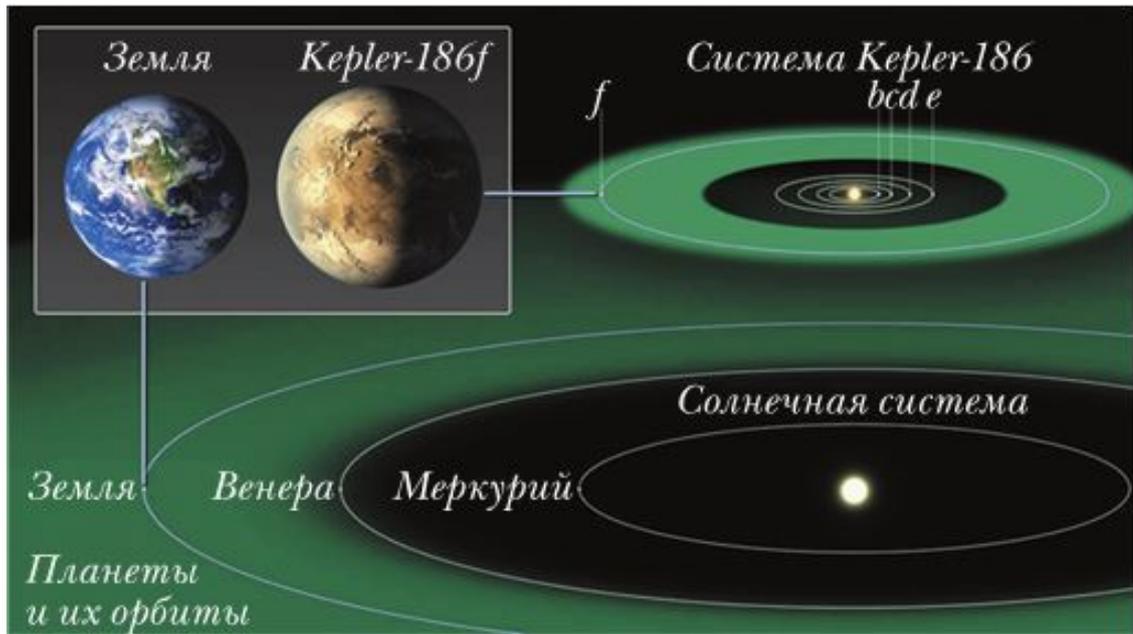


Схема со сравнением внутренних планет Солнечной системы с планетной системой *Kepler-186*: эта удаленная от Земли на 500 световых лет звезда из созвездия Лебедя окружена пятью планетами. *Kepler-186* является красным карликом спектрального класса M, и она в половину меньше и легче Солнца. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / Институт поиска внеземного разума (SETI) / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института

Вероятно, самым впечатляющим открытием стало обнаружение первой планеты с твердой поверхностью размером с Землю внутри обитаемой зоны центральной звезды. Несмотря на то что преждевременно говорить, является ли эта планета под названием *Kepler-186f* настоящей сестрой Земли, ученые теперь вполне уверены в том, что подобные Земле планеты действительно существуют.



Сопоставление размеров планет в системе *Kepler-37* с планетами Солнечной системы. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института

– Это был момент истины для команды проекта «Кеплер», – говорит Баркли. – Можно сказать, водораздел, после которого мы практически получили право сказать «миссия выполнена», потому что мы навсегда поменяли картину человеческого знания. Это открытие показало, что существуют и другие миры, подобные нашему.

Kepler-186f – пятая, самая далекая от светила планета, обнаруженная в системе карликовой красной звезды Kepler-186, расположенной в 490 световых годах от Земли. Планета совершает один виток по орбите вокруг звезды за 130 земных суток и находится сразу за внешним краем обитаемой зоны этой системы.

Больше прочих открытий Баркли ценит находку самой маленькой известной на данный момент экзопланеты.

– Это моя личная гордость, – хвалится он, – потому что обнаружить ее было крайне непросто. Мы нашли планету по размеру меньше Меркурия и тем самым доказали, что мы можем открывать не только эти громадные горячие Юпитеры; нам удалось заметить объект меньший, чем самые маленькие планеты в Солнечной системе. Эта находка хорошо демонстрирует многообразие далеких планетарных систем.

Kepler-37b находится на расстоянии 210 световых лет от Земли, и эта планета лишь чуть больше нашей земной Луны, ее диаметр составляет примерно треть от земного.

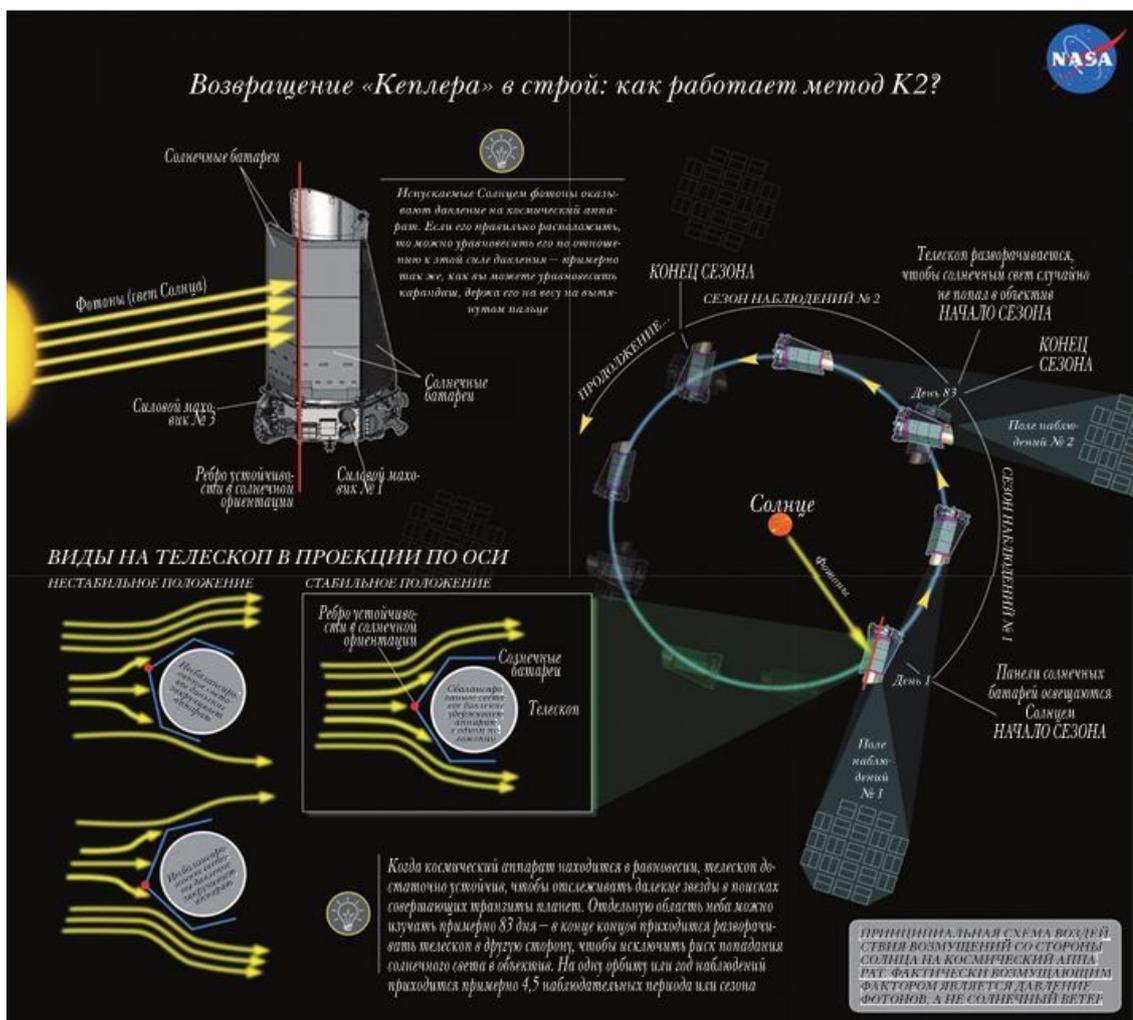
Каждое из этих открытий вызывало всеобщий восторг, как говорит Баркли:

– Мы собрали большую команду. Мы разработали замечательную программу регулярной работы, и она приносила невероятное количество удивительных научных плодов. А потом вдруг наш аппарат сломался.

## K2

14 мая 2013 года один из силовых маховиков «Кеплера» отказал. Это функционирующие по принципу гироскопа устройства, которые удерживают космический аппарат в заданном положении и позволяют наводить телескоп очень точно в сторону требуемого центра поля зрения. Отказ вызвал большую тревогу, потому что за год до этого еще один силовой маховик «Кеплера» перестал работать. Всего на его борту стояло четыре силовых маховика, но теперь из них остались в строю только два. А такому аппарату необходимо минимум три прибора ориентации, чтобы стабилизироваться достаточно точно для охоты на экзопланеты.

– Мы уже шесть месяцев ожидали, что это, возможно, произойдет, – говорит Томас Баркли. – Было очевидно, что дни второго силового маховика сочтены. Но то, что случилось, все равно стало для нас ударом, и мы все ходили удрученными. Но мы не переставали искать, что еще можно сделать, ведь в нашем распоряжении такой замечательный космический телескоп.



Инженеры изобрели новый способ стабилизации и управления космическим телескопом. В этом методе Солнце используется как «третий маховик», и это позволило «Кеплеру» не только возобновить прерванный поиск планет, но и сделать новые открытия о природе молодых звезд и сверхновых. *Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / В. Штенцель*

Отчасти утешало то обстоятельство, что, хотя «Кеплер» и не мог вести новые съемки, в результате его работы уже были накоплены терабайты данных для изучения и в них наверняка имелись следы присутствия новых экзопланет. Но был шанс и на то, что обсерватория «Кеплер» пригодилась бы для чего-то иного и ее новые задачи не потребовали бы такой, как прежде, точности наведения. NASA решило организовать конкурс идей путем рассмотрения оформленных технических предложений.

Тем временем инженер по имени Даг Ваймер из компании Ball Aerospace, построившей «Кеплер», занимался проблемами других спутников, у которых отказали силовые маховики. Это касалось на самом деле нескольких проектов, особенно таких космических аппаратов, которые уже отработали свой гарантийный срок.

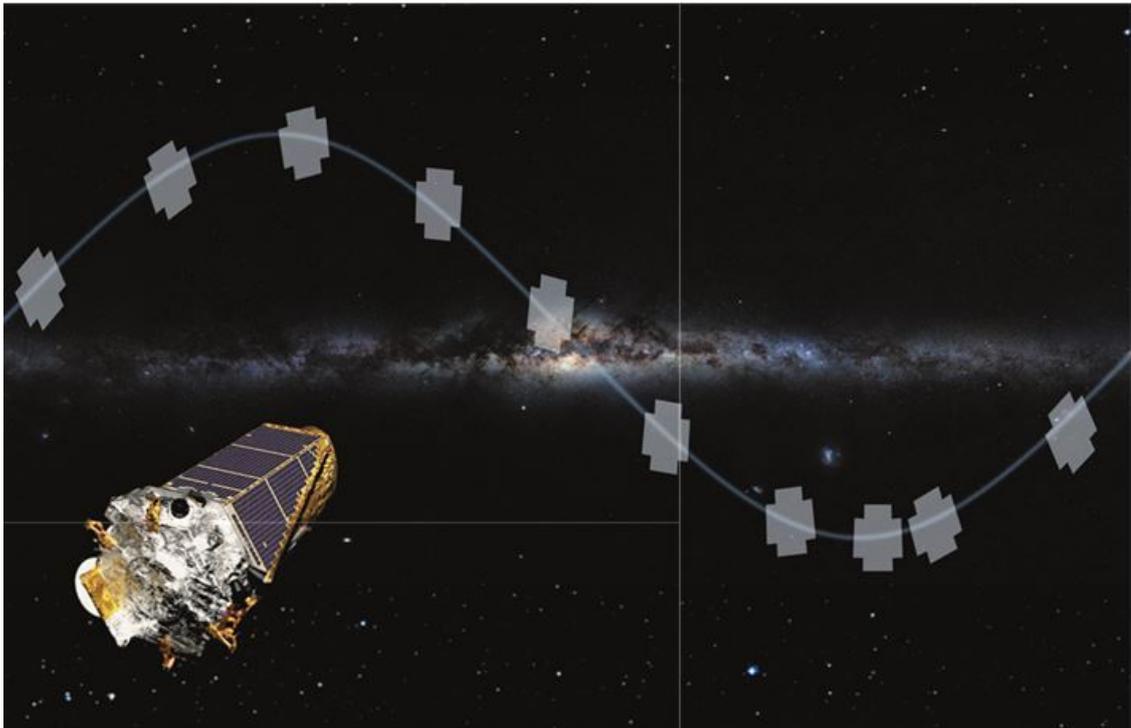
Ваймер разработал теорию, в которой одним из действующих факторов было так называемое **давление солнечного излучения**. Когда Солнце освещает аппарат, в особенности когда свет падает на солнечные батареи с их большой площадью, составляющие его фотоны оказывают маленькое, но измеримое силовое воздействие, которое называется **давлением излучения**. Все, кто занимается управлением полетами спутников и других космических аппаратов, должны учитывать эту силу при вычислении траекторий полета, потому что она действительно влияет на движение аппаратов. Действие этой силы лежит в основе концепции использования солнечного паруса в качестве движителя для небольших искусственных космических тел.

Идея Ваймера заключалась в том, чтобы сориентировать «Кеплер» так, чтобы давление излучения равномерно распределялось бы по поверхности панелей солнечных батарей и работало бы вместо третьего силового маховика. Таким образом, одна из тех сил, которым противостоит система ориентации при нормальной работе космического аппарата, теперь помогала стабилизировать аппарат.

Группа инженеров из Ball Aerospace проверила идею на практике, и она оказалась работающей.

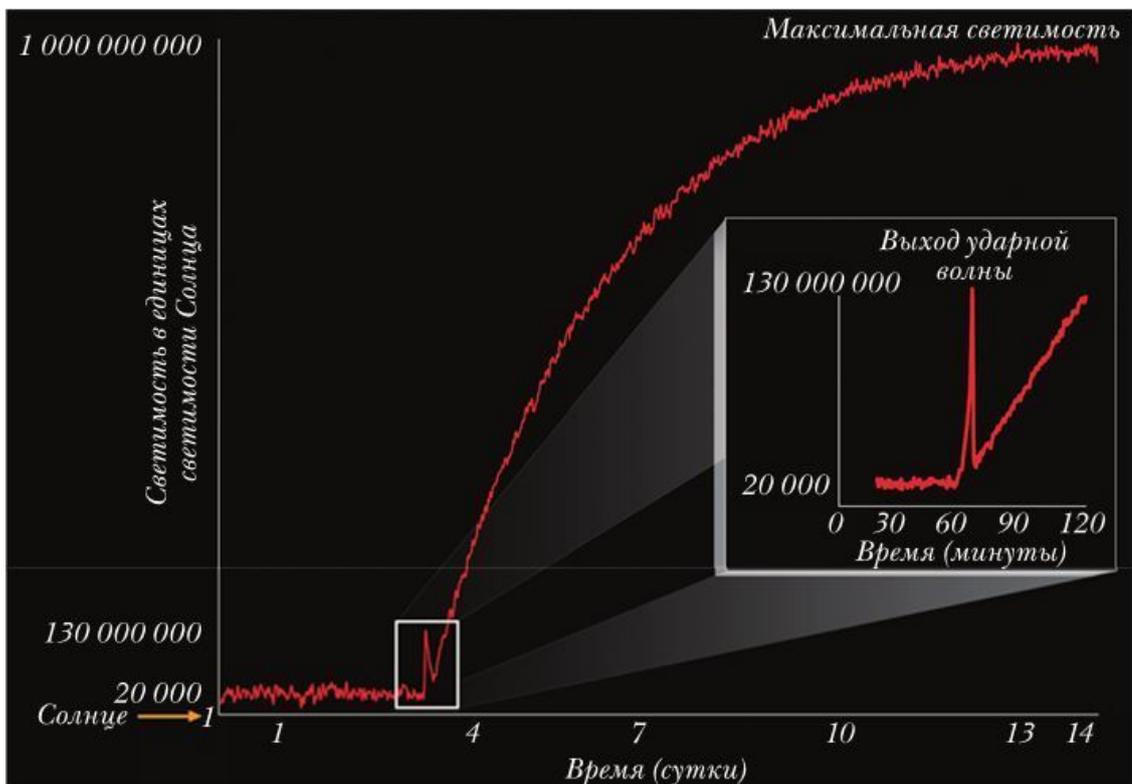
– Это было блистательное решение! – восклицает Уэсли Трауб. – Я должен заявить, что как руководитель научных работ по программе исследования экзопланет я целыми днями толковал с умнейшими инженерами в мире, но никому другому такая идея в голову не пришла. Это было прямо как в книжке или в кино, когда внезапно случается чудо и все оказываются спасены.

Несмотря на то что телескоп теперь не может нацеливаться так же точно, как раньше, стабильность его ориентации близка к требуемой. Платой за продолжение работы стала потеря возможности постоянно наблюдать за одним и тем же участком неба. Вместо этого околосоляную орбиту «Кеплера» разделили на отдельные «сезоны», в течение которых он наблюдает определенный участок небесной сферы 83 дня, а затем, когда телескоп улетит достаточно далеко вдоль своего орбитального пути вокруг Солнца и направление давления солнечного света на него изменится, космический аппарат надо повернуть в другое положение, чтобы восстановить равновесие. Затем следующие 83 дня он наблюдает новый участок неба.



*Различные расположенные вдоль эклиптики цели наблюдений, смена которых происходит каждые 83 дня во время работы по программе K2. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса*

– Это оказалось фантастически прекрасным решением – первоклассная идея об уравнивании спутника по отношению к давлению солнечного света, чтобы обеспечить его стабилизацию, – говорит Баркли, – и она сработала даже лучше, чем мы ожидали.



*График показывает изменение яркости сверхновой по отношению к светимости Солнца по мере развития катастрофического события. NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / В. Штенцель*

Но «Кеплер» больше не мог наблюдать за той областью неба, которую он изучал раньше, и поэтому родился новый этап проекта, обозначенный K2.

Проект «Кеплер» имел очень узконаправленную научную специфику, но K2 – это уже «совсем другая история», утверждает Баркли.

– Мы не просто используем старый «Кеплер» с чуть сбитым прицелом, мы ведем совершенно иной проект.

Программой K2 занимаются ученые в нескольких странах мира, и она является одним из немногих проектов NASA, для которых не требуется четкая постановка научной задачи. Поскольку программа управляется коллективно, совет ученых решает, как именно будет использоваться космический телескоп, делая выбор из определенного количества поданных заявок. Эти предложения формируются исходя из того, какой именно участок неба будет в поле зрения «Кеплера» в течение предстоящего 83-дневного наблюдательного сезона.

– Мы выполняем увлекательные, крайне продуктивные исследования, – говорит Баркли, который теперь возглавляет центр по обслуживанию сторонних наблюдателей по программе K2 в центре имени Эймса. – На такие исследования «Кеплер» изначально не был рассчитан. Мы ищем все что угодно – от гигантских черных дыр до сверхновых в далеких галактиках. Каждый раз, когда мы проводим конкурс предложений, наш наблюдательный кругозор делается все шире и шире.

Сверхновые – это невероятной мощи взрывы массивных звезд; никто не знает заранее, когда такое событие может случиться. Так как в программе K2 проводятся наблюдения больших участков неба, в течение 83 дней в пределах этого участка постоянно отслеживаются возможные вспышки сверхновых.

– Примерно одна сверхновая раз в сто лет взрывается в одной галактике, – рассказывает Томас, – поэтому, если вы смотрите на 10 000 галактик одновременно, вам повезет увидеть достаточное количество взрывающихся сверхновых.

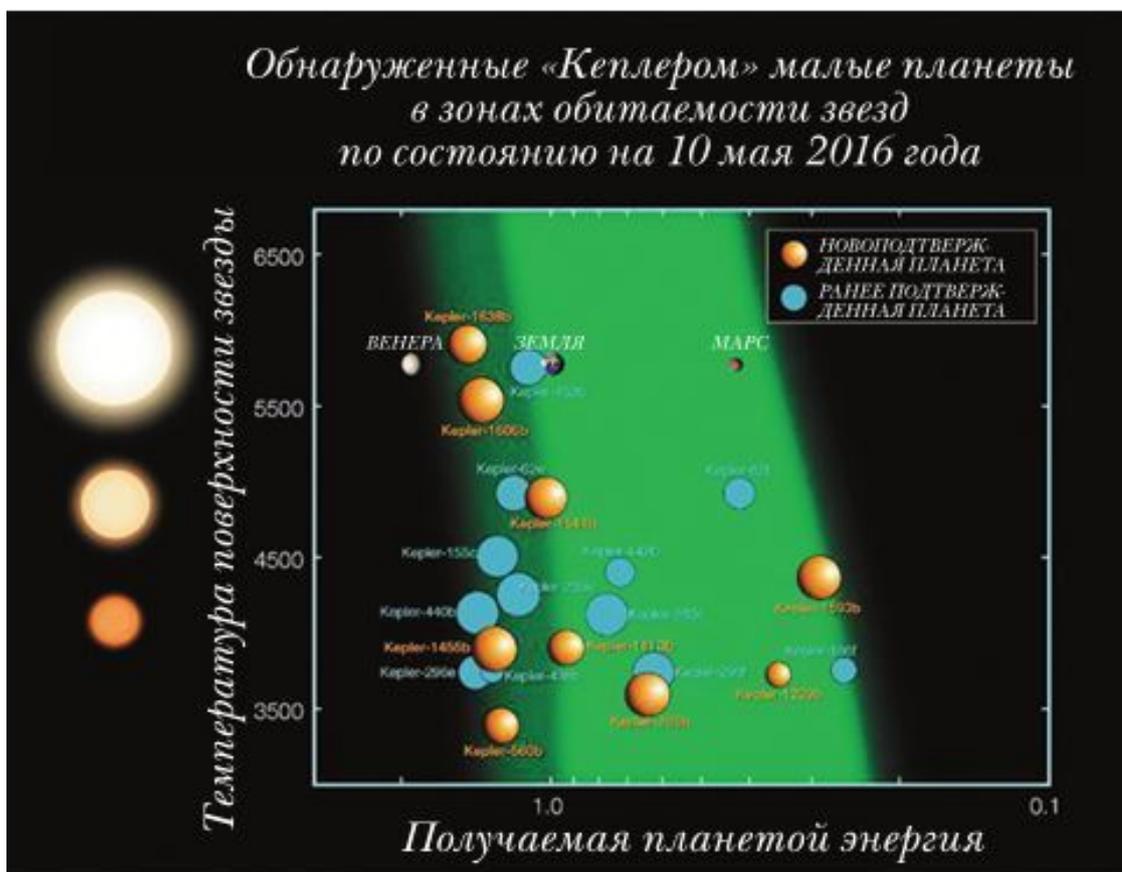
И вот в марте 2016 года команда ученых проекта «Кеплер» объявила, что им впервые в мире удалось заснять яркую вспышку, отмечающую начальный момент взрыва сверхновой – это событие также называют «**выход ударной волны**», – когда поверхность звезды разрушается под действием взрыва. Выход ударной волны продолжается всего лишь около двадцати минут, и только теперь астрономам удалось увидеть, что происходит, когда звезда взрывается как сверхновая. До этого момента такие наблюдения не проводились; следя за последующим развитием взрыва, ученые получают много информации об этой космической феерии. Впервые наблюдение такого типа проводилось во время действия основной программы проекта «Кеплер», как говорит Баркли.

– «Кеплер» приоткрыл для нас дверь, за которой ждали наблюдения этих зрелищных явлений, а программа K2 широко ее распахнула, предоставив нам возможность наблюдать их десятками, и эти результаты – интригующее вступление к тому, чего еще можно ждать от K2!



Скриншот из веб-программы «Planet Hunters» (англ. «Охотники на планеты». – Прим. пер.). Участники проекта «Planet Hunters» занимаются сортировкой данных наблюдаемой яркости звезд в форме графиков яркости, отложенных по времени (также известных как кривые блеска), и выделяют различные типы переменности звезд. В значительной мере переменность (на временных масштабах от часов до дней) может быть вызвана появлением на звезде пятен или пульсациями различных типов переменных звезд. Помощь со стороны участников «Planet Hunters» в сортировке семейств сходных кривых блеска является частью важного научного исследования. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / веб-ресурс *Zooniverse*

Другие соперничающие предложения заключаются в программах наблюдения планет Солнечной системы, поскольку они теперь попадают в поле зрения телескопа при работе по программе K2. Тем не менее экзопланетам по-прежнему посвящена значительная часть проекта.



С момента запуска «Кеплера» в 2009 году 21 планета размером, не превышающим двойной диаметр Земли, была обнаружена в обитаемых зонах различных звезд. Оранжевые сферы на схеме обозначают девять свежеподтвержденных планет, о которых было объявлено 10 мая 2016 года. Голубые диски представляют 12 ранее известных планет. Расположение всех планет на графике дано по координатам: температура центральной звезды (вертикаль) и количество энергии, получаемой планетой от звезды. Показанные размеры экзопланет демонстрируют их размеры по отношению друг к другу. Значки Земли, Венеры и Марса помещены на эту диаграмму для сравнения. Светло-зеленая и темно-зеленая область показывают обитаемую область по консервативной и оптимистичной оценке соответственно. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / Н. Баталья и В. Штенцель

– Мы по-прежнему остаемся действующим «генератором экзопланет», – говорит Баркли. – Многие ученые перешли с «Кеплера» на K2, так что в нашем распоряжении готовое сообщество экспертов по экзопланетологии, которые могут быстро оценить новые данные. Мы отдаем предпочтение звездам, которые ярче и ближе расположены к нам – происходящее вокруг таких звезд легче понять и пронаблюдать с Земли. Мы стремимся отыскать самые лучшие и интересные планетарные системы.

Есть надежда, что программа K2 продолжится и в течение 2017 года. Существует ограничение по количеству оставшегося топлива в реактивных двигателях ориентации, после исчерпания которого аппарат не получится удерживать в нужном положении.

– Не так-то просто понять, сколько именно топлива у нас осталось, – объясняет Томас, – и на это есть две причины. Первая заключается в том, что мы измеряем давление в баке, а не на выходе реактивного сопла, а вторая та, что мы не знаем, получится ли у нас полностью израсходовать запас топлива в баке, или же какая-то часть топлива останется внутри. Так что оценить, как долго еще мы сможем работать, можно лишь с определенной долей дара пророчества.

Но «Кеплер» еще, быть может, удивит нас, потому что на его счету уже есть невероятная история преодоления трудностей.

– Мы прожили удивительные, нереальные события вместе с маленькой группой коллег, которые не были готовы сдаться и признать, что проект окончен, и вернули наш прибор в строй, – говорит Баркли. – Вместо того чтобы сложить руки, они создали фантастическую научную машину, которая неустанно обеспечивает данными все научное сообщество, чтобы ученые могли совершать новые удивительные открытия.

## **Добровольцы – охотники на планеты**

Не только астрономы могут заниматься поиском новых планет. Это можете делать и вы. Общественный научный проект под названием Planet Hunters дает возможность любому помочь ученым из команды проекта «Кеплер» прочесывать данные и искать признаки наличия экзопланет.

– Я думаю, это крайне важная инициатива, – комментирует Натали Баталья, – как с точки зрения команды «Кеплера», так и для тех, кто принимает в ней участие. Это дает возможность людям попробовать на практике научную деятельность, а также внести реальный вклад своими собственными открытиями. В Planet Hunters заложен большой потенциал совершения ценных открытий, впрочем, как и в другие общественные научные проекты.

Поскольку наблюдения «Кеплера» сделали доступным огромный объем данных, астрономы полагаются на компьютеры, которые помогают им сортировать эти данные и искать возможных планетных кандидатов. Но мозг человека в действительности работает лучше, чем компьютер, когда требуется выявить странную или необычную последовательность, которая может быть признаком совершающей транзит планеты. Чтобы принять участие в таком поиске, от вас не требуется быть экспертом в астрономии или планетологии, и вебсайт Planet Hunters ([www.planethunters.org](http://www.planethunters.org)) оснащен простой навигацией и интерактивными учебными курсами.

На данный момент Planet Hunters действует успешно, и участники уже сделали несколько открытий, в том числе даже отыскали первую планету, обращающуюся вокруг четырех солнц сразу! Двое добровольцев-исследователей, Кайан Джек и Деррил Лакорс, получили специальную награду от Американского астрономического общества за свой вклад в изучение экзопланет.

– Невозможно преувеличить, насколько важно давать простым людям и особенно молодежи почувствовать то волнение, которое переживаешь, совершая научное открытие, – сказала Баталья.

## Будущее планетной охоты

Билл Бораки покинул свой руководящий пост в 2015 году и, уходя на покой, передал эстафетную палочку новому поколению ученых, которые ищут иные миры.

– Величайшей честью для меня была возможность разработать и возглавить проект «Кеплер». Он доказал, что Галактика полна землеподобными планетами, которые находятся в зонах обитаемости своих звезд. Новые проекты с более широкими возможностями покажут, верно ли, что в Галактике повсюду процветает жизнь, – говорит Бораки. – Я надеюсь, что молодые люди всего мира примут этот научный вызов по изучению нашей Галактики и создадут средства, при помощи которых продолжится поиск внеземной жизни и нашего места среди звезд.

«Кеплер» сумел обнаружить потенциально обитаемые миры, но как же мы можем однозначно заключить, пригодна или нет для жизни конкретная далекая планета и, что самое важное, есть ли на ней уже какая-нибудь жизнь?

Баталья, Баркли и Трауб в один голос говорят, что «Кеплер» лишь чуть коснулся вопроса об изучении различных типов планет в нашей Галактике и следующим шагом будет разработка таких инструментов, которые позволят ответить на вопрос о существовании иной жизни.

– Это волнующее время, – говорит Баркли. – Мы находимся почти что на грани совершения действительно великих открытий.

Сейчас в планах создание нескольких космических аппаратов, нацеленных на изучение экзопланет, и первым из них будет Transit Exoplanet Survey Satellite (TESS)<sup>48</sup>, который должен отправиться на орбиту в 2017 году<sup>49</sup>. Метод поиска, который будет использовать TESS, аналогичен тому, что применяется на «Кеплере», – это поиск планетарных транзитов. Но TESS будет искать планеты у звезд намного ближе к Земле, чем те, которые изучал «Кеплер»: большая их часть находится на расстояниях от 500 до 3000 световых лет от Земли. Как и «Кеплер», TESS будет стремиться зафиксировать наличие землеподобных планет с твердой поверхностью и подходящими условиями для существования на них жидкой воды и других факторов, благоприятных для жизни. TESS будет сканировать все небо, чтобы отслеживать более полумиллиона звезд в наших галактических окрестностях.

Лучше всего помогает определить, пригоден ли тот или иной мир для жизни, изучение его атмосферы. С нетерпением ожидается, что James Webb Space Telescope<sup>50</sup> с его зеркалом диаметром 6,5 м проведет более глубокие наблюдения атмосфер близлежащих планет, обнаруженных K2 и TESS, измеряя содержание молекул таких веществ, как углекислый газ, метан и водяной пар.

«Джеймс Уэбб» намечен к запуску в 2018 году<sup>51</sup>. Это инфракрасный телескоп (работающий в невидимом глазу диапазоне спектра), и его основные задачи – изучать Галактику, формирование звезд и планет во Вселенной, а также – заглянуть как можно дальше в прошлое, чтобы увидеть, как образовались самые первые галактики и звезды. «Джеймс Уэбб» должен стать главной астрономической обсерваторией предстоящего десятилетия; с этим проектом вы детально познакомитесь в финальной главе этой книги.

---

<sup>48</sup> Транзитный космический телескоп-спутник. – *Прим. пер.*

<sup>49</sup> Запуск телескопа TESS не состоялся в 2017 году и планируется к осуществлению на 16 апреля 2018 года при помощи ракеты-носителя Falcon 9. – *Прим. пер.*

<sup>50</sup> Космический телескоп «Джеймс Уэбб». – *Прим. пер.*

<sup>51</sup> На данный момент планируется запустить космический телескоп «Джеймс Уэбб» на орбиту весной 2019 года. – *Прим. пер.*

Европейское космическое агентство планирует запустить аппарат PLATO<sup>52</sup> около 2024 года, чтобы изучать землеподобные планеты с твердой поверхностью в обитаемых зонах похожих на Солнце звезд, расширяя применение метода астросейсмологии.

Wide Field Infrared Survey Telescope (WFIRST)<sup>53</sup> – может начать свою работу в середине 2020-х годов. В этом проекте в телескоп будет преобразован неиспользованный спутник-шпион из арсенала американского Национального управления военно-космической разведки, размер главного зеркала которого такой же, как у космического телескопа «Хаббл», – 2,4 м, но поле зрения в 200 раз шире. Это позволит ему обозревать большую часть неба с более высоким разрешением, чем любая космическая обсерватория до него. Чтобы искать экзопланеты, этот аппарат будет использовать методику **микрولينзирования**.



Схема демонстрирует астрофизические аппараты NASA, предназначенные для поиска жизни вне Земли. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса / Н. Баталья и В. Штенцель

– Когда звезда, более близкая к нам, проходит на фоне более далекой звезды, – рассказывает Трауб, объясняя принцип микрولينзирования, – ее гравитация искривляет лучи света и увеличивает далекую область, по причине чего яркость более далекой звезды повышается. Если на орбите вокруг более близкой звезды есть планета, это вызовет появление небольшого всплеска света, который WFIRST сможет измерить.

«Кеплер» способен обнаруживать транзитные планеты на орбитах, пролегающих на расстоянии около 1 **астрономической единицы** (АЕ, равной расстоянию от Земли до Солнца) от центральной звезды или ближе к звезде, а WFIRST будет обладать достаточной чувстви-

<sup>52</sup> PLAnetary Transits and Oscillations – «Планетарные транзиты и колебания». – Прим. пер.

<sup>53</sup> Широкоугольный инфракрасный обзорный телескоп. – Прим. пер.

тельностью, чтобы обнаруживать планеты меньшего размера, чем Земля, на расстояниях от своих звезд больше 1 АЕ. Используя коронограф для того, чтобы перекрывать свет звезды, телескоп WFIRST также сможет напрямую зарегистрировать отраженный от некоторых крупных планет свет.

– Это послужит дополнением к методам измерения радиальной скорости и обнаружения транзитов, наиболее эффективным для обнаружения планет, обращающихся близко к своим звездам, – объясняет Трауб. – Невозможно экстраполировать данные «Кеплера», чтобы определить, с какой частотой встречаются те или иные планеты вдали от звезд. Необходимо по-настоящему пронаблюдать и измерить, что именно и как создала природа. Бесплезно пытаться это угадать, потому что вы почти наверняка ошибетесь!

– «Кеплер» накапливает статистику по экзопланетам в пределах радиуса земной орбиты, – говорит Баталья. – WFIRST же будет нацелен на определение частоты планет, находящихся на орбитах радиусом с земную и больше. Так что со временем мы получим ясную картину того, какие виды экзопланет существуют.

Есть надежда, что после середины 2020-х годов появится технология, которую можно будет положить в основу прибора, способного красноречиво указать на наличие признаков жизни в атмосферах землеподобных планет с твердой поверхностью, находящихся в системах звезд в наших космических окрестностях.

## Экзистенциальные экзопланеты

В начале этой главы Баталья упоминала умопомрачительное число – возможный миллиард планет размером с Землю в обитаемых зонах солнцеподобных звезд. Но ведь это количество планет только лишь в нашей галактике Млечный Путь. Если экстраполировать его на всю остальную Вселенную, то полученная величина поражает воображение. Астрономы утверждают, что в наблюдаемой Вселенной, возможно, более 170 млрд галактик, рассыпанных в области пространства, простирающейся от нас на 13,8 млрд световых лет во всех направлениях.

Поэтому, если умножить количество звезд в нашей Галактике на количество галактик во Вселенной, то получится примерно  $10^{24}$  звезд. Это единица, за которой тянутся 24 нуля, или септиллион звезд.



*Так художник изобразил планеты, открытые при помощи космического телескопа «Кеплер», созданного NASA. Источник: NASA / В. Штенцель*

Если другие галактики подобны нашей, во Вселенной может быть поразительное количество обитаемых миров. Так что, при том что работа «Кеплера» важна для науки, она еще и позволяет нам понять, насколько скромно наше место в космическом океане.

Натали Баталья однажды написала: «Как ученый, вы проживаете свою жизнь так, будто бы вам предназначено открыть, понять и разгадать любую тайну». Я спросила, что значит для нее на личном и, может быть, эмоциональном уровне быть причастной к открытиям, которые помогают, по сути, дать ответы на вопросы, веками мучившие человечество.

– В нашей работе присутствует определенный экзистенциальный компонент, – говорит она, – и хотя это лишь часть моей карьеры, я позволяю себе задумываться о таких глобальных вопросах, и тогда я чувствую себя невероятно счастливой и наделенной редкой привилегией. Это меняет мой взгляд на жизнь и мои представления о положении человека в мире.

Кроме того, не стоит забывать о радости первооткрывателя, о том колоссальном удовлетворении и счастье, которое она приносит, – продолжает Натали. – Есть что-то истинно праздничное и волнующее в том, когда все детали головоломки ложатся на место и вы делаете открытие, которое меняет наш взгляд на мир.

Такого рода размышления пронзительно и резко отдаются в душе Батальи в эти дни – ей и ее семье приходится бороться с тяжелой болезнью, которой страдает один из ее детей.

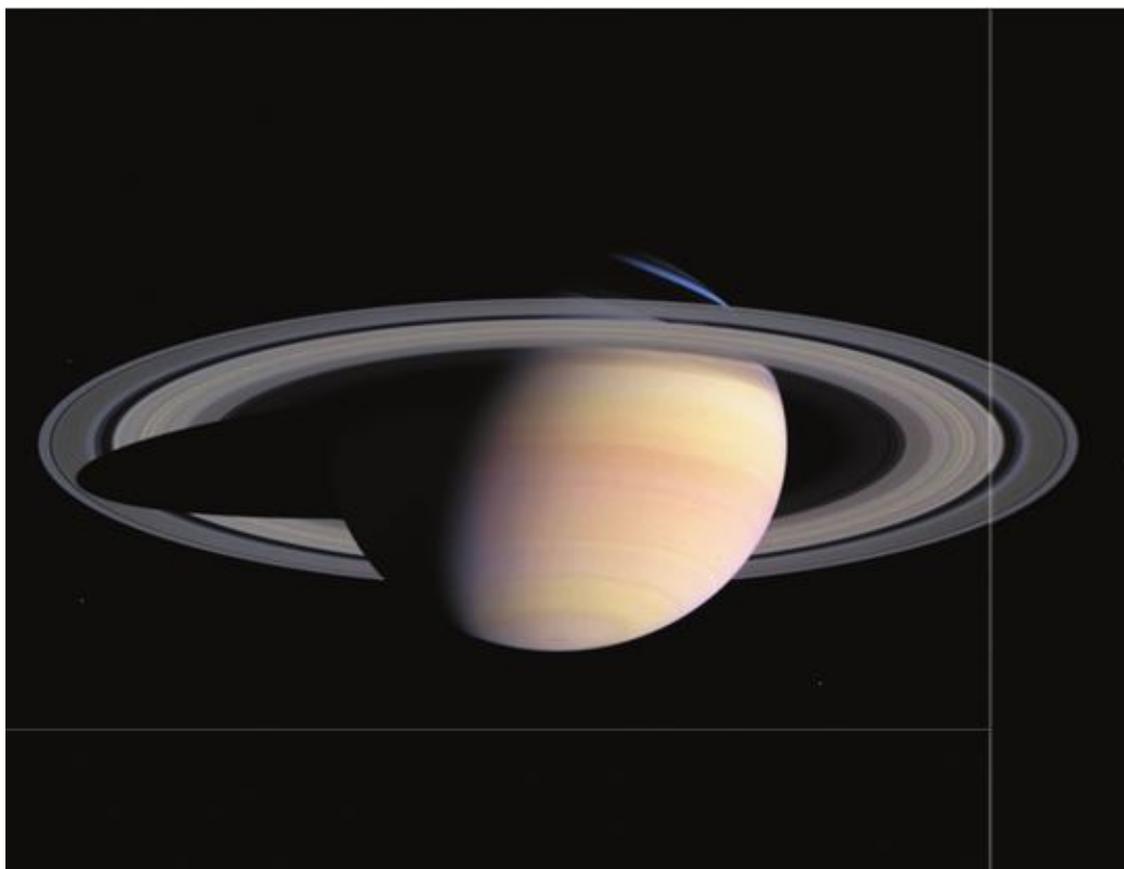
– Так что, да, сейчас в моей голове творится невесть что, – признаётся она, – и приходится сделать шаг назад, подумать о смысле жизни как таковом. Но работа в таком проекте, как этот, придает моей жизни более значительный смысл, потому что так я занимаюсь чем-то вне меня, за пределами моих личных проблем и битв, и я действительно думаю о том месте, которое занимает человечество. «Кеплер» показал нам более широкую картину того, почему мы здесь, в каком направлении мы развиваемся и что еще может ждать нас на просторах Вселенной.

## Глава 6

# Раскрывая секреты окольцованного мира и его ледяных лун: «Кассини – Гюйгенс»

### На последних каплях топлива

В начале 2016 года автоматическая межпланетная станция «Кассини» продолжала свой полет почти без топлива в баках.

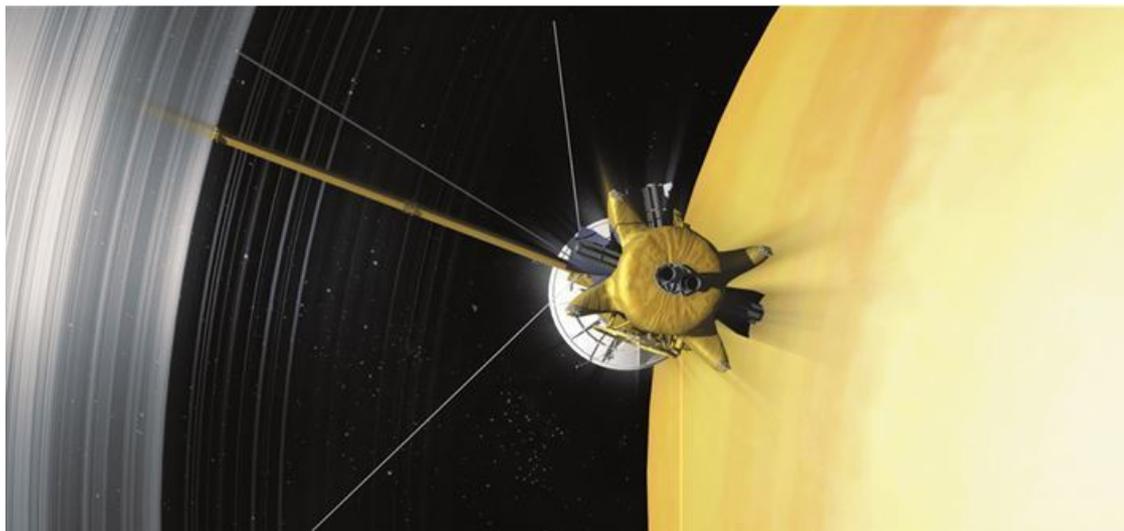


*Умиротворяющая красота: когда межпланетная станция «Кассини» приближалась к своей цели в мае 2004 года, она сделала этот снимок Сатурна и его колец. Если приглядеться, можно увидеть и несколько ледяных спутников планеты. «Кассини» находился на расстоянии 28,2 млн км от Сатурна. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

– На приборной доске определенно зажегся индикатор «мало топлива», – говорит Линда Спилкер, научный руководитель проекта длиною в двадцать лет «Кассини – Гюйгенс», целью которого является изучение Сатурна. – Мы просто не знаем точно, когда двухкомпонентное ракетное топливо, с помощью которого мы меняем форму орбиты, совсем закончится.

Несмотря на внешнее спокойствие и дружелюбную улыбку Спилкер, мы понимаем, что ситуация с малым остатком топлива довольно тревожна для нее и ее коллег по международной

команде проекта «Кассини». У станции должен быть запас топлива для того, чтобы выполнить маневры для подготовки к страшному, но необходимому концу ее полета.



*Иллюстрация того, как может выглядеть «Кассини», совершающий последние орбитальные витки между самыми внутренними кольцами Сатурна и его облачной атмосферой. На этих орбитах будет выполнена последняя программа по проекту «Кассини» под названием «Большой финал», который завершится входом «Кассини» в атмосферу Сатурна в сентябре 2017 года. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Начиная с 2004 года «Кассини» находится на орбите Сатурна, изучая великолепную газовую гигантскую планету, лавируя между на удивление разнообразными шестьюдесятью двумя его ледяными лунами и скользя вдоль краев его сложнейших знаменитых колец. Находки «Кассини» перевернули наше представление обо всей системе Сатурна, которая похожа на Солнечную систему в миниатюре. Работа «Кассини» позволила узнать много нового и интересного как о самом Сатурне, так и о секретах, таившихся в его спутниках: например, ожидалось, что Энцелад – это просто большой ледяной шар, а на самом деле на нем фонтанируют гигантские геотермальные гейзеры. А благодаря посадочному модулю «Гюйгенс» мы теперь знаем, что самая большая луна Сатурна Титан пугающе напоминает Землю, но при этом совершенно чужда нам.

Такой огромный, долговременный и беспрецедентный проект и заканчиваться должен эффективно. Весной 2017 года станция «Кассини» перейдет к последнему этапу своего полета, которому дали название «Большой финал», и начнет проходы сквозь небольшой промежуток между верхушками облаков Сатурна и внутренним краем его колец, чтобы сделать завершающую серию наблюдений планеты-гиганта вблизи. Затем 15 сентября 2017 года межпланетная станция упадет на Сатурн и будет полностью уничтожена жаром и давлением в его недрах<sup>54</sup>.

Таким образом «Кассини» совершит святой акт самопожертвования, который называют термином «**планетарная биологическая защита**» – так необходимо поступить, чтобы ни один из потенциально скрывающих местную жизнь спутников Сатурна не оказался бы загрязнен земными микроорганизмами, если когда-либо в будущем дрейфующий без управления и лишенный энергии космический аппарат случайно врежется в его поверхность. Земные микробы все еще могут оставаться к тому времени на деталях «Кассини», а его радиоизотопный генератор энергии может еще долгое время давать тепло. Если бы он упал на ледяную кору

<sup>54</sup> Завершение программы «Кассини» состоялось в точности по описанному плану. – Прим. пер.

одной из лун Сатурна, то мог бы погружаться в ее глубину, растапливая лед вокруг, пока не достиг бы подповерхностного океана – так об этом поведала мне Спилкер.

Иметь запас топлива важно, чтобы «Большой финал» был сыгран по плану. Поэтому на протяжении всех последних месяцев полета, когда бы станция ни производила маневр по изменению траектории, Спилкер остается ждать в своем кабинете (и неважно, который при этом час), пока не узнает точно, что топливо и на этот раз не закончилось.

– Просто мне хочется следить и ждать, когда же придет сигнал, который скажет, что все сработало, как нужно, – говорит она.



*Научный руководитель проекта «Кассини» Линда Спилкер и менеджер проекта Эрл Мейзи в тот момент, когда 25 мая 2016 года пришла новость об успешном завершении маневра понижения орбиты «Кассини», и космическому аппарату хватило топлива, чтобы закончить его по плану. При том что точное значение остатка топлива было неизвестно, группа управления полетом рисковала, не имея полной уверенности, хватит ли его «Кассини», чтобы до конца выполнить запланированный маневр. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Из-за огромного расстояния между Землей и Сатурном задержка между передачей сигнала с одной планеты и получением его на другой составляет около 90 минут, и, значит, с Земли невозможно управлять аппаратом у Сатурна в реальном времени или оперативно реагировать на непредвиденные ситуации.

– У нас есть запасные планы, – объясняет Линда, – так что, если топливо кончится в середине маневра, мы сумеем насколько возможно быстро перестроиться и завершить начатое при помощи гидразиновых двигателей малой тяги. Однако они так малы, что им потребуется работать несколько часов для компенсации того, что маршевый двигатель делает за минуты.

Не считая того, что Спилкер и команда управления полетом «Кассини» не знают точно, сколько на борту осталось топлива, сценарий всех событий, оставшихся до падения станции на Сатурн, известен им в деталях.

– Мы с точностью до минуты знаем, как будет выглядеть каждая из будущих орбит, поэтому мы хотим оставаться в рамках плана и не переделывать его, – говорит она. – Если бы

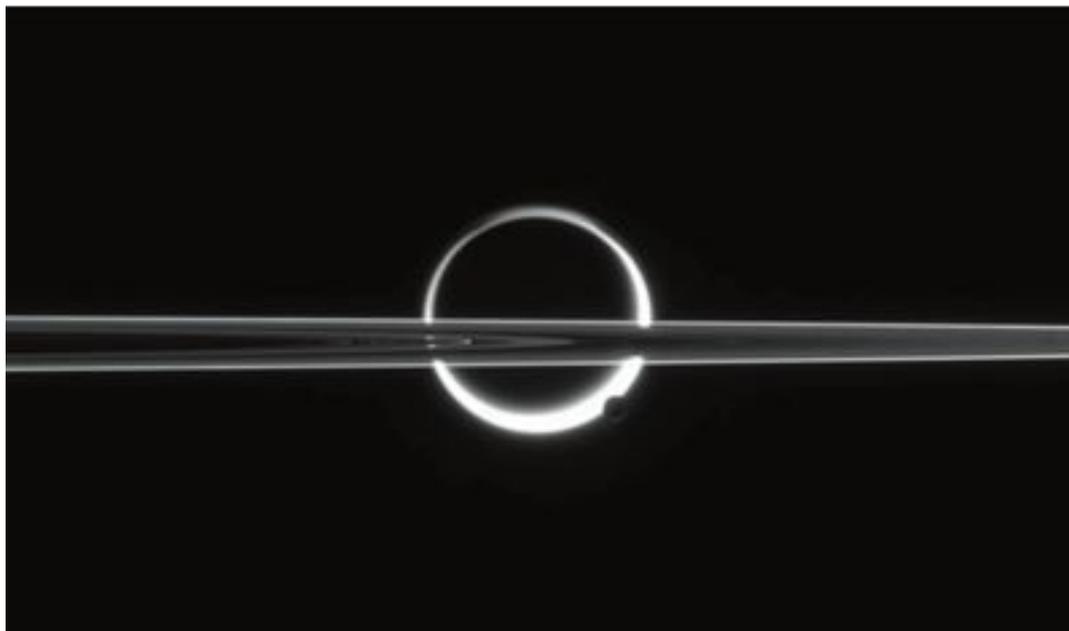
двухкомпонентное топливо<sup>55</sup> кончилось раньше времени, научной группе, видимо, пришлось бы отказаться от части наблюдательных планов, потому что у нас не осталось бы возможности выполнить их все.

К тому же довольно неуютно посылать межпланетную станцию, которую ты знаешь и любишь уже почти двадцать лет, в потенциально опасный район вблизи Сатурна, а потом нарочно разбить ее.

– Да, это страшно! – соглашается Линда Спилкер. – Мы посылаем «Кассини» туда, где он еще ни разу не бывал, но это обещает невероятные научные результаты. Мы окажемся настолько близко к планете, что сможем выполнить такие измерения, которые просто нельзя сделать нигде больше. И это действительно поможет нам – наконец – понять внутреннее строение Сатурна.

Вся команда планирует устроить «Кассини» достойные проводы.

– Когда начнется первый виток по близкой орбите, вся научная команда соберется в лаборатории реактивного движения, – говорит Спилкер. – Мы все будем, затаив дыхание, ждать появления сигнала, который скажет нам, что станция прошла промежуток между Сатурном и кольцами, и, как я надеюсь, после этого она повернется к Земле и скажет: «Да я в порядке, ничего такого!» А потом она отправит все собранные данные, и мы увидим восхитительные снимки колец и самой планеты.



*На этом разорванном пополам кольцами Сатурна сверхъестественном пейзаже ярко сияет серп Титана, который смыкается в туманное всепланетное кольцо, – лишь маленькая луна Энцелад нарушает его контур. У южного полюса Энцелада слегка виднеются выбросы его ледяных гейзеров. Рассеянный в атмосфере огромного (5150 км в диаметре) Титана свет окаймляет темный силуэт твердой поверхности спутника. На Энцеладе же, диаметром 500 км, небо значительно более ясное, чем на соседней луне, которая по размеру достойна называться планетой. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

О да... Снимки! Фотографии, присланные «Кассини», поистине завораживают. Немыслимые изображения лун, колец и самой газовой планеты – божественные творения, достойные

---

<sup>55</sup> Смесь тетраоксида азота и монометилгидразина. – Прим. пер.

места в художественном музее; при виде их останавливаешься как вкопанный и от восторга забываешь дышать.

## Как составить план

Глядя на триумфальный успех проекта «Кассини – Гюйгенс», трудно поверить, что полет этих аппаратов мог бы вовсе не начаться. Исходные планы проекта отвергались дважды. Согласно изначальному замыслу, возникшему в конце 1980-х годов, полет АМС должен был проходить по той же схеме, что и более раннее, невероятно успешное путешествие космических аппаратов Voyager: пара этих аппаратов стартовала в 1977 году и посетила Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Наблюдения, сделанные станциями Voyager на пролетных траекториях, породили столько загадок и вопросов, что был задуман новый полет земного разведчика – с упором на Сатурн и другие тела Солнечной системы.

– Сперва он именовался CRAF/Cassini, – говорит менеджер проекта «Кассини» Эрл Мейзи. – Сокращение CRAF расшифровывалось как comet rendezvous asteroid flyby<sup>56</sup>. Идея состояла в том, чтобы послать два одинаковых аппарата в различные места. Конструкция их должна была включать шарнирно-поворотные сканирующие платформы для всех научных инструментов и поворотные антенны. Но из-за сокращения бюджета такой проект сочли чрезмерно дорогим.

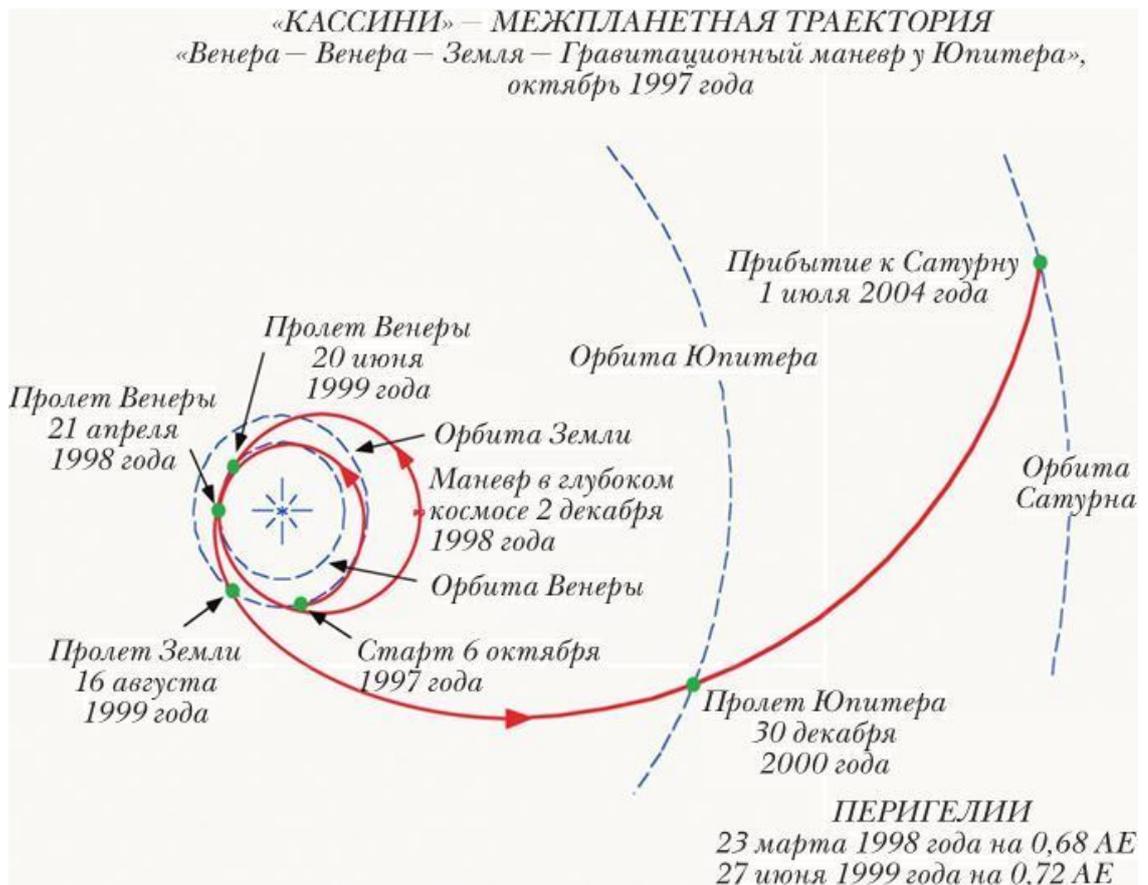
От CRAF отказались, и от «Кассини» отказались – почти что. Но совместно с NASA работали Европейское и Итальянское космические агентства, и они уже начали постройку аппарата «Гюйгенс» для изучения Титана. После долгих переговоров и во имя духа международного сотрудничества (всего над проектом работали девятнадцать государств) Конгресс США разрешил NASA построить «Кассини», чтобы запустить его в паре с европейским «Гюйгенсом».

– Но «Кассини» оказался слишком маленьким, – говорит Мейзи, – дошло до того, что все необходимое просто жестко прикручивали болтами к корпусу, и это повлияло на процесс управления полетом. Чтобы понять, как работает эта автоматическая межпланетная станция, представьте себе, что вы решили отправиться на фотосафари, привинтив свою замечательную фотокамеру Hasselblad на капот вашего «Лендровера». Если вы захотите сфотографировать вон того льва, вам придется развернуть в его сторону весь автомобиль.

Но на борту не одна лишь фотокамера. «Кассини» оснащен двенадцатью инструментами, которые в сумме выполняют двадцать семь видов наблюдений и регистрации параметров.

---

<sup>56</sup> Встреча с кометой и пролет астероида. – *Прим. пер.*



Схема, иллюстрирующая межпланетный перелет АМС «Кассини» по траектории «Венера – Венера – Земля – Гравитационный маневр у Юпитера». «Кассини» потребовалось 6,7 года, чтобы достичь Сатурна. Источник: лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института

– Иной раз группа радарного инструмента заказывает одно положение аппарата, тогда как группа получения изображений желает совсем другой ориентации, – говорит Мейзи. – А потом ребята по полям и элементарным частицам просят его повернуть еще куда-нибудь, а специалисты по космической пыли – совсем в другую сторону. Ах да, и еще мы раз в сутки должны развернуть станцию так, чтобы ее антенна большого усиления была направлена на Землю. Все начинают драться за наиболее выгодную для себя ориентацию.

Мейзи сказал, что ученые «Кассини» разработали особый процесс – теперь этой практике следуют и в других межпланетных проектах, потому что она работает, как видно, хорошо, – когда группы отдельных научных приборов собираются вместе и занимаются «нарезкой и разделом» каждого этапа полета с точностью до минуты. Они проектируют и выстраивают в деталях оптимизированные сценарии действий на месяцы вперед, находя моменты, когда каждый инструмент окажется в наилучшей позиции для проведения наблюдений. Когда план операций проходит утверждение и тестирование на Земле, десятидневная программа необходимых для его выполнения команд отправляется на борт «Кассини», после чего его бортовой компьютер управляет каждым маневром и полетной операцией.

– Это очень сложный процесс, похожий на изготовление швейцарских часов – все части должны подойти идеально, – говорит Эрл. – Но это работает. И мы занимаемся этим делом с 2002 года.

## Проблемы с Титаном

В 1999 году орбитальный аппарат «Кассини» и укрепленный на нем снаружи посадочный модуль «Гюйгенс» путешествовали по своему извилистому маршруту, конечной точкой которого была система Сатурна. Этот космический дуэт стартовал в 1997 году, но, вместо того чтобы сразу же устремиться к шестой планете от Солнца, пара аппаратов начала двигаться по траектории «Венера – Венера – Земля – Гравитационный маневр у Юпитера», дважды совершив пролет Венеры и один раз – Земли спустя два года после начала полета.

При том что все эти пролеты помогли станции набрать дополнительную скорость, нужную, чтобы достичь Сатурна, пролет Земли также позволил всем занятым в управлении полетом командам устроить проверку различных систем и приборов и сразу же получить отклик.

– Европейская группа хотела протестировать приемник «Гюйгенса» путем проверки приема передаваемых с Земли данных, – говорит Мейзи. – Это замечательный способ провести испытание в полете, поскольку есть старое изречение авиационных бортинженеров: «Проверь, когда летишь, и лети, когда проверяешь».



*Посадка модуля «Гюйгенс» на Титан в изображении художника. Источник: Европейское космическое агентство*

По прибытию в систему Сатурна «Гюйгенсу» предстояло отделиться от «Кассини» и пройти сквозь плотную и непрозрачную атмосферу Титана наподобие парашютиста в свободном падении, передавая данные на всех этапах спуска. У модуля «Гюйгенс» не было достаточно энергии и большой антенны, пригодной для прямой передачи собранных данных на Землю, поэтому «Кассини» предстояло в это время служить ретранслятором. Было необходимо убедиться, что этот способ передачи данных работает, иначе критически важная часть программы осталась бы не выполнена.

Титан, по размеру намного превосходящий земную Луну и уступающий только спутнику Юпитера Ганимеду, настоящая кладезь загадок. В 1655 году астроном Христиан Гюйгенс работал над улучшением новомодного технического изобретения под названием «телескоп». Применяя новые линзы, Гюйгенс обнаружил, что по соседству с Сатурном есть большой, выглядящий слегка размыто спутник. Много веков астрономы спорили, обладает ли Титан атмосферой,

подобной земной. Ни одна другая луна в Солнечной системе не наделена атмосферой, так, может быть, на Титане есть жизнь?

Когда Voyager 1 совершил пролет Титана в 1980 году, он обнаружил богатую азотом атмосферу, действительно напоминающую земную. Но она была заполнена настолько плотным органическим смогом оранжевого цвета, что станции Voyager не удалось заснять ни одной детали на поверхности луны. Что же там служило источником этой плотно окутывающей спутник атмосферы? Некоторые ученые предсказывали наличие океанов, но Титан настолько холоден – средняя температура на нем составляет  $-180^{\circ}\text{C}$ , – что моря и океаны на нем могут состоять только из жидких углеводородов, таких как метан и этан. Как может выглядеть поверхность Титана в этих условиях, никто не мог себе даже вообразить.

Посадочный аппарат «Гюйгенс» готовился к спуску на поверхность Титана, чтобы наконец позволить людям заглянуть в этот чуждый мир.

– По плану должно было происходить так: «Гюйгенс» двигался бы впереди в сторону Титана, а «Кассини» следовал бы сразу позади него, принимая данные, – рассказывает Мейзи. – Поэтому, чтобы проверить такую последовательность во время пролета Земли, «Гюйгенс», «Кассини» и Голдстоунский комплекс дальней космической связи были совместно запрограммированы на имитацию спуска модуля на Титан. Все прошло замечательно.

Кроме одной маленькой детали: «Кассини» не получил практически ничего из имитационных данных, а то, что им было получено, не поддавалось расшифровке. И никто не мог понять почему.

После шести месяцев скрупулезного расследования источник проблемы удалось найти. Разница в скоростях двух космических аппаратов была принята в расчет неправильно, из-за этого возникал сбой связи. Похоже на то, как если бы оба космических аппарата пытались связываться друг с другом на разных частотах.

– Европейцы пришли к нам и сказали, что у нас ничего не получится с Титаном, – рассказывает Мейзи. – Но мы стали собирать команды для мозгового штурма, чтобы найти какой-то выход.

Если говорить коротко, «болячка» системы связи была задана самим физическим устройством оборудования. Теперь межпланетная станция находилась за много миллионов миль, и ничего нельзя было изменить. Но инженерам пришла в голову остроумная идея, как можно использовать известный в физике эффект Доплера.

Эрл Мейзи предпочитает описывать это в виде метафоры: представьте себе, что вы сидите на берегу моря и видите катер, мчащийся вдоль берега близко к вам. Для вас он будет двигаться быстро. Но если бы тот же самый катер с той же самой скоростью шел бы вдоль горизонта, то казалось бы, что он еле ползет.

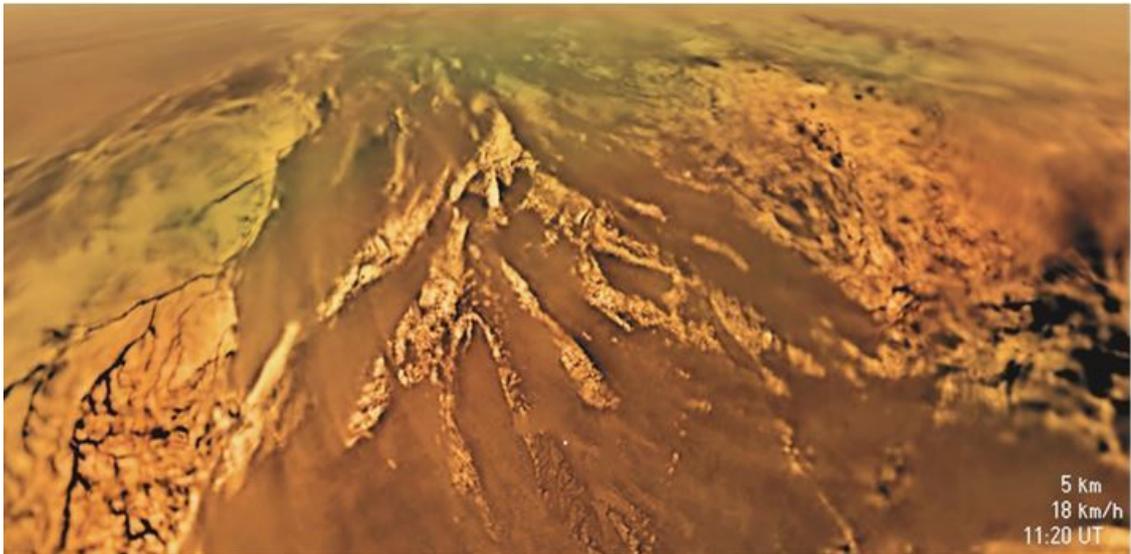
– Так как мы не могли изменить сигнал «Гюйгенса», единственное, на что можно было повлиять, – это траектория полета «Кассини», – говорит Мейзи. – Если бы нам удалось удалить «Кассини» на большое расстояние и сделать так, чтобы с его точки зрения «Гюйгенс» перемещался бы медленно, он бы начал принимать радиоволны с посадочного модуля на более низкой частоте, что решало проблему.

Мейзи сказал, что выработка окончательной процедуры заняла два года «причудливых модификаций кода и запутанных расчетов траекторий».

Но, из-за того что «Кассини» должен находиться достаточно далеко, он рано или поздно уходил за предельную возможную дальность приема, не успевая получить все данные с «Гюйгенса». Астрономы ввели в действие план, по которому большие радиотелескопы по всему миру должны согласованно прислушиваться к слабым сигналам «Гюйгенса», чтобы не упустить все то, что не удалось получить при помощи «Кассини».

Зонд «Гюйгенс» отделился от станции «Кассини» на западное Рождество 2004 года и прибыл на Титан 14 января 2005 года. Он начал передачу данных на «Кассини» через четыре

минуты спуска сквозь сумрачную атмосферу Титана, делая фотографии и записывая данные измерений по пути. Затем он мягко коснулся поверхности – таков был первый раз, когда земной аппарат совершил посадку на небесное тело из внешних окраин Солнечной системы.



*Посадочный модуль «Гюйгенс» сделал эту цветную фотографию поверхности Титана во время спуска в атмосфере спутника Сатурна в январе 2005 года. Источник: Европейское космическое агентство / NASA / лаборатория реактивного движения / Университет штата Аризона*

Из-за вышеописанной проблемы со связью «Гюйгенс» не мог собрать столько информации, сколько планировалось изначально, потому что ему пришлось вести передачу лишь на одном канале вместе двух. Но, что удивительно, «Кассини» удалось записать абсолютно все переданные «Гюйгенсом» данные до того, как он вышел за предельную дальность приема.



*«Место летчика-аса»: Михаэль Штауб, инженер группы управления полетом «Кассини», работает на терминале «летчика-аса» в Центре управления полетами (Space Flight Operations Facility, SFOF) лаборатории реактивного движения: как он говорит, это то же самое, что и «находиться в кабине» самой межпланетной станции. SFOF служил центром слежения и управления для всех ближних и дальних межпланетных беспилотных полетов NASA и других международных космических агентств, начиная с 1964 года, и заслужил звание Национального памятника культуры США. Зал управления, который также называют «темной комнатой», заполнен огромными дисплеями, где отображается состояние передачи и приема в обмене данными с далекими космическими аппаратами. Также в ней есть многочисленные индивидуальные терминалы, привязанные к конкретным программам. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения/ Билл Инголлс*

– Это было блистательно, – говорит Эрл Мейзи. – Я никогда не забуду тот день. У нас получилось все, и наша работа стала великолепным примером международного сотрудничества. Сам факт того, что девятнадцать стран смогли договориться об общей координации и состоялся старт, уже поражает, но это мелочи по сравнению с той всемирной мобилизацией, которая потребовалась, чтобы спасти программу «Гюйгенса». С инженерной точки зрения это может быть на голову выше всего остального, что мы делали в нашем проекте.

## Научная и фотодокументальная программа

Связке аппаратов «Кассини – Гюйгенс» потребовалось почти семь лет, чтобы достичь Сатурна, и с момента ее появления там программа полета должна была продлиться всего лишь четыре года. Но вместо этого к 2017 году, когда она действительно закончится, «Кассини» проведет на орбите окольцованного мира более тринадцати лет, сделав вокруг него более 300 оборотов. Он станет свидетелем бесчисленных захватывающих чудес и передаст на Землю невиданной красоты снимки и результаты точных измерений.

– Эпопея «Кассини», скорее всего, будет потом вспоминаться благодаря общей ее продолжительности и исполинскому объему научных открытий, совершенных с помощью станции, – говорит Мейзи. – Это был абсолютно необходимый космический аппарат в нужное время и в нужном месте, чтобы не упустить огромное количество явлений на Сатурне и в его окрестностях.

И Мейзи, и Спилкер утверждают, что работа станции «Кассини» продолжается так долго благодаря всем тем, кто конструировал и строил ее, а также усилиям всех специалистов, которые заботятся о ней. Этот стойкий аппарат испытал очень мало сбоев за весь период своего полета, и, как говорит Мейзи, вдобавок к тому, что «Кассини» отлично умеет диагностировать собственные неисправности, его талантливая инженерная команда прекрасно знает свое дело.

«Кассини» совершает научные открытия одно за другим, и, в частности, поэтому срок окончания проекта все сдвигается.

– Здесь, куда бы вы ни повернулись, вы можете увидеть что-то новое и удивительное, и это поддерживает постоянное воодушевление в команде, – говорит Спилкер.

Около 260 ученых из 17 стран работали над этим проектом, а Спилкер и Мейзи представляют ту часть команды, которая с «Кассини» от начала и до конца. Но все эти годы в проект шел постоянный приток молодых научных и инженерных умов, которые «отбывают свой срок воинской службы у нас, а затем отправляются завоевывать мир куда-нибудь еще», говорит Мейзи.

– То, что нашу школу прошло целое поколение космических инженеров и ученых, заставляет меня чувствовать гордость и помогает нам не потерять целеустремленность и энергию.



*Мало какие виды в Солнечной системе так невыразимо прекрасны, как Сатурн и его кольца. В 2005 году, когда был сделан этот снимок, угол падающих на кольца солнечных лучей создавал для «Кассини», находившегося в определенной точке наблюдения, систему кольцевых теней, отброшенных на северное полушарие планеты. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

График работы «Кассини» всегда плотно забит: каждую неделю случаются встречи с той или иной луной, а в промежутках выполняются маневры.

– Мы никогда не сидим без дела, – говорит Спилкер.



*Лунное «яблочко»: похоже, Энцелад и Тефия решили вместе сыграть в огромную космическую мишень и почти идеально выровнялись перед камерой «Кассини», паря над плоскостью сатурнианских колец. Размер «яблочка»-Энцелада составляет 500 км, а Тефии – 1062 км. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

Благодаря длительному полету межпланетной станции удалось пронаблюдать, как на Сатурне меняются времена года. «Кассини» провел на его орбите чуть менее полугода, почти два полных климатических сезона. Это позволило с его помощью проследить изменения в различных объектах – в частности, в кольцах – под воздействием разных углов падения солнечного света и температур.

## Открытки с Сатурна

Удивительные изображения, которые присылает «Кассини», помогают нам как бы отправиться в совместное с аппаратом путешествие и представить, что это мы сами находимся там и наблюдаем неправдоподобной красоты виды колец, лун, гейзеров и других чудес. И, хотя Сатурн и его окрестности, может быть, и одни из самых фотогеничных пейзажей в Солнечной системе, надо отдать должное и камерам аппарата, и сотрудникам группы обработки изображений.

Набор камер для фотосъемки называется научной подсистемой построения изображений<sup>57</sup> и состоит из узкоугольной камеры для съемки отдельных объектов в высоком разрешении и широкоугольной камеры для захвата большего поля обзора при низком разрешении.

Руководитель группы подсистемы построения изображений Кэролайн Порко говорит, что их камеры – это «чудодейственные приборы, потому что они превращают быстропротекающие и ко всему безразличные флюктуации электрических и магнитных полей в могучие эмоции».

Но на некоторых снимках кольца и луны словно бы позируют специально: так что же это за снимки? Просто результат удачных совпадений или заранее хорошо спланированные наблюдения?

– Некоторые из них действительно получились сами собой, а съемки проводились для решения других научных задач, – говорит Роберт Уэст, представитель группы обработки изображений «Кассини» при лаборатории реактивного движения. – Но по большей части, как и научные наблюдения, все снимки в нужных ракурсах планируются заранее.

В основном автор этих фотографий со множеством лун, Сатурном и кольцами – Майк Эванс из Корнелльского университета, который работает совместно с Карлом Мюррэем (Лондон) из нашей группы, – объясняет Уэст. – Некоторые снимки заблаговременно спланировала Кэролайн Порко, желая создать наибольший эффект потрясения.

Откуда же команда заранее знает, что у них будет возможность сделать тот или иной снимок?

– Раз в два месяца мы посылаем на «Кассини» тысячи команд, и планирование, куда именно следует повернуть камеру, начинается примерно за полгода до самой фотосъемки, – говорит Уэст. – Чтобы это можно было сделать, нам надо предусмотреть, где в точности будет находиться наш космический аппарат и где будут находиться сами луны Сатурна. Все это задачи небесной механики, а заключаются они в проведении очень точных измерений с Земли, ранее запущенных аппаратов и с самого «Кассини». Для вычислений используются уравнения законов механики Ньютона, модифицированные с учетом эффектов теории относительности Эйнштейна.

С этими точными вычислениями и прекрасными компьютерными программами группа управления полетом не только может руководить Кассини, но еще и знать заранее, где будет находиться станция и спутники Сатурна с точностью до десяти километров, иногда на несколько лет вперед. Такие расчеты нужны, чтобы получать великолепные фотографии и захватывающие научные результаты. Уэст говорит, что предельно точное определение параметров движения спутников по орбитам также дает информацию о других процессах, например о внутреннем разогреве на Энцеладе.

Кроме того, чем больше «Кассини» проводит времени в окрестностях Сатурна, тем объемнее становятся эти данные.

---

<sup>57</sup> Imaging Science Subsystem, ISS. – Прим. пер.

– Накопив сотни таких фотоснимков, мы можем поместить всю эту информацию в компьютерную обработку и очень точно рассчитать орбиты всех лун, – говорит он.

А это дает возможность делать еще более прекрасные снимки. Посмотрим лишь на несколько открытий и изумительные фотографии, сделанные в ходе полета «Кассини».

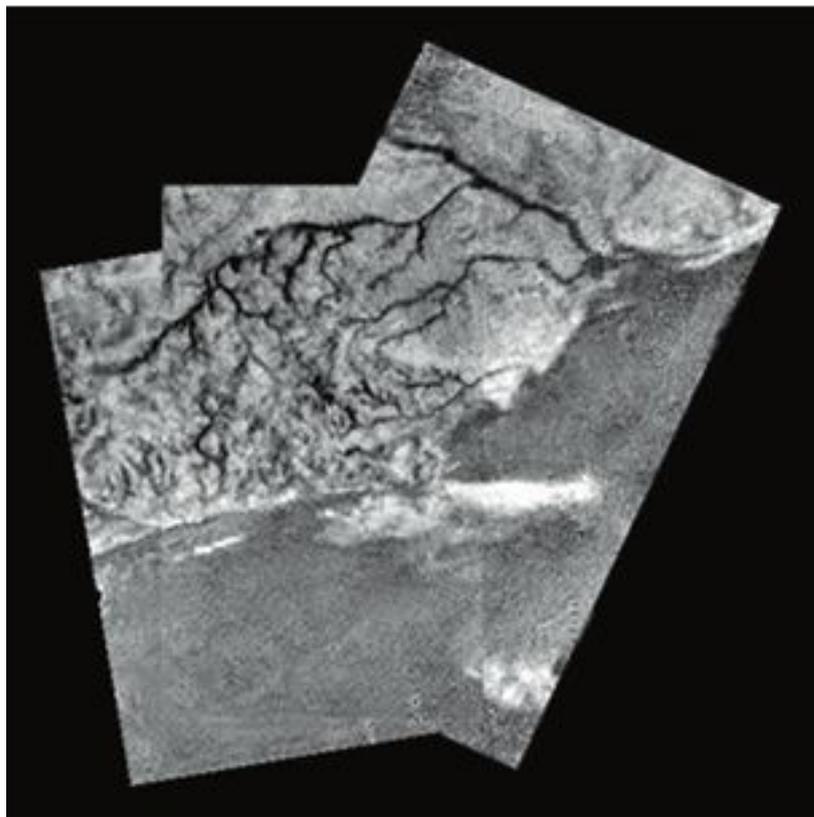
## «Гюйгенс» на поверхности Титана

– Как сказал один из наших ученых, первым в чем-то вы можете быть лишь однажды, – саркастически усмехается Эрл Мейзи, – и это чудесно, что мне удалось поучаствовать в первой посадке на Титан.



*Поверхность Титана: на цветном снимке мы видим область, окружающую точку посадки зонда «Гюйгенс» на Титане. Два похожих на камни предмета ниже середины снимка размером около 15 см (левый) и 4 см (средний) находятся на расстоянии около 85 см от камеры «Гюйгенса». Вероятно, поверхность состоит из смеси водородосодержащих льдов, и на ней есть признаки действия флювиальных (происходящих из-за течения жидкости) процессов. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Европейское космическое агентство / Университет штата Аризона*

После удачного возвращения к возможности выполнить задание и исторической посадки на Титан «Гюйгенс» обнаружил, что выглядит эта луна удивительно похоже на Землю, но там действует совсем другая химия. По мере снижения «Гюйгенс» делал четкие снимки поверхности Титана, начиная с высоты 40 км, и демонстрировал живописные картины гор с яркими вершинами, окруженных темными равнинами и каньонами. Кроме того, были явно заметны признаки эрозии рельефа из-за течения жидкости или погодных явлений, похожих на дождь. Но Титан холоден – на нем около  $-180^{\circ}\text{C}$ , так что дождь этот – не из воды, а из жидкого метана. Измерения состава атмосферы подтвердили наличие сложного «супа» из органических веществ, с большой долей метана и различных аэрозолей. Это подкрепляет идею, что Титан может напоминать Землю в самый ранний период ее существования.



*Эта мозаика из трех кадров, сделанных установленной на «Гюйгенсе» десантной фотокамерой и спектральным радиометром (DISR), показывает беспрецедентно детальный вид поверхности Титана, где видно гористую возвышенность и русло большой реки, которая питается несколькими притоками. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Европейское космическое агентство / Университет штата Аризона*

Специальное аналогичное микрофону устройство записало «звуковой спектр» (хотя это не то же самое, что обычная звукозапись), и анализ данных позволил различить такие звуки, как свист ветра, гроза, выпуск тормозных парашютов «Гюйгенса» и, возможно, шелест метанового дождя.

Фотоснимки с места посадки показали россыпь округлой гальки, которую изначально посчитали руслом ручья. Теперь ученые полагают, что «Гюйгенс» прибыл в местность, похожую на земную пойму речной долины, которая в это время была не затоплена. Коснувшись поверхности Титана в первый раз, «Гюйгенс» подскочил и соскользнул, пробороздив траншею 12 см глубиной, и не ударился, а скорее, шлепнулся в момент посадки. Последующий анализ показал, что поверхность Титана сравнима с грязным, обледенелым снегом, покрытым настом, и, упав, «Гюйгенс» проломил эту корку и частично погрузился в снег.

Передача данных посадочным модулем велась все время по мере его спуска продолжительностью 2 часа и 27 минут и еще 72 минуты с поверхности Титана после посадки, что намного дольше, чем ожидалось.

– Потрясающе, что «Гюйгенс» пережил все невзгоды при посадке и проработал так долго, – говорит Мейзи. – Не было ни единого сбоя, даже в момент удара.

Зонд «Гюйгенс» впервые напрямую сфотографировал истинный вид Титана, показав, что там идут геологические и метеорологические процессы, больше похожие на земные, чем что-либо еще в Солнечной системе.

## Активные ледяные гейзеры на спутнике Сатурна Энцеладе

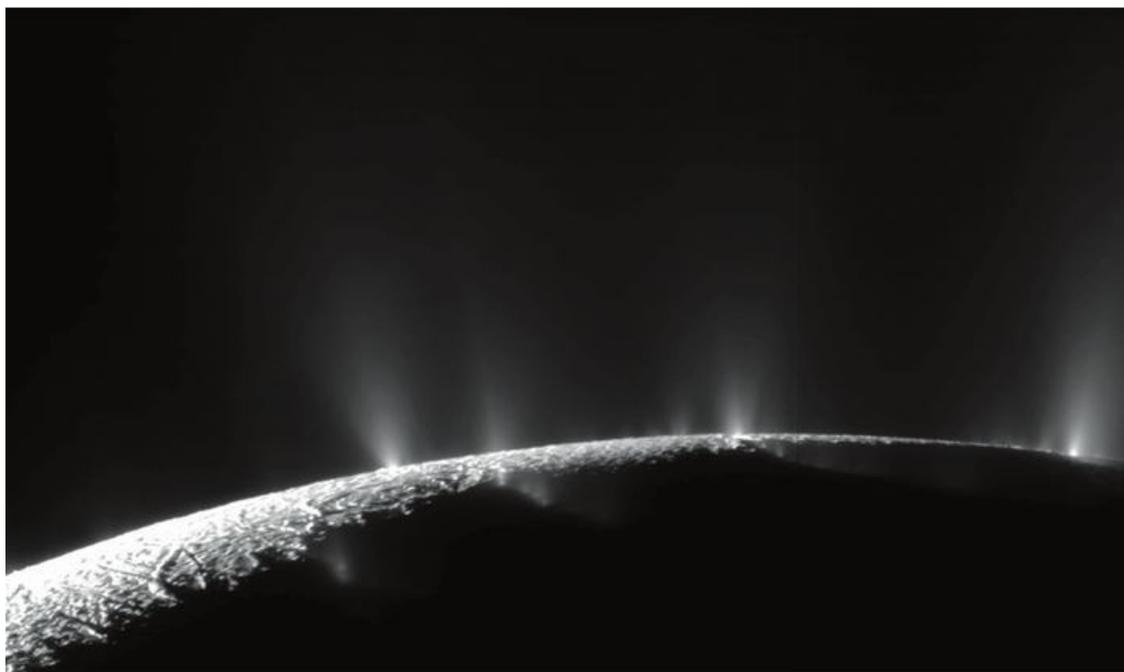
– Одной из самых больших неожиданностей проекта стал Энцелад – маленький спутник с активными гейзерами у южного полюса, – рассказывает Линда Спилкер.

С диаметром всего лишь в 500 км, покрытый ярким льдом Энцелад слишком мал и далек от Солнца, чтобы проявлять какую-либо активность. Но как оказалось, эта маленькая луна – один из самых геологически активных объектов в Солнечной системе.

Завораживающие снимки этого спутника с его ночной стороны показывают фонтаны вещества, которые извергаются из напоминающих тигровые полосы разломов на его поверхности и похожи на гейзеры в Йеллоустоунском национальном парке. Открытие гейзеров приобрело еще большую важность, когда позже «Кассини» определил: в этих выбросах содержится вода и органические вещества. Поскольку известные нам формы жизни основаны на воде, эта маленькая, но энергичная луна оказалась в коротком списке возможных мест в Солнечной системе, где может существовать жизнь.

Несмотря на то что фотографии фонтанов Энцелада невероятно броские, первым «замечил» кое-что странное при близком пролете Энцелада другой инструмент «Кассини» – магнетометр.

– Обычно, – объясняет Спилкер, – силовые линии магнитного поля Сатурна достигают поверхности безатмосферных тел. Однако во время первых двух сближений с Энцеладом группа магнетометра доложила о том, что сатурнианское магнитное поле «глушится» вблизи Энцелада, как если бы на него действовала атмосфера. Это новое открытие подало нам идею при следующей встрече пролететь намного ближе к спутнику.

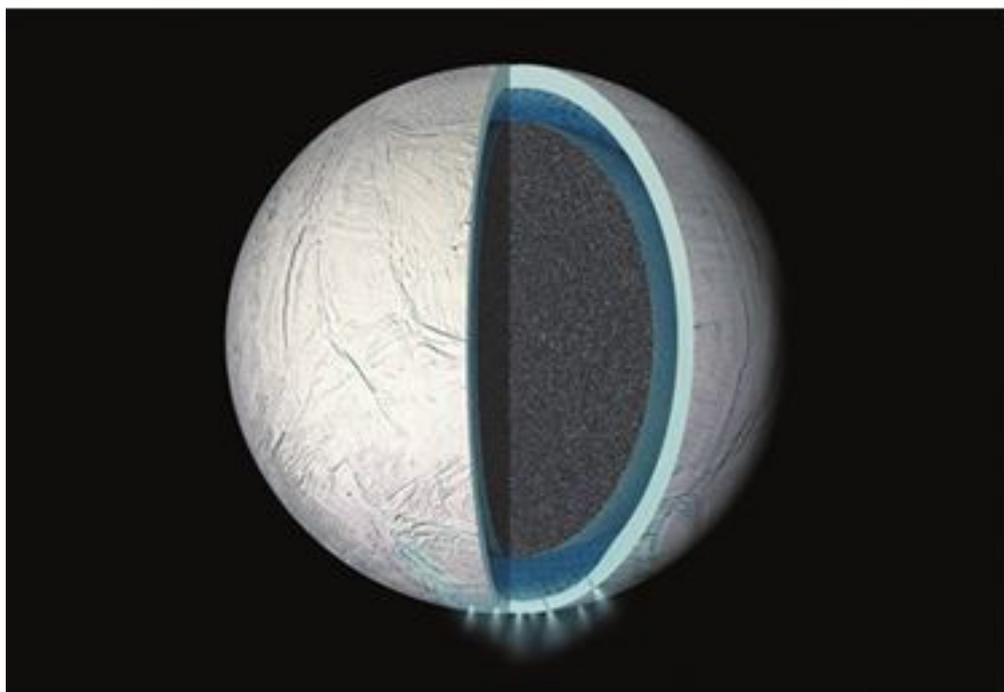


*Колоссальные фонтаны, большие и маленькие, выбрасывают смесь водяного льда и пара из множества точек вдоль знаменитых «тигровых полос» вблизи южного полюса Энцелада, спутника Сатурна. Тигровые полосы – это четыре ярко выделяющихся разлома в южном полярном регионе около 150 км длиной. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

Последующие наблюдения при помощи композитного инфракрасного спектрометра «Кассини» показали, что южный полюс Энцелада гораздо теплее, чем ожидалось, а тепло выделялось вдоль всей длины нескольких 150-километровых разломов ледяной коры и в два раза превышало энергетический выход всех горячих источников в местности Йеллоустоун на Земле.

Ученые «Кассини» насчитали более ста активных гейзеров (иногда называемых **крио-вулканами**), а это означает, что в недрах Энцелада должен находиться огромный резервуар жидкой воды. Сейчас ученые полагают, что на Луне размером со штат США Аризона имеется глобальный десятикилометровой глубины водяной океан, превосходящий североамериканское озеро Верхнее.

– То, что океан глобальный, означает, что он существовал давно, может быть, с самого момента формирования Энцелада, и вот «Кассини» обнаружил признаки гидротермальной активности, – говорит Спилкер. – Теперь у нас есть доказательства наличия среды, которая может быть пригодна для жизни, так что мы обязательно когда-нибудь вернемся со специальным аппаратом для исследования Энцелада и поиска ответов на все связанные с возможностью жизни вопросы.

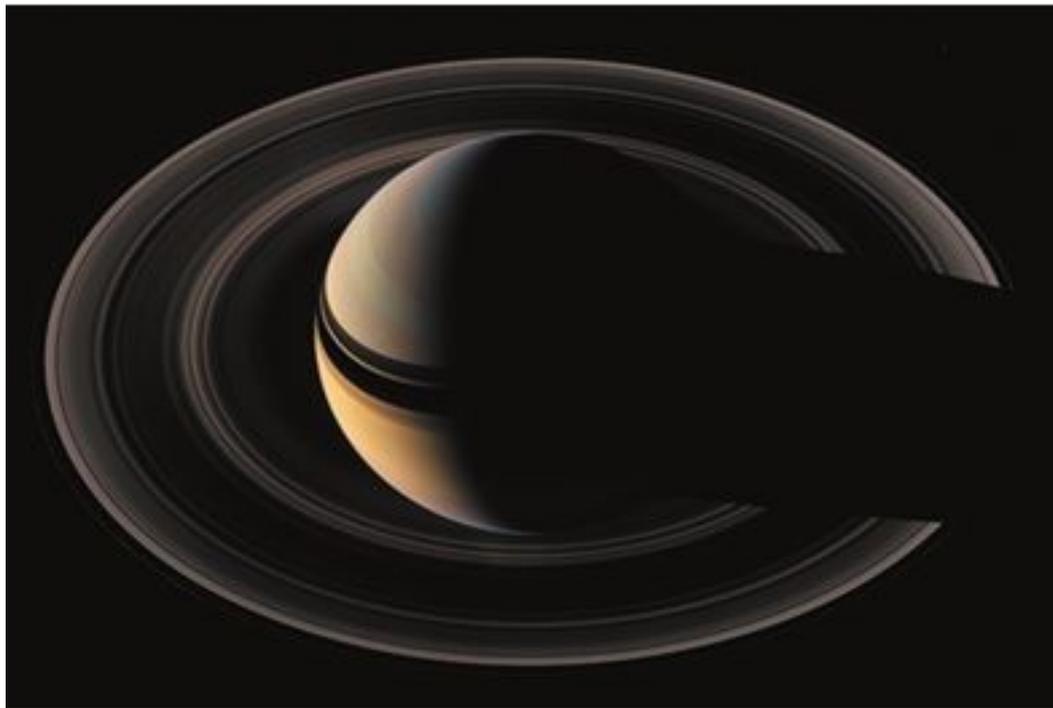


*Схема строения спутника Сатурна Энцелад в разрезе: показан глобальный океан жидкой воды, находящийся между скальным ядром и ледяной корой. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Поскольку о гейзерах никто ничего не знал до того, как «Кассини» прибыл к Сатурну, эта АМС не оснащена подходящим для их исследования оборудованием. Но научная команда выжала все возможное из очень богатого и разнообразного набора инструментов, которые на ней были, раз за разом заставляя «Кассини» сближаться с луной, проходить даже на высоте менее 50 км над утесами Энцелада и пролетать сквозь выбросы ледяных гейзеров. Это позволило бортовым приборам «лизнуть» и «понюхать» частицы, выносимые фонтанами.

– Это открытие действительно сместило фокус наших усилий на протяжении остатка программы, – говорит Мэйзи. – Вместо изначально запланированных трех пролетов Энцелада

мы провели в общей сложности двадцать два. Мы смогли наблюдать спутник снова и снова, и в этом достоинство такого продолжительного и продлеваемого проекта, как «Кассини».



*Сатурн отбрасывает большую тень на свои кольца на этой выполненной в естественных цветах мозаике снимков, сделанных «Кассини» в 2007 году. Здесь же можно увидеть три спутника: Мимас (диаметр 397 км) в положении на два часа, Янус (размером 181 км) в положении на четыре часа и Пандора (размером 84 км) в положении на восемь часов. Пандора видна как маленькая светлая точка непосредственно снаружи тусклого и тонкого кольца F. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

Что является внутренним источником тепла Энцелада? Главный источник пока остается загадкой, но ученые полагают, что силы гравитационного взаимодействия между Энцеладом, Сатурном и еще одним спутником, Дионой, заставляют сжиматься и вытягиваться недры Энцелада. Эти **приливные силы** производят движения, порождающие внутри маленькой луны трение, а значит, и тепло.

Выброс льда и частиц из глубин Энцелада настолько велик по объему, что в результате вокруг Сатурна возникло дополнительное кольцо.

– Энцелад создал внешнее кольцо E главной системы колец Сатурна – самое широкое и наиболее удаленное от планеты, – говорит Спилкер. – Это просто замечательное открытие, особенно для ученого моего профиля, который отчаянно интересуется происхождением планетарных колец. Не так-то в Солнечной системе много активных объектов, и доказанная способность одного из них создавать планетарное кольцо очень наглядна.

## Удивительно активные и динамичные кольца Сатурна

Бросающиеся в глаза и таинственные кольца Сатурна – один из самых узнаваемых образов в Солнечной системе. Даже если вы посмотрите на них через маленький телескоп с Земли, вид колец Сатурна заставит вас затаить дыхание от восторга. Кольца вовсе не являются массивным и цельным объектом, напротив, они состоят из миллионов частиц различных форм и размеров. Длительная работа «Кассини» в системе позволила вблизи проследить происходящие в динамичной системе колец Сатурна изменения, и кольца теперь стали лабораторией, в которой можно получить представление о процессах формирования планет.

– «Кассини» поменял нашу парадигму понимания планетарных колец, – говорит Спилкер. – Мы перешли от простого представления о том, что отдельные частицы могут лишь время от времени мягко сталкиваться друг с другом, к пониманию, что в большей части главных колец Сатурна, особенно в кольцах А и В, имеются элементы, которые слипаются вместе, образуя некие структуры и оставляя за собой гравитационные завихрения. Наблюдения за их поведением позволяют установить, как именно материал колец взаимодействует сам с собой и как каменные обломки и пыль в ранней Солнечной системе могли соединяться, образуя планеты.

Спилкер говорит, что внутрикольцевые структуры иногда бывают эфемерными. Они собираются, а затем расходятся прочь, но часто имеют тенденцию к повторным попыткам формирования.



*Если смотреть на величественные кольца Сатурна точно вдоль их плоскости, они кажутся лишь тончайшей горизонтальной прямой линией – это показывает, насколько они, на самом деле, тонкие. Однако кольца демонстрируют свою сложную структуру и здесь – в виде темных теней, отброшенных ими на северное полушарие Сатурна. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

Кольца Сатурна начинаются в 7000 км над поверхностью планеты и простираются на 280 000 км от края до края; это означает, что Сатурн и его кольца полностью и точно поместились бы в пространстве, которое отделяет Луну от Земли. Состоят кольца из кусочков водяного льда с примесью скального материала, которые варьируются в размерах от многоквартирного дома до крупинки порошка талька. Они обращаются вокруг Сатурна на скоростях от 32 000 до 39 000 км/ч.

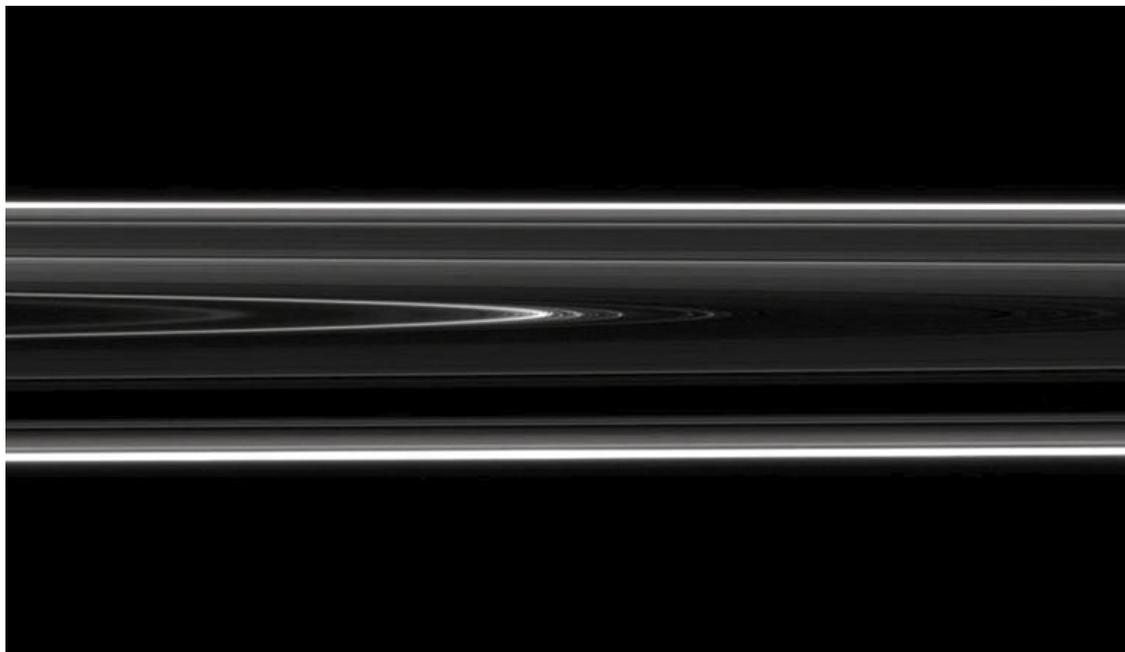
Но при этом кольца тонки, как осенняя летучая паутинка, их толщина не больше 10 м.

– Если бы вы собрали всю массу колец в одной точке, то получили бы тело не больше Энцелада по размеру, – говорит Спилкер. – Так что это невероятное зрелище создается из относительно небольшой массы!

Несмотря на маленькую массу, система колец демонстрирует огромное разнообразие структур в ней. «Кассини» обнаружил мини-спутники, которые создают причудливые фигуры

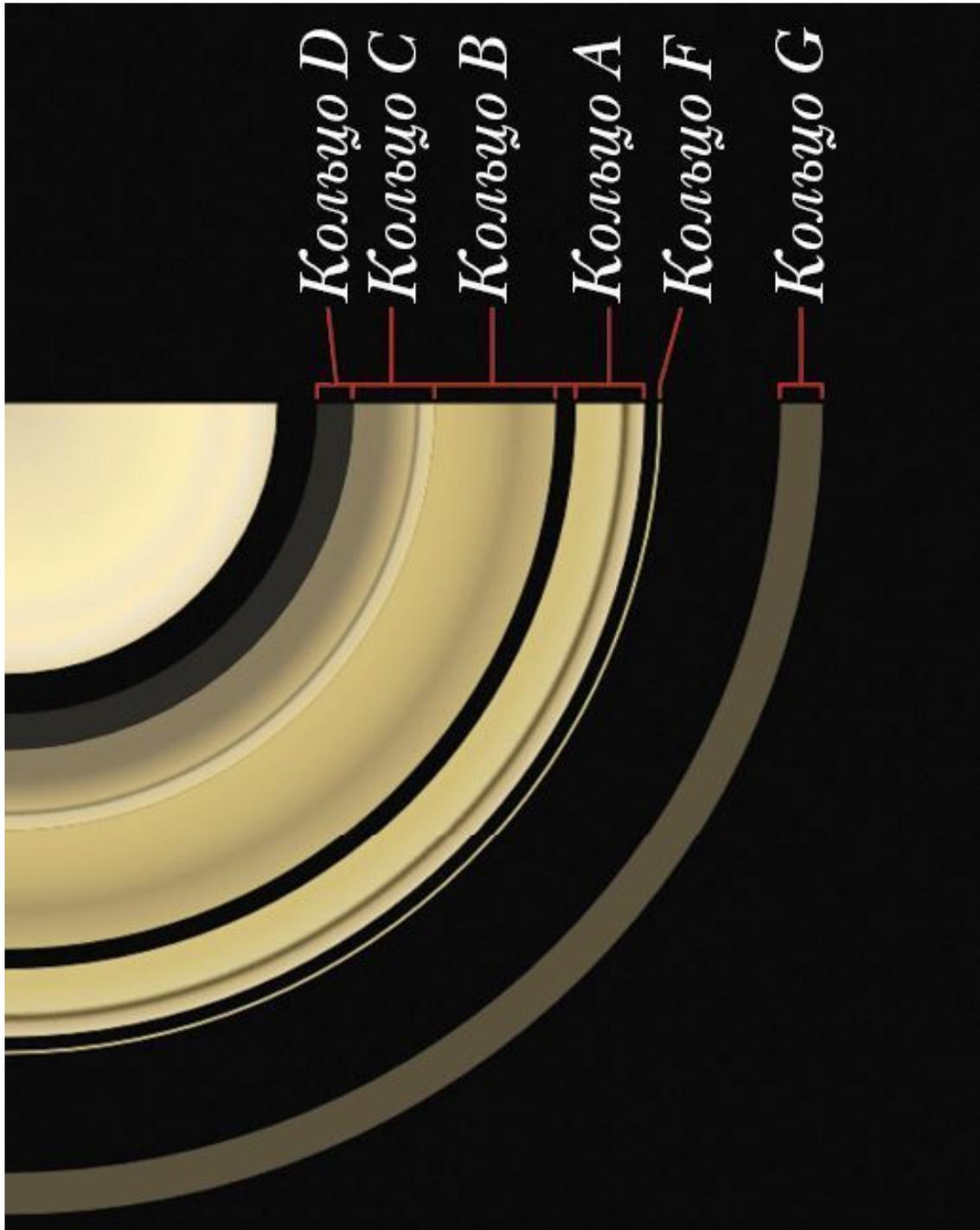
в толще колец, наблюдал предполагаемое рождение новой луны и изучал, возможно, самое активное и хаотично вздыбленное планетное кольцо во всей Солнечной системе – кольцо F.

Кольца называли буквами латинского алфавита по мере их открытия, поэтому порядок следования главных колец по направлению от Сатурна может поставить в тупик: D, C, B, A, F, G и потом – E. «Это пример того, как у астрономов начисто не хватает воображения, когда нужно чему-нибудь дать имя», – с улыбкой говорит Спилкер.



*Самое внутреннее из колец Сатурна, кольцо D обладает одной интересной достопримечательностью, которая кажется похожей на волнистую спираль. Ученые говорят, что эта непрерывно изменяющаяся кольцевая структура есть косвенное свидетельство, возможно, произошедшего в недалеком прошлом столкновения какого-то тела с кольцами Сатурна. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

О существовании колец мы знаем с 1610 года, когда Галилео Галилей повернул один из первых изготовленных им телескопов к Сатурну и увидел то, что он описал как «ручки», приделанные к планете, – Галилей полагал, что, возможно, это два больших спутника. Христиан Гюйгенс впоследствии догадался, что «ручки» были на самом деле кольцами. Позже, в 1670-х годах, итальянский астроном Джованни Кассини сумел различить в кольцах более мелкие детали и даже разглядел промежутки между ними. Один из таких промежутков был в честь него назван щелью Кассини – как и проект автоматической межпланетной станции для изучения Сатурна.



*Кольца Сатурна с их обозначениями. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

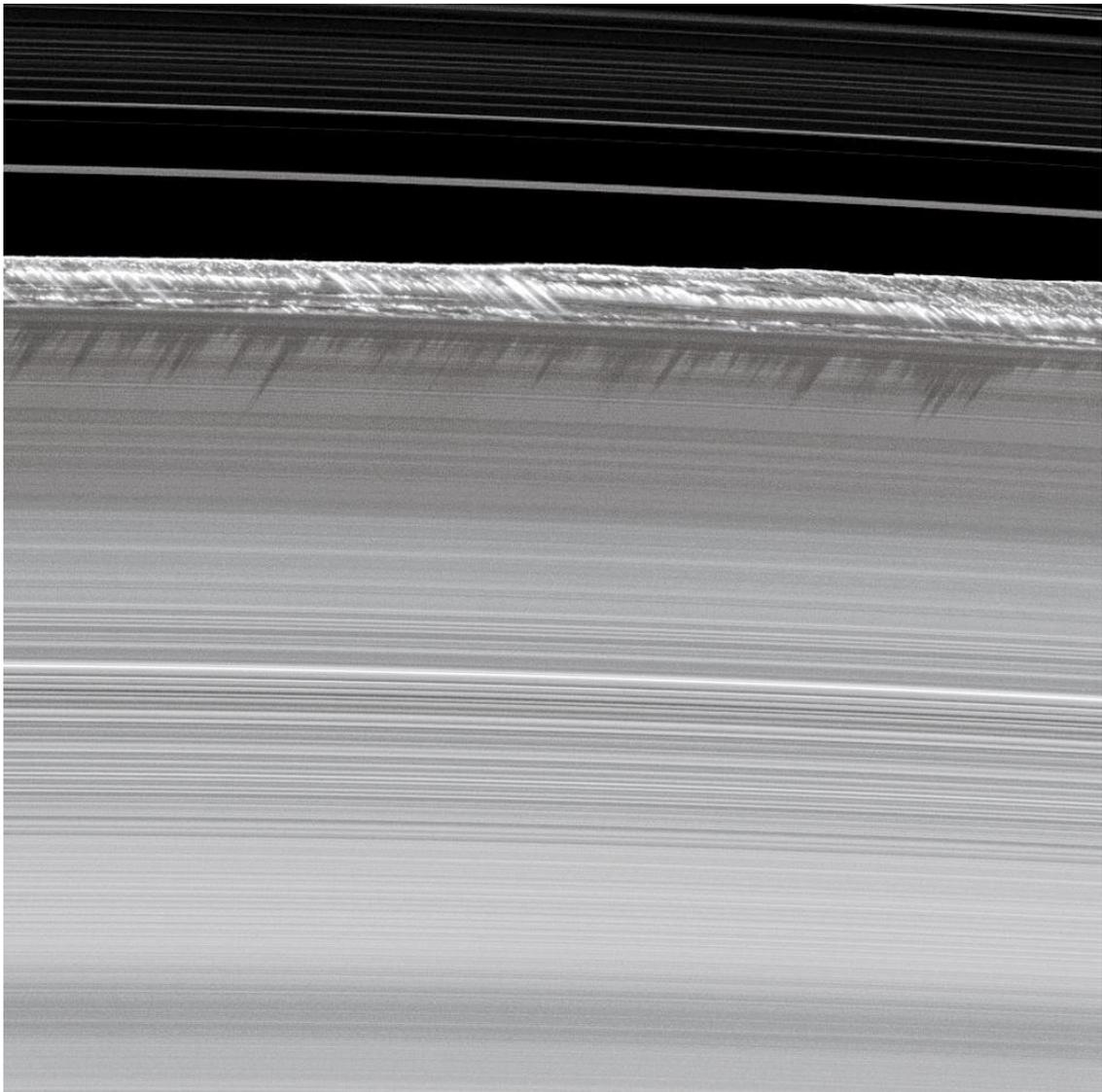
Как ученый с основным интересом в области планетарных колец, Спилкер изучала состав частиц материала колец. Она и коллеги знают, что эти частицы состоят в основном из водяного льда, но есть и очень слабые следы присутствия других, пока непонятных им веществ.

– Ближе к концу нашей программы мы будем пролетать вблизи внутреннего края колец и сможем напрямую проанализировать состав материала кольца. Таким способом мы надеемся понять его.

Спилкер просит меня представить, что она держит в руке кусочек кольца Сатурна. На что он может быть похож?

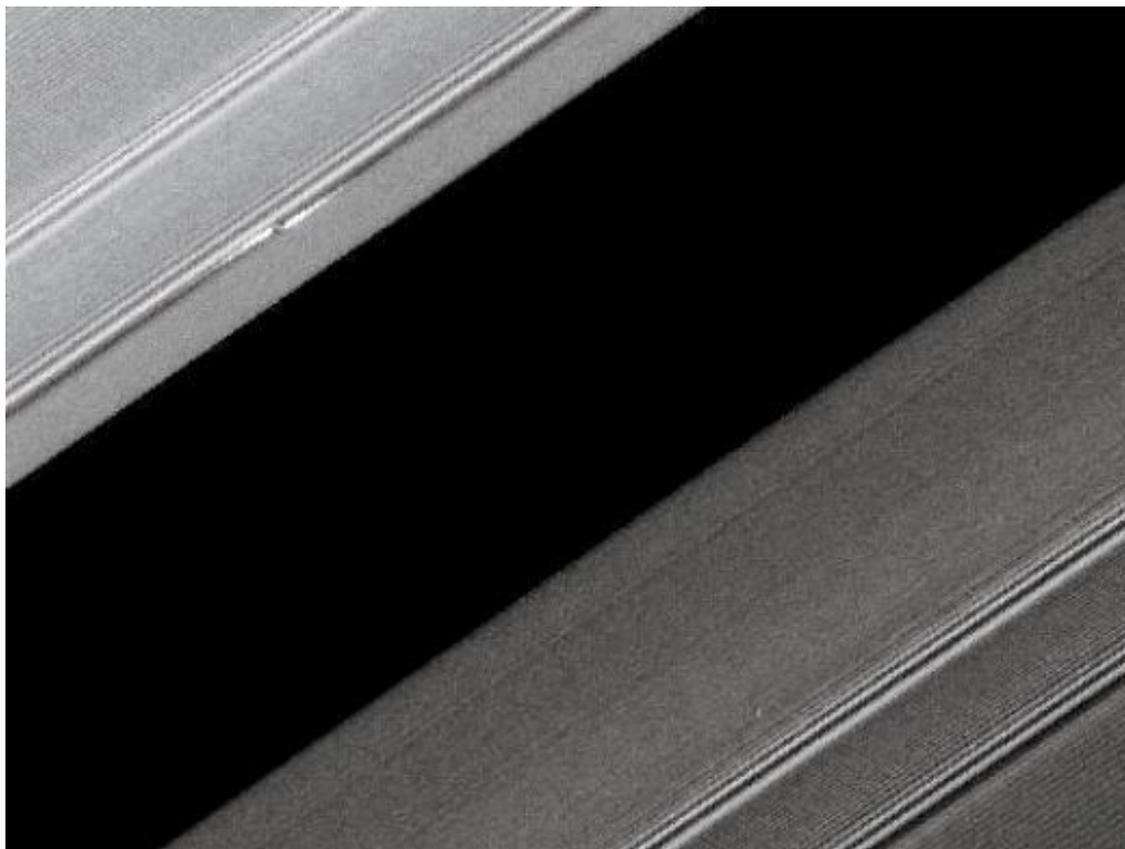
– У нас есть свидетельства, что такие частицы имеют ледяное ядро, которое покрыто хлопьевидным реголитным материалом, обладающим очень высокой пористостью, – говорит она. – Это означает, что такое тело может нагреваться и остывать очень быстро по сравнению с кубиком сплошного льда.

Очень интересно то, что по мере смены времен года на Сатурне, как зарегистрировал «Кассини», частицы материала колец демонстрировали смену фаз наподобие лунных.



*Вертикальные структуры отбрасывают тени на кольцо В. Снимок сделан АМС «Кассини» в августе 2009 года. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

– Когда направление лучей Солнца меняется, можно увидеть какую-то из сторон такой частицы полностью освещенной, а по мере движения самой частицы и Солнца мы наблюдаем своеобразный эффект «фаз Луны», если эти частицы достаточно крупны, – объясняет Спилкер. – Из этого мы получаем информацию об их вращении и можем измерить температуру.



*Образование в форме «пропеллера», порожденное спутником, которого не видно, ярко освещивает на озаренной Солнцем стороне колец. Сам спутник слишком мал, чтобы различить его на этом снимке; он находится в центре структуры-пропеллера в верхней левой части изображения вблизи деления Энке в кольце А. Кольцо А – самое внешнее из главных колец Сатурна. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

Изменение угла падения солнечных лучей помогло обнаружить башнеобразные вертикальные образования в кольцах, которые в остальном являются довольно ровными. Эти образования формируются под воздействием гравитационного влияния небольших спутников, находящихся неподалеку, и ученым удалось проследить, как эти структуры взаимодействуют друг с другом и как в кольцах зарождаются струи, вихри и щели-промежутки.

После того как ученые из команды «Кассини» заметили какие-то загадочные щели, похожие по форме на двухлопастные пропеллеры самолета, во внешнем крае сатурнианского кольца А, их изучение вблизи показало, что причина формирования таких структур – десятки движущихся в этих местах лунных «малышей». Эти мини-спутники разнятся от одного до нескольких километров в диаметре, и они слишком малы, чтобы камеры «Кассини» смогли бы прямо сфотографировать их, но заметны благодаря двум «лопастям» пропеллеровидных структур, которые они создают. Это открытие дало понять: кольца Сатурна постоянно меняются.

Откуда же взялись сами кольца? Это вопрос, над которым бьются многие ученые.

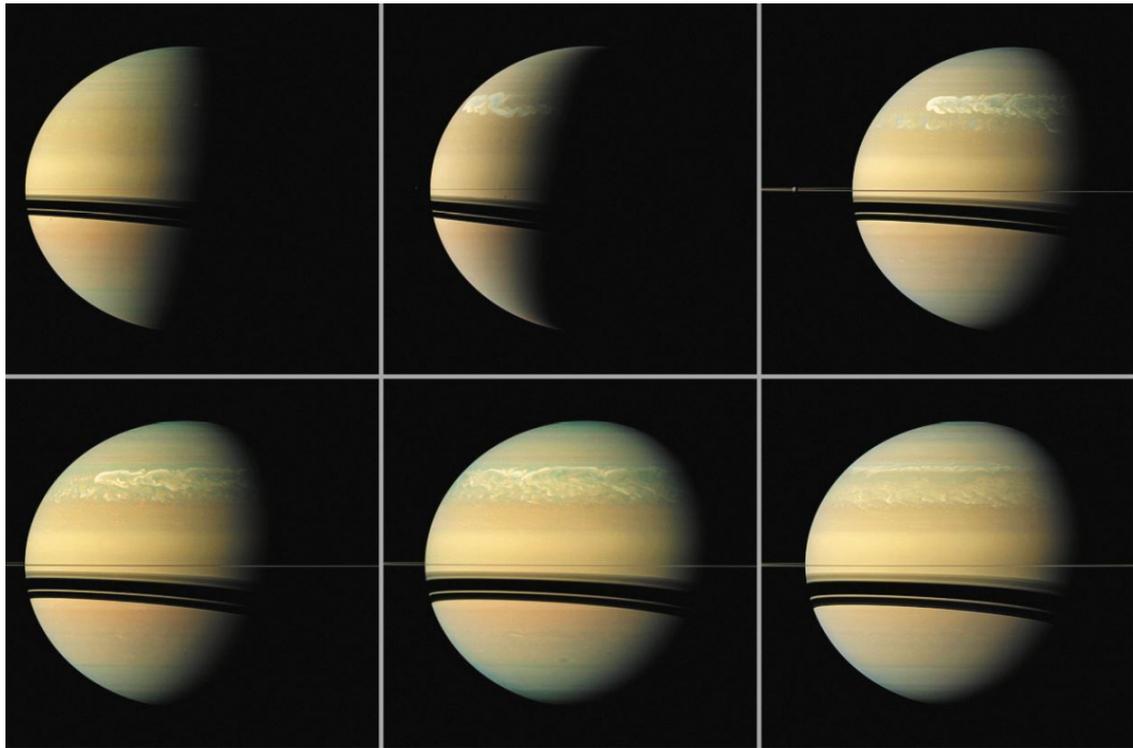


*Здесь в большом увеличении показана область в кольцах Сатурна, известная как деление Энке, промежуток шириной в 322 км в самом внешнем главном кольце А. Научная команда «Кассини» установила, что маленький спутник под названием Пан поддерживает деление Энке за счет механизма «пастушества»: спутник-«пастух» очищает его от льда и пыли, оставляя позади себя фестончатый край промежутка и волновой узор, видимый на снимке слева, который распространяется в сторону планеты-гиганта. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

– Кольца Сатурна могли образоваться после распада большого объекта, такого как спутник или комета, а может быть, они сформировались и одновременно с самим Сатурном, – размышляет Спилкер. – Однако какой бы ни была гипотеза о происхождении колец Сатурна, она же должна объяснять причину, почему в них содержится то значительное количество водяного льда, которое следует из наблюдений «Кассини».

Линда Спилкер рассказала, что, согласно недавно созданной модели, большое тело размером с Титан постепенно приблизилось к молодому Сатурну и, перед тем как его скальное ядро обрушилось внутрь газового гиганта, потеряло по пути свои верхние ледяные слои. Из этих фрагментов и сложилось массивное кольцо из водяного льда. За прошедшие эпохи некоторые его части сгущались вдоль внешнего края кольца и затем отрывались, формируя такие ледяные луны, как Энцелад, Тефия и Диона.

Возраст колец – тоже давнишняя загадка.



*Эта серия снимков «Кассини» показывает развитие самого большого урагана, который был замечен на этой планете, начиная с 1990 года. Эти композитные изображения в истинных и близких к истинным цветам представляют собой хронику бури, которая началась во второй половине 2010 года и продолжалась до середины 2011-го: видно, что голова шторма быстро выросла до больших размеров, но в конце концов была поглощена своим же хвостом. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

– Чем массивнее кольцо, тем дольше оно существует, – говорит Спилкер. – Для менее массивных возможен такой сценарий, когда они образовались благодаря распаду спутника, кометы или астероида в пределах до нескольких сотен миллионов лет назад. Для того чтобы понять возраст и эволюционный путь колец, ключевой фактор – это знание массы кольца как единого целого.

Сейчас можно говорить лишь об оценках массы кольца, но Спилкер полагает, что на завершающих орбитах «Кассини» ее группе удастся получить подтверждение этих оценок, когда космический аппарат пройдет мимо внутренней стороны кольца.

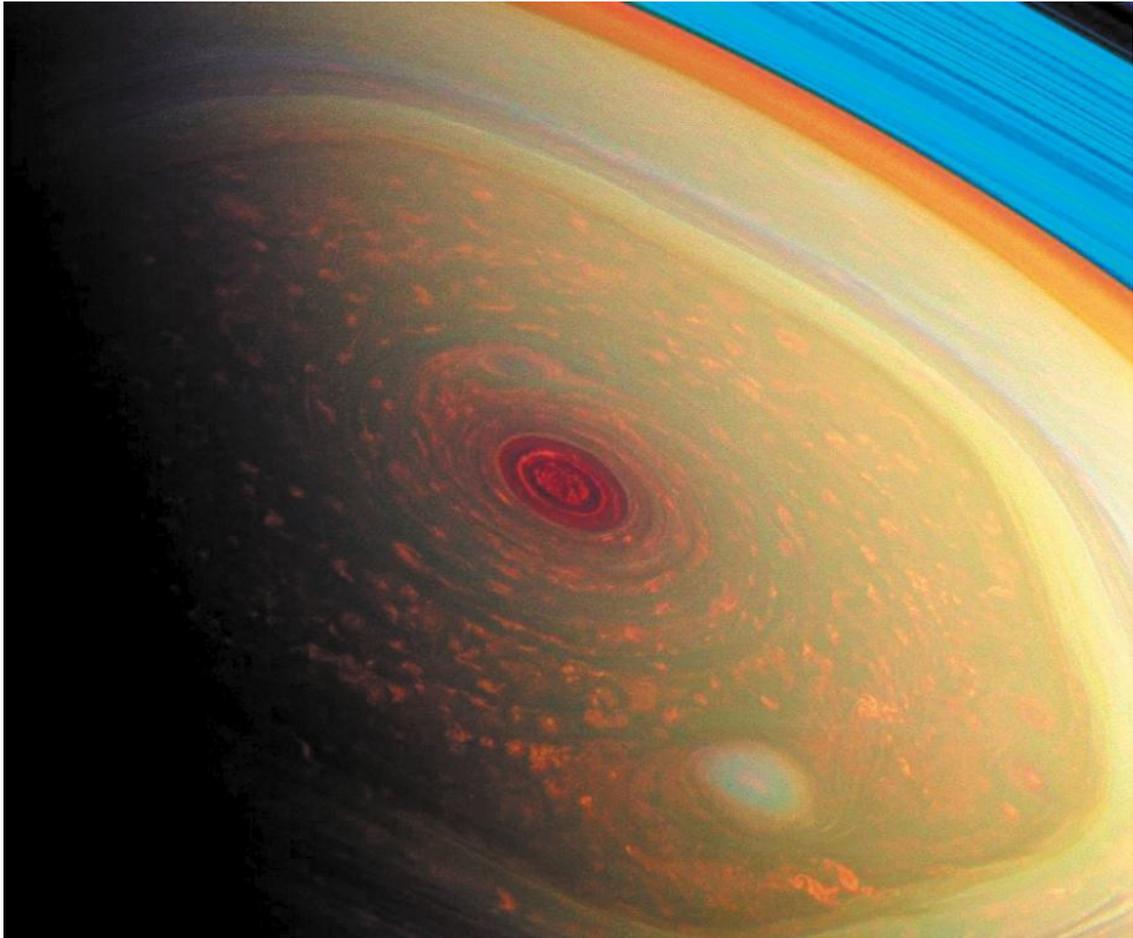
– У нас тогда получится определить массу самого Сатурна (без колец), и эту величину мы вычтем из уже известной нам массы Сатурна с кольцами, чтобы получить точную величину массы самих колец.

## Изучение сверхбурь на Сатурне

Сатурн в десяток раз больше Земли, и бури на нем бушуют тоже более значительные. В конце 2010 года в относительно спокойной до этого атмосфере вдруг поднялся гигантский шторм. Он продолжался несколько месяцев и вырос до таких размеров, что опоясал всю планету бурлящей полосой. Это был грозовой шторм (но, однако, без ливней), который продолжался 201 сутки, а его огромная облачная спираль разрослась до 12 000 км. В результате этой бури произошел самый большой зафиксированный за всю историю научных наблюдений скачок температуры верхней атмосферы какой бы то ни было из известных планет. Ученые говорят, что такая буря происходит примерно раз в сатурнианский год, то есть раз в тридцать земных, так что «Кассини» очень удачно находился рядом, чтобы суметь проследить за тем, как она развилась и в конце концов утихла и рассеялась.

Два других шторма на Сатурне – постоянно бушующие, чудовищные и таинственные бури на обоих полюсах планеты. На южном полюсе присутствует гигантский ураганный шторм с большим темным «глазом», окруженным возвышающимися облаками-башнями. Диаметр этого сатурнианского урагана достигает 8000 км, или две трети от диаметра Земли, а циркулирующие в нем ветры развивают скорости 550 км/ч. Этот громадный шторм отличается от земных ураганов тем, что он привязан к полюсу и не дрейфует куда-либо прочь от одной точки. Кроме того, поскольку Сатурн – газовая планета, очевидно, что шторма на нем формируются без участия океана.

На северном полюсе планеты имеется масштабная буря шестиугольной формы, ширина которой достигает 30 000 км, скорость ветра в ней такая же огромная, как и в южном полярном шторме (550 км/ч). Источник движения этого урагана – пояс ветров верхней атмосферы; странным образом, внутренняя часть бури быстро вращается, в то время как внешний шестиугольный регион, кажется, вовсе не движется.

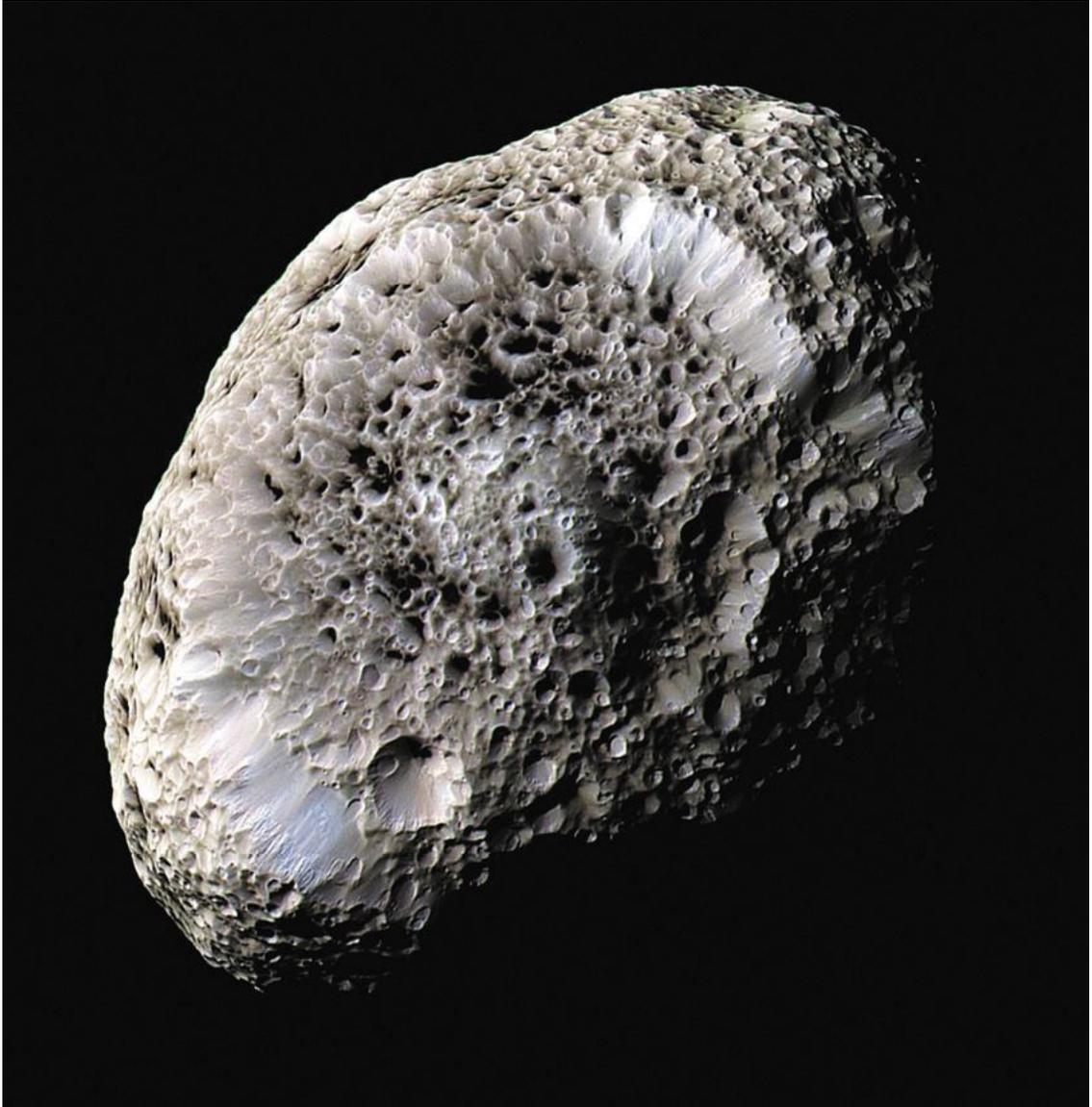


*Такая красочная головокружительная картина открывается на снимке в искусственно усиленных цветах, где аппарат NASA «Кассини» зафиксировал вид северного полюса Сатурна. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Научный институт космических исследований*

Движущие силы каждого из штормов остаются нерешенной загадкой, и накопление «Кассини» данных наблюдений за их изменениями во время смены природных сезонов поможет ученым понять, в чем природа тех колоссальных по масштабам метеорологических процессов, которые происходят на полюсах Сатурна.

## Загадки таинственных лун

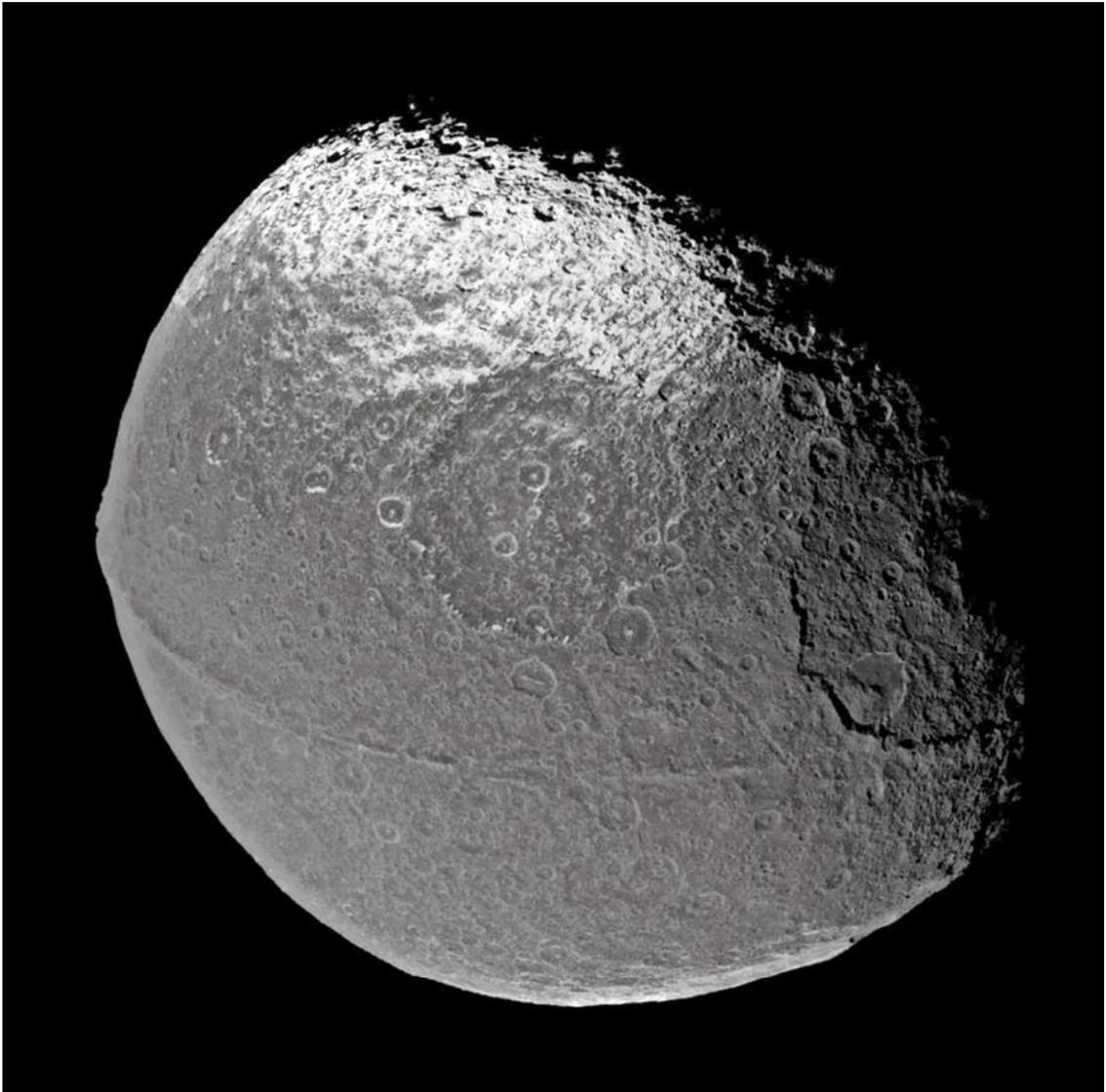
Десятки ледяных спутников, обращающихся вокруг Сатурна, разительно отличаются по размеру, форме и особенностям поверхности. Некоторые из них обладают твердыми, испещренными кратерами поверхностями; лица других лун – растрескавшийся лед, а третьи... вообще не поддаются никакому разумному описанию.



*Губка или небесное тело? В результате изучения данных «Кассини» ученые полагают, что необычный вид Гипериона – заслуга того обстоятельства, что при довольно большом размере этот спутник обладает очень маленькой плотностью, что делает очень малой силу тяжести на его поверхности и придает ему сильную пористость. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

Возможно, самый странный спутник – это Гиперион, похожий на гигантскую губку. Его длина всего лишь 270 км, и его необычный вид можно поставить в заслугу малой плотности и слабой поверхностной гравитации на этой луне, из-за чего она стала очень пористой. Пролеты

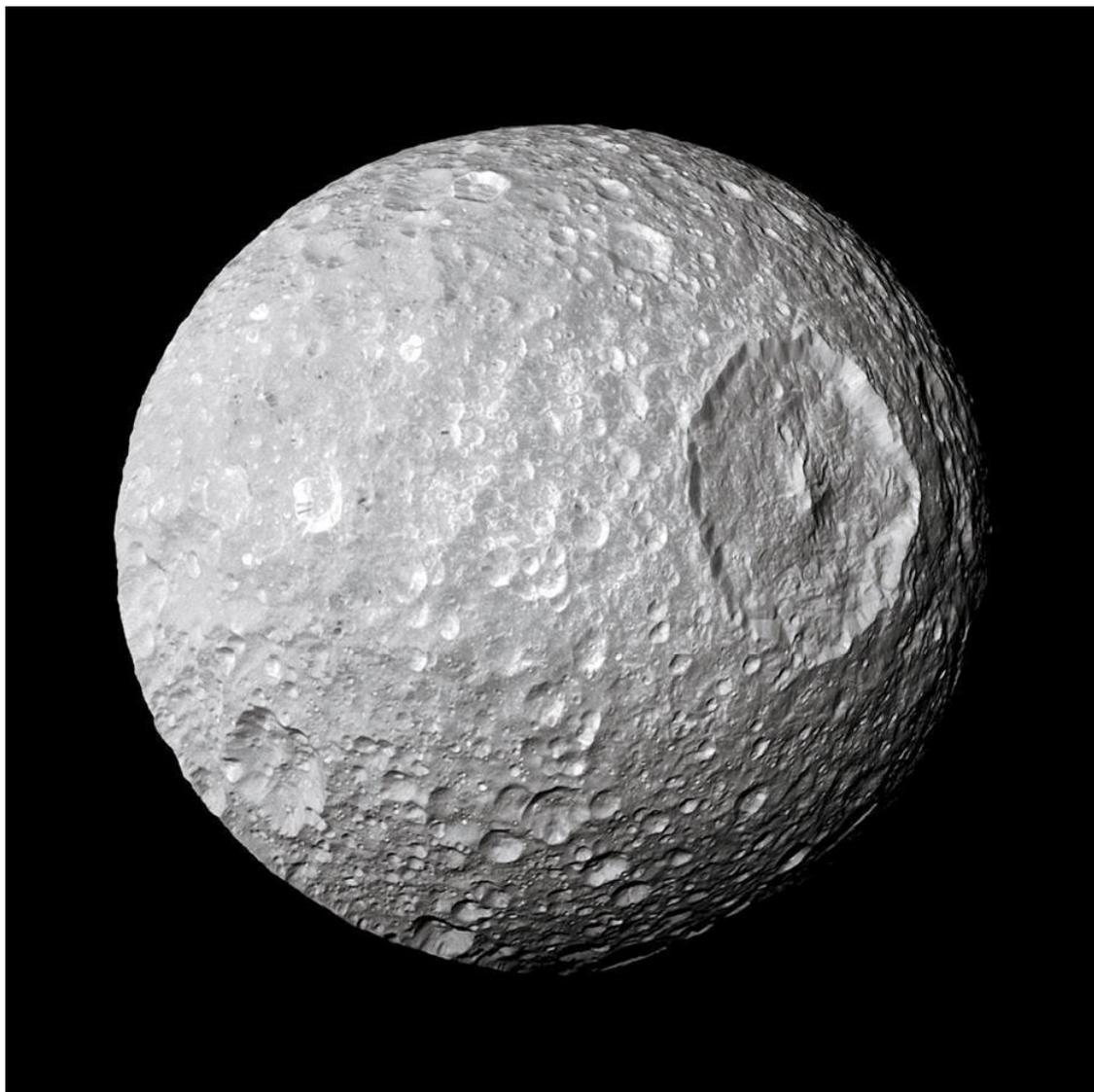
«Кассини» мимо нее позволили обнаружить, что 40 % состава Гипериона – по сути, пустое место. В остальном он состоит большей частью из водяного льда, а не каменных пород.



*Спутник Сатурна Япет с его крайне характерной топографической деталью: горным хребтом, который почти идеально совпадает с географическим экватором. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

По мере движения по орбите вокруг Сатурна Гиперион хаотически вращается. Ось его вращения так сильно колеблется, что ученые из команды «Кассини» говорят, что ориентация этой луны непредсказуема.

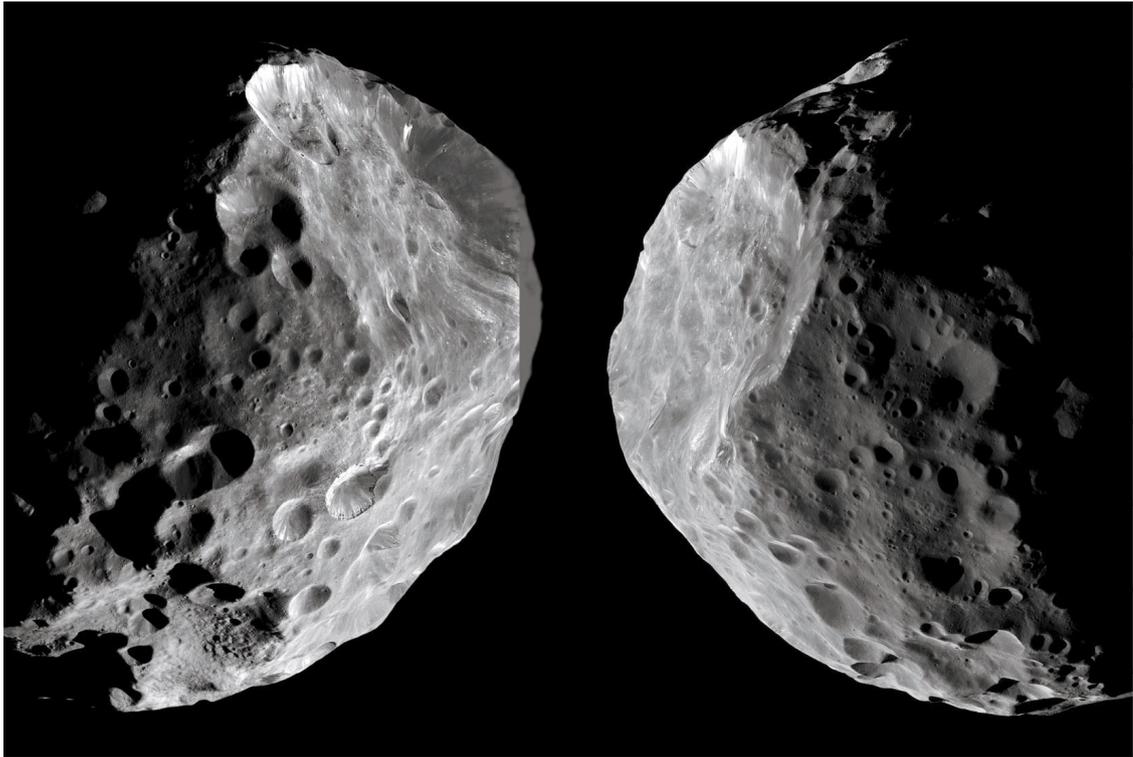
Япет, который прозвали «Луна Инь и Ян» за то, что две его стороны по-разному окрашены, удивлял астрономов более трехсот лет. «Кассини» удалось определить, что темная красноватая пыль собралась на одном его полушарии за счет того, что этот спутник проходил через облака пыли на своем орбитальном пути. Другая, «чистая» сторона осталась ярко сиять белым льдом.



*Мимас с его большим кратером Гершель выглядит очень похоже на «Звезду смерти» из фильма «Звездные войны». Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

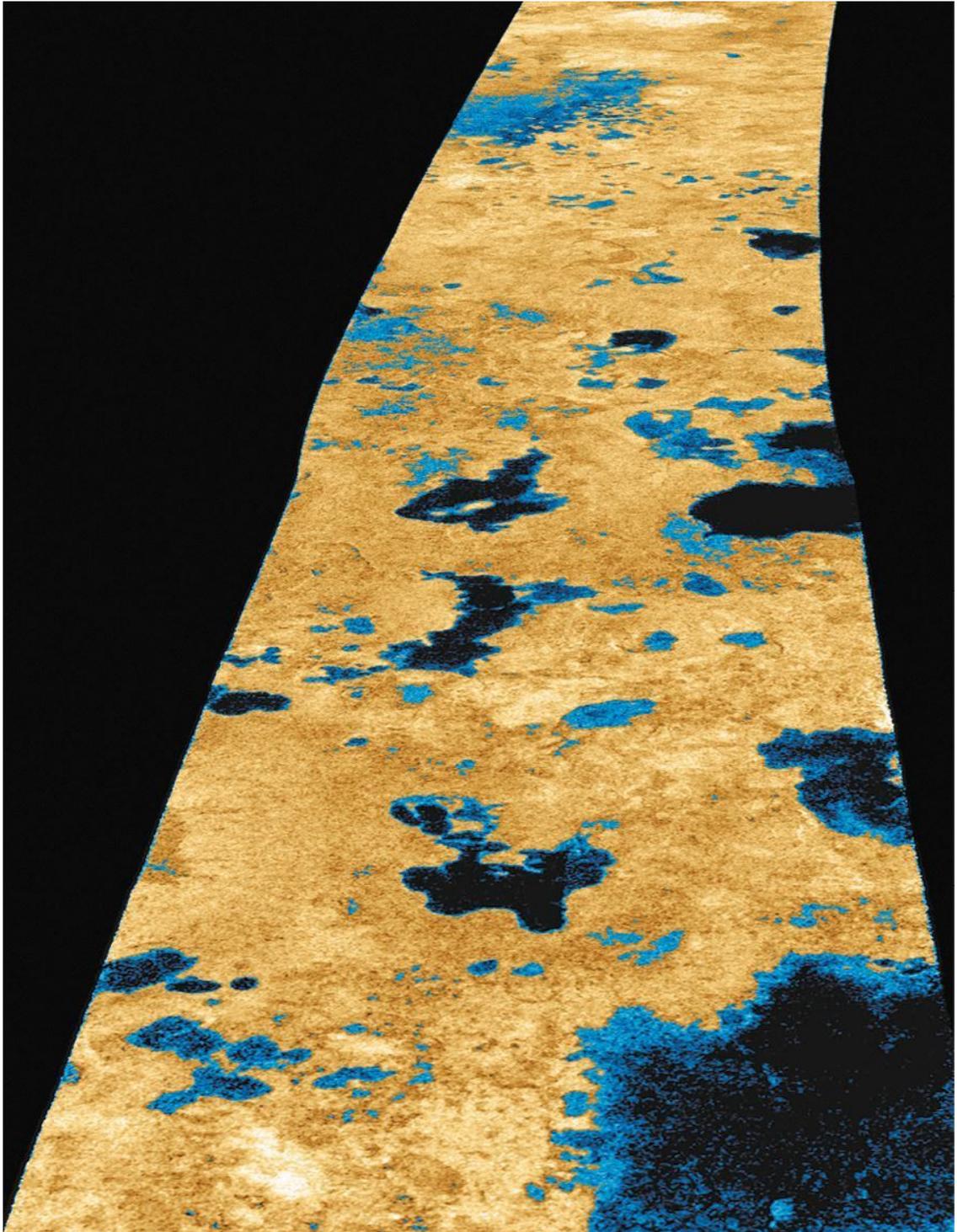
Размер Япета составляет 1609 км, и на его экваторе находится странная горная цепь, которая делает эту луну похожей на грецкий орех. У планетологов есть несколько гипотез о том, как могли появиться эти горы, например, одна гласит, что Япет мог столкнуться с другим телом и столкновение породило множество обломков. Эти обломки вышли на орбиту вокруг Япета над его экватором и в конце концов постепенно выпали на его поверхность, сформировав экваториальные горы.

Спутник Мимас называют «Звездой смерти» за его сходство с шаровидной боевой космической станцией из «Звездных войн». Диаметр Мимаса 396 км, а гигантский кратер, похожий на мишень, на его боку имеет диаметр в 130 км. Ученые из команды «Кассини» считают: если бы объект, который врезался в Мимас и создал этот кратер, оказался больше или двигался бы быстрее, Мимас, вероятно, разорвало бы на части, и у Сатурна появилось бы еще одно кольцо.



*Монтаж из двух видов спутника Сатурна Фебы: фото слева было сделано, когда станция «Кассини» приближалась к этой луне, а фото справа – когда аппарат уже миновал луну и удалялся от нее. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Научный институт космических исследований*

Феба – тоже странная луна. Ее поперечник составляет 220 км, она неправильной формы и довольно темного цвета. Она обращается вокруг Сатурна по ретроградной орбите, то есть не в ту же самую сторону, что другие спутники, и противоположную той, куда вращается сам Сатурн. Это заставляет планетологов думать, что Феба, вероятно – странствующий объект пояса Койпера, который был захвачен Сатурном и оказался заключен в его орбиту. Феба создает пылевое кольцо, постепеннодвигающееся к Сатурну, и она же послужила источником пыли, покрывшей темное полушарие Япета.



*Существование океанов или озер жидкого метана на спутнике Сатурна Титане предсказывалось десятилетиями, но плотная туманная атмосфера спутника не дает увидеть на нем никаких деталей. Точнее, не давала вплоть до 22 июля 2006 года – до близкого пролета АМС «Кассини». Данные картирующего радара со съемки на этом пролете недвусмысленно указали на наличие больших участков, покрытых жидкостью. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / геологическое управление Соединенных Штатов*

На других спутниках, Дионе и Тетиде, заметны следы тектонической активности – их поверхности надорвались из-за действия внутренних сил. Многие спутники, например Рея

и Тефия, по всей видимости, сформировались миллиарды лет назад, тогда как луны вроде Януса и Эпиметея могли быть когда-то частями более крупных тел, которые разрушились. Ученые утверждают, что исследование и сопоставление всех этих лун говорят очень многое об истории системы Сатурна и об истории всей Солнечной системы.

## Приозерные угодья Титана

Зонд «Гюйгенс» выяснил о Титане много нового, а инфракрасный картирующий спектрометр и радарные инструменты «Кассини» помогли проникнуть сквозь завесу непрозрачной атмосферы Титана и понять, что этот мир еще больше похож на Землю, чем казалось.

– Титан не переставал нас потрясать на протяжении всей нашей программы, – говорит Эрл Мейзи. – Предположительно, там есть глобальный подповерхностный океан жидкой воды, а еще на нем можно найти озера, реки, песчаные дюны, а также целую климатическую систему с метановыми дождями, и химия всех этих процессов совершенно не такая, как на Земле.



*На глобальной мозаике Титана в ближнем инфракрасном диапазоне выделяются отблески солнца на поверхности приполярных морей этой луны – их видно выше границы ночной тени. NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона / Университет штата Айдахо*

– Титан демонстрирует множество геологических процессов, напоминающих земные, и за счет них там идут метановые дожди, заполняются углеводородные озера и моря, – расска-

зывает Линда Спилкер. – Титан – единственное известное нам, помимо Земли, место в Солнечной системе, про которое мы знаем, что на его поверхности стабильно держится жидкость.



*Камеры станции «Кассини» сумели поймать этот редкий вид, на котором мы можем одновременно наблюдать кольца Сатурна, нашу планету Земля (яркая точка правее и ниже колец) и земную Луну в одном кадре. Специалисты NASA совместили изображения, полученные при помощи красного, зеленого и синего спектральных фильтров, чтобы получить этот фотоснимок в естественных цветах – таким этот вид предстал бы перед человеческим взглядом, если бы люди побывали около Сатурна. Ученые проекта «Кассини» попросили людей на Земле помахать в сторону Сатурна примерно в то время, когда этот снимок был сделан. В момент съемки «Кассини» находился на расстоянии около 1,212 млн км от Сатурна и 1,446 млрд км от нашей планеты. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Научный институт космических исследований*

Некоторые озера на Титане так же огромны, как Великие озера на американском континенте или Каспийское море, расположенное между Европой и Азией. «Кассини» даже удалось засечь отблеск солнечного света на глади озера в северном полушарии Титана, а это говорит о том, что на поверхности таких озер ходят волны.

Наблюдения при помощи научных инструментов показали признаки наличия высохших озерных котловин у южного полюса спутника, и действующая на данный момент гипотеза такова, что на Титане озера наполняются и пересыхают по мере того, как дожди и влажность перемещаются из одного полушария в другое по ходу цикла смены времен года, длительность которого составляет 30 земных лет.

– Одна крутая вещь, которую нам удалось сделать, – это прозондировать озера радиолучом. Это примерно как светить фонариком на лужу, – объясняет Мейзи, – только при помощи радиосигнала действительно можно определить глубину озер.

Море Кракена, самое большое углеводородное море на Титане, оказалось как минимум 35 м глубиной, хотя вполне возможно, что оно гораздо больше.

– Каждый раз, пролетая мимо Титана, мы видим на нем что-нибудь новое, – говорит Мейзи. – Я просто поражен этой планетой.

## Большой финал «Кассини»

Незадолго до того, как я разговаривала с Линдой Спилкер в ее кабинете в лаборатории реактивного движения в начале 2016 года, «Кассини» завершил свой последний пролет Энцеллада.

– Печально осознавать, что те или иные действия с «Кассини» мы теперь выполняем в последний раз, – говорит она. – Когда проект приближается к концу, действительно ощущаешь грусть, но в то же время и огромное удовлетворение от того, как много нам удалось добиться. «Кассини» превзошел все самые смелые ожидания, которые возлагались на этот аппарат при запуске, и программа его полета продолжалась так долго за счет безупречной работы космического аппарата.

В определенном смысле, – говорит Спилкер, – проект подходит к концу. Но нам удалось собрать настоящую сокровищницу данных, и работать с ними предстоит еще не один десяток лет. Каждый день новая информация выливается на нас могучим потоком, как из пожарного брандспойта, и мы лишь успеваем снять сливки с самых лучших снимков и данных. Но представьте себе, сколько новых открытий мы еще пока не сделали. Поиск более полного понимания природы системы Сатурна продолжается, и мы оставляем в наследство тем, кто придет после нас, сделанное нами и наши мечты – о новых полетах, об углублении тех исследований, которые начали мы.

## Глава 7

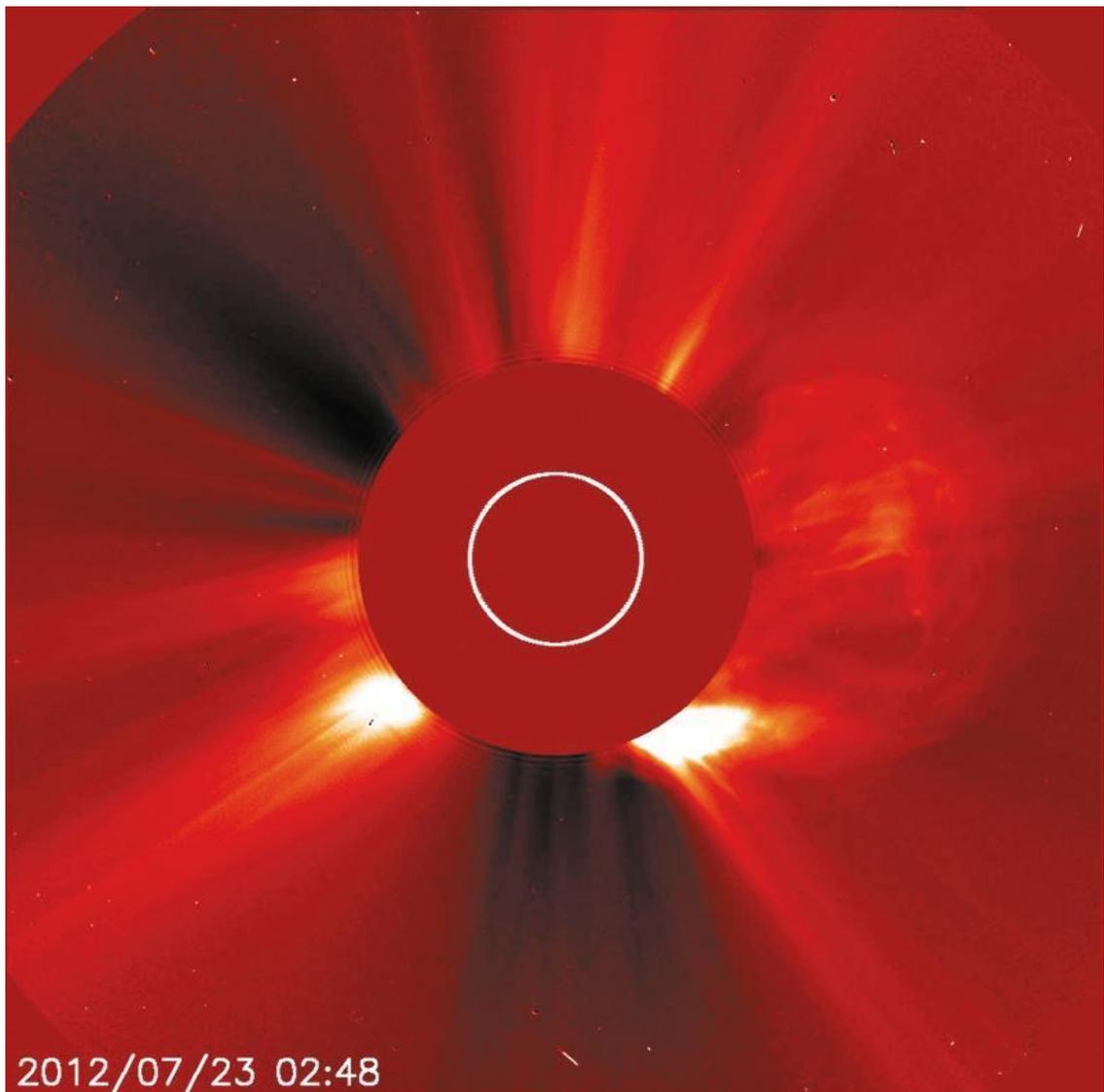
# Скачивая Солнце круглосуточно, семь дней в неделю: Solar Dynamics Observatory

### На грани катастрофы

23 июля 2012 года на поверхности Солнца произошло несколько мощных взрывов подряд. Такие события называют **корональными выбросами массы**, и в этот раз они были равны по высвобожденной энергии взрыву тысяч ядерных бомб. Их сила заставила облака намагниченной плазмы массой в миллиарды тонн устремиться в космос со скоростью 3000 км/с – это в четыре раза быстрее, чем при обычном солнечном извержении.

Так начался один из самых сильных солнечных штормов за всю историю наблюдений.

Мог ли этот «мегашторм» задеть Землю? Если бы так произошло, то начались бы отключения света по всему миру, взрывы электрических трансформаторов и перегорания всех устройств, включенных в розетки. Связь на всем земном шаре прервалась бы, потому что спутники, при помощи которых работают телефоны, телевидение, радио, Интернет и военная связь, могли бы лишиться энергии, управления и даже, возможно, выйти из-под контроля наземных ЦУПов и начать кувыркаться, утратив ориентацию. Астронавты и космонавты на Международной космической станции оказались бы в серьезной опасности подвергнуться воздействию радиации высокой интенсивности от бомбардировки солнечными частицами, а бортовые системы станции могли выйти из строя. Повреждения, вызванные последствиями такой солнечной бури, человечество могло бы устранять годами, и негативное воздействие на экономику одних только Соединенных Штатов могло превысить 2 трлн долларов, а это в двадцать раз больше, чем ущерб от бедствия наподобие урагана «Катрина», в денежном выражении. Наше зависящее от технологий общество было бы искалечено.



*Этот снимок был сделан спутником Solar and Heliospheric Observatory<sup>58</sup>, совместно созданным NASA и Европейским космическим агентством в июле 2012 года. На правой стороне заметно облако солнечного материала, извергнутого Солнцем в процессе одного из самых быстрых зарегистрированных корональных выбросов массы. Источник: Европейское космическое агентство и NASA / проект SOHO*

К счастью, флотилия солнечных обсерваторий внимательно следила за развитием этого космического события, и астрономы знали, что Земля не окажется «на линии огня». Но грань катастрофы была близко. Если бы тот корональный выброс случился бы несколькими днями раньше, то нашей планете грозила бы глобальная катастрофа, несравнимая ни с чем из того, что нам доводилось пережить.

---

<sup>58</sup> SOHO, «Солнечная и гелиосферная обсерватория». – Прим. пер.



*Так спутник Solar Dynamics Observatory<sup>59</sup> выглядит на орбите (иллюстрация). Источник: NASA*

Чтобы иметь возможность постоянно наблюдать Солнце, ученые построили с помощью NASA орбитальный научный аппарат Solar Dynamics Observatory. С помощью этого спутника мы можем видеть Солнце таким, каким еще никогда не видели.

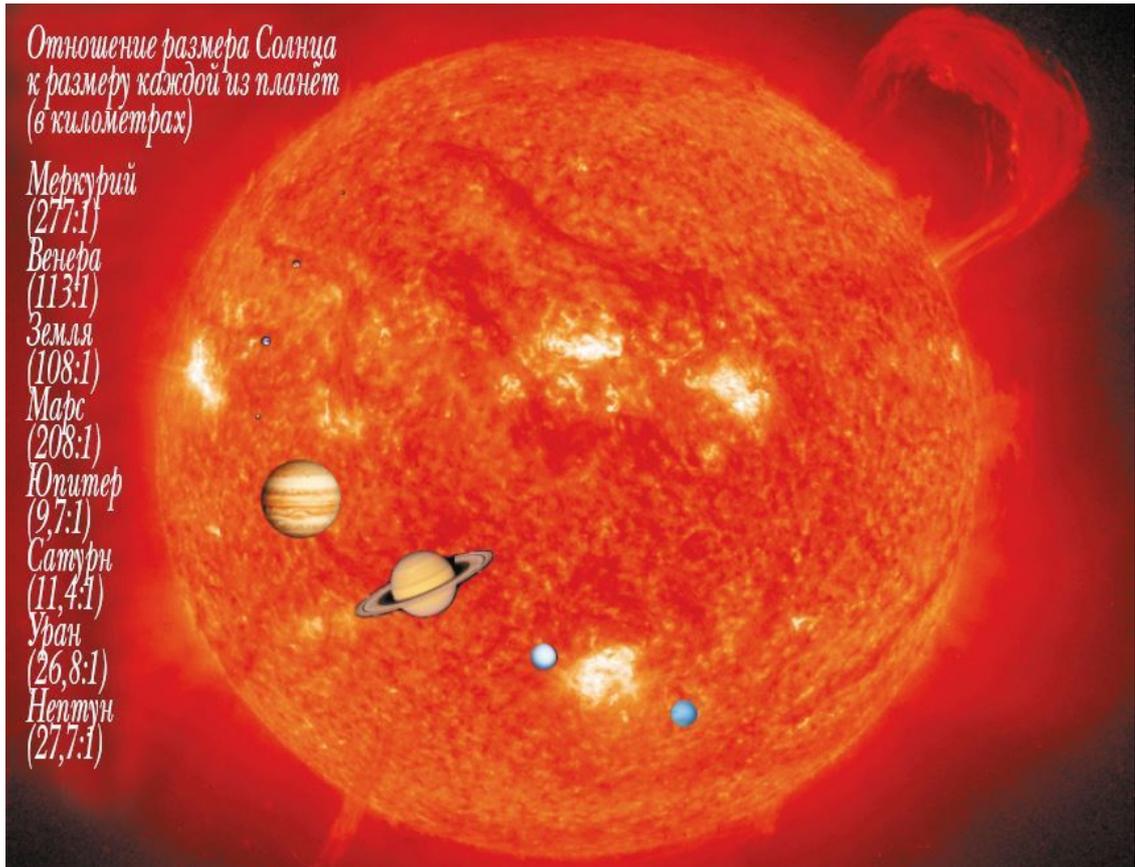
– SDO изучает Солнце почти в постоянном режиме и следит за возникновением солнечных бурь, которые управляют нашей космической погодой здесь, в окрестностях Земли, – говорит Том Вудс, ответственный научный исполнитель по программе одного из инструментов на борту SDO под названием Extreme Ultraviolet Variability Experiment<sup>60</sup>. Детальное изучение солнечных бурь очень важно, потому что эти события могут повлиять на большую часть техники, которую мы используем, – например, связь, GPS и другие навигационные системы. И одна из ключевых задач SDO – как можно лучше понять, что является причиной солнечных штормов и как мы можем предсказывать их.

Спутник SDO отличается как от всех остальных космических станций «солнечного патруля», так и от наземных солнечных обсерваторий, потому что у него совсем иное качество научных инструментов и выдает он на-гора совершенно не сопоставимый объем научных данных. Шесть камер высокого разрешения (с матрицами 4000 на 4000 пикселей) делают снимки Солнца каждые 0,75 секунды, и их разрешающая способность в десять раз выше, чем у телевизионной камеры HD-качества. SDO создает удивительные видеокadres солнечной поверхности, на которых раскрываются филигранные детали происходящего. Эта техника позволяет астрономам видеть особенности и явления солнечной активности, которые не были известны до запуска SDO на орбиту в 2010 году.

Кроме того, SDO стал одним из первых космических аппаратов, который производит огромное количество данных. Три напряженно работающих научных инструмента на его борту собирают 1,5 терабайта данных ежедневно. Этот объем аналогичен тому, как если бы кто-то записывал по музыкальному компакт-дискy каждые 36 секунд или каждый день загружал 380 полнометражных фильмов или 500 000 песен.

<sup>59</sup> SDO, «Обсерватория солнечной динамики». – Прим. пер.

<sup>60</sup> Эксперимент по исследованию вариаций в крайнем ультрафиолете. – Прим. пер.

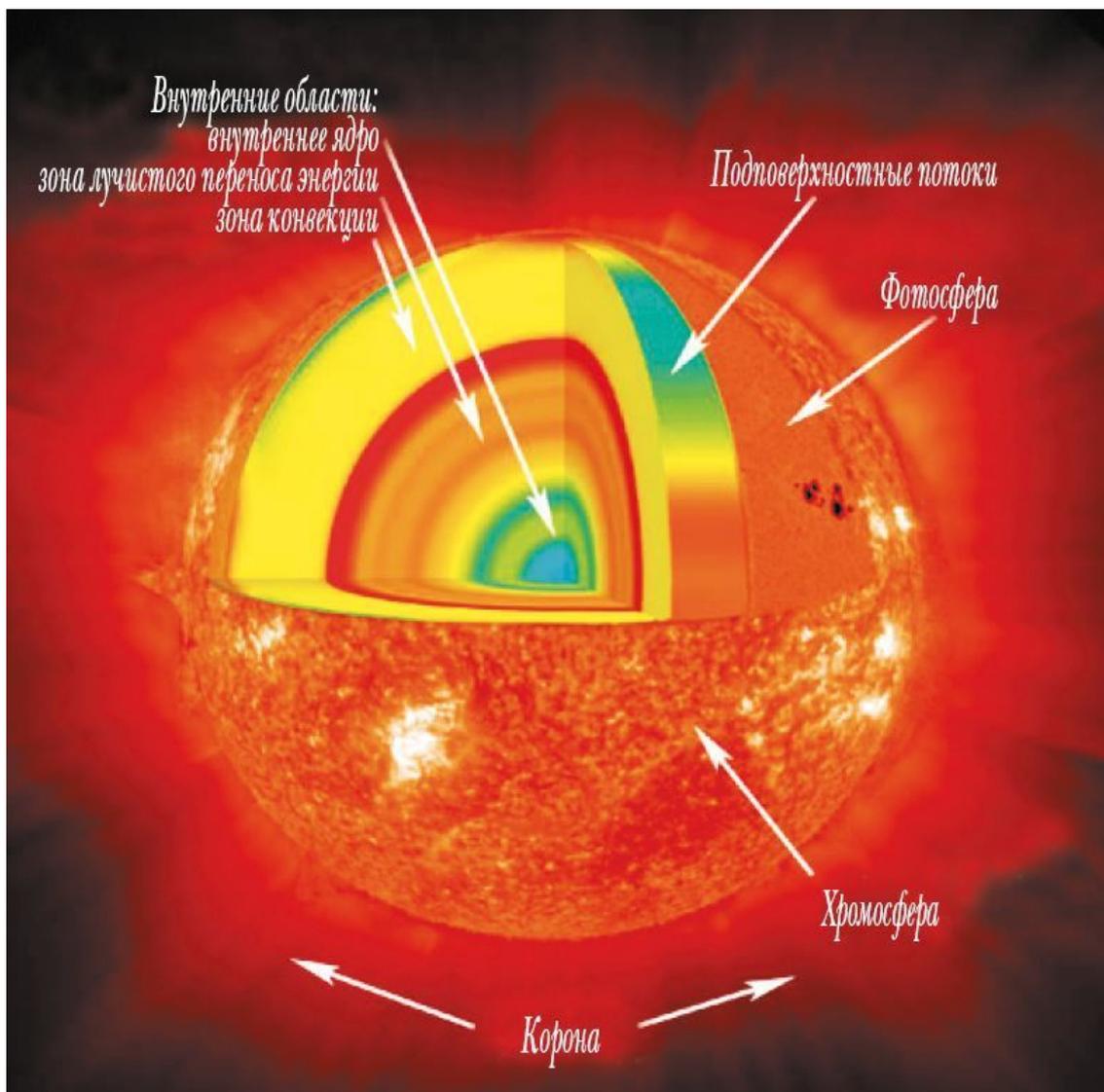


Насколько велико Солнце по сравнению с планетами? На этой инфографике можно наглядно сопоставить его линейные размеры с размерами всех планет Солнечной системы. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения

До того как мы познакомимся с SDO поближе, давайте внимательно взглянем на Солнце.

## Как работает Солнце?

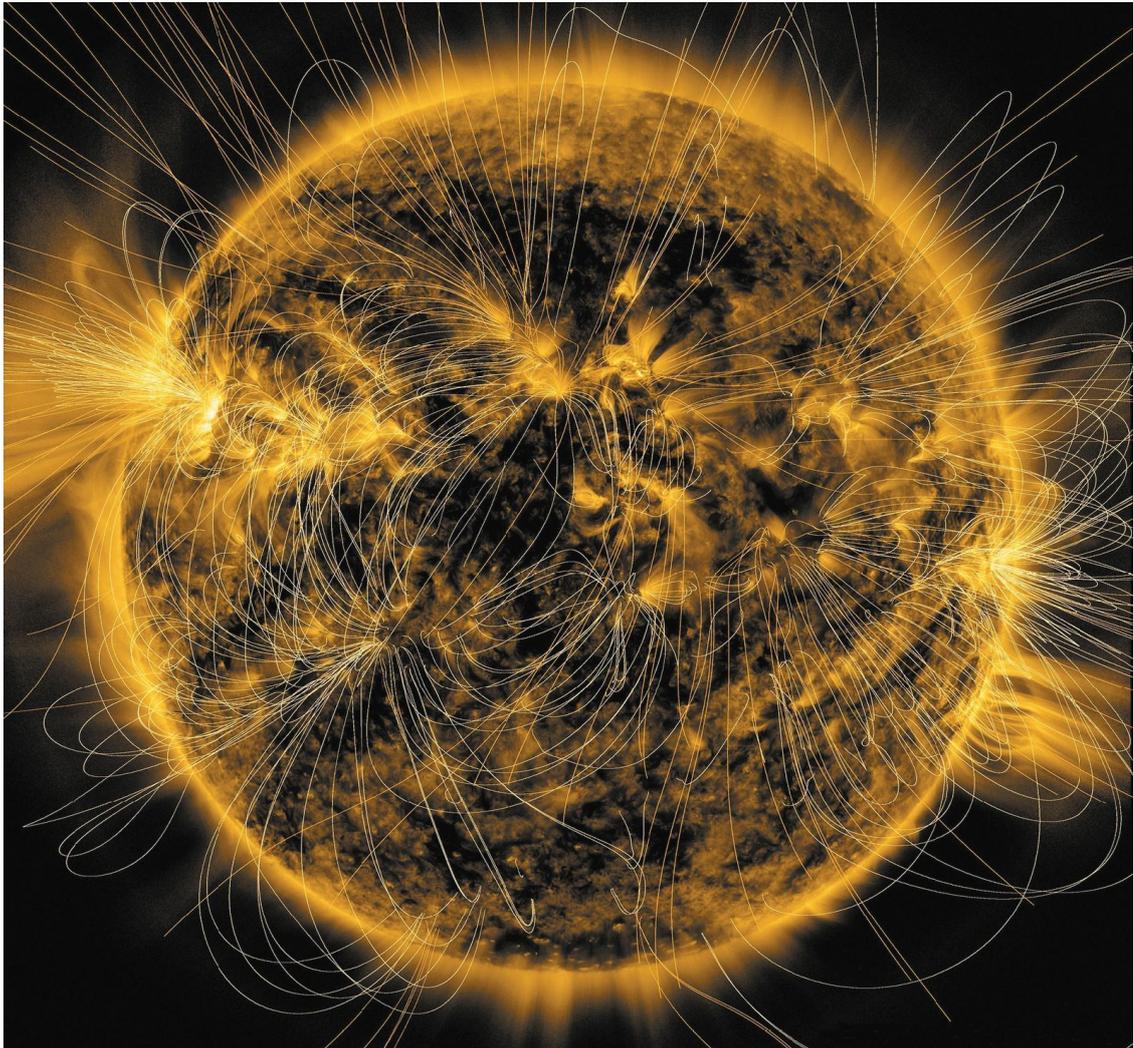
Есть веская причина, почему область пространства по соседству с нами называется Солнечной системой. Солнце – центр нашей планетарной системы и в буквальном, и в фигуральном смысле. Оно содержит 99,9 % всего вещества Солнечной системы и является источником жизни и энергии у нас на Земле. Сила тяготения Солнца доминирует над всеми планетами и объектами, которые обращаются вокруг него. По всей видимости, с самого начала человеческой истории люди понимали, насколько Солнце важно для нашего мира и как оно влияет на последовательную смену дня и ночи, времен года и жизненных циклов.



Схема, условно показывающая Солнце в разрезе: можно видеть различные его слои.  
Источник: NASA

Около 4,6 млрд лет назад облако космического газа и пыли сгустилось в пространстве после взрыва звезды – такое явление называется взрывом **сверхновой**. Облако начало сжиматься, формируя протосолнечную туманность. Если фигурист, крутясь, прижмет к своему телу обе руки, он будет вращаться быстрее, и точно так же облако начало вращаться быстрее,

сжимаясь. В нем формировался плотный горячий центр, который в конце концов образовал звезду – наше Солнце.



*Тонкими линиями показана структура магнитного поля в атмосфере Солнца, определенная на основе магнитных измерений на его поверхности. Схема наложена на изображение Солнца в крайнем ультрафиолетовом спектральном диапазоне (длина волны 171 ангстрем). Этот тип излучения невидим для наших глаз, но условно изображен золотистым цветом. Источник: NASA / проект SDO / группа Солнечно-атмосферной съемки (AIA) / Солнечная и астрофизическая лаборатория Lockheed Martin (LMSAL)*

Солнечная система сформировалась из оставшегося газа и пыли, которые обращались вокруг новорожденной звезды. Благодаря мощной гравитации Солнца планеты, астероиды, кометы и прочие тела постоянно продолжают двигаться, делая оборот за оборотом вокруг него.

Звезды, и Солнце в том числе, не горят. Скорее, то, что происходит в их недрах, можно сравнить с непрерывно взрывающимися водородными бомбами или гигантскими термоядерными реакторами. Звезды сжимаются под действием собственного веса, сокрушая все, что находится в их центре, и создавая гигантское давление газа. Благодаря этому давлению атомы водорода соединяются вместе, образуя газ гелий в результате процесса, который называется термоядерный синтез. В центральной области Солнца, в его **ядре**, каждую секунду синтезу подвергаются миллионы тонн водорода, высвобождая гигантскую энергию непрерывным потоком. Несмотря на то что родившейся в ядре энергии для того, чтобы добраться до поверхно-

сти Солнца, могут потребоваться миллионы лет, с того момента как свет Солнца срывается с его поверхности, ему нужно лишь восемь минут, чтобы преодолеть 150 млн км пространства, отделяющего Землю от Солнца.

Солнце можно разделить на два принципиально разных региона – внутренний и внешний. В каждом из них различают три слоя. Как мы уже поняли, ядро – точка, где начинается все действие благодаря тому, что термоядерная реакция создает температуру в 14 000 000 °С. Его окружает так называемая зона лучистого переноса, где тепло и свет медленно поднимаются от ядра в вышележащие области, и путь их через этот слой занимает миллионы лет. На третьем «этаже», конвективной области, тепловая энергия начинает активное движение: здесь материал Солнца вскипает и бурлит, и перенос тепла через него к поверхности занимает всего лишь около месяца.

Во внешнем регионе первый слой – это видимая поверхность Солнца, она известна как фотосфера. На ней астрономы могут наблюдать детали, такие, как солнечные пятна. Здесь Солнце «остывает» почти до 5500 °С. Следующие два слоя можно считать солнечной атмосферой: вначале идет хромосфера, активная область, где мы можем наблюдать струйные извержения (филаменты) и протуберанцы, рвущиеся прочь от Солнца, и где температура, как это ни странно, начинает расти и вчетверо превышает температуру в фотосфере – достигая 20 000 °С. Следующий, самый внешний слой под названием корона – это область, где газ разогревается до температур, превышающих 1 000 000 °С. Солнце настолько горячее, что большая часть газа в нем находится на самом деле в состоянии плазмы – это газообразная материя, в которой электроны отделены от ионов, таким образом, получается перегретая смесь заряженных частиц.

Одна из самых больших загадок в науке о Солнце – почему температура возрастает с высотой в хромосфере и короне. Ученые подозревают, что магнитная активность в солнечной атмосфере служит источником энергии помимо прямого нагрева.

Изучение природы солнечного магнитного поля является ключом к пониманию сразу нескольких аспектов солнечной активности. Однако у астрономов пока нет полного представления обо всех происходящих там процессах. Им известно, что, когда заряженные частицы солнечной плазмы находятся в движении, они естественным образом создают магнитные поля, которые изгибаются и замыкаются в петли. Когда эти поля взаимодействуют, они могут неожиданно выделять большое количество энергии в виде корональных выбросов массы или **солнечных вспышек**. Последние представляют собой явления меньшего масштаба по сравнению с корональными выбросами, но скорость движения их излучения равна скорости света, поэтому солнечные вспышки могут достигать Земли менее чем за восемь минут.

Магнитное поле Солнца проходит полный цикл активности периодически, через регулярные промежутки в одиннадцать земных лет, от состояния, которое называется **солнечный максимум**, когда солнечные пятна, вспышки и корональные выбросы случаются часто, к **солнечному минимуму**, когда Солнце относительно спокойно. Этот регулярный ритм остается неизменным многие тысячелетия, и, опять же, ученые бьются над тем, чтобы полностью понять его природу и причины.

Свидетельством того, что Солнце распространяет свое влияние на всю Солнечную систему, является тот факт, что горячая корона нашей звезды непрерывно растекается в пространстве, создавая то, что называется солнечным ветром, – поток заряженных частиц, который продолжает двигаться до расстояния, в сто раз превышающего расстояние между Землей и Солнцем, – в этом месте за самыми дальними окраинами Солнечной системы находится область под названием гелиопауза. Она похожа на колоссальных размеров пузырь, сформированный солнечным ветром – гелиосферой, – и является самой большой слитной структурой в Солнечной системе.

Астрономам известно, что срок существования звезд наподобие нашего Солнца составляет от 9 до 10 млрд лет. Сейчас возраст Солнца 4,6 млрд лет, и, значит, оно в самом расцвете

сил, и пройдет еще целых 5 млрд лет до того момента, как оно начнет умирать, расширяясь и превращаясь в красный гигант.

## Как работает SDO

Большую часть времени Солнце предстает для нас неизменным и одинаковым. Оно движется по нашим небесам каждый день, и мы не особенно задумываемся о нем. Нам известно, что Солнце отвечает за жизнь на Земле и очень сильно влияет на нас, однако с ним все еще связано много неразгаданных тайн. Мы не знаем точно, что происходит внутри Солнца или как энергия запасается и высвобождается в солнечной атмосфере. Мы также не вполне понимаем, почему случаются такие явления, как солнечные вспышки или корональные выбросы массы.

Solar Dynamics Observatory помогает нам понять природу Солнца, ведя наблюдения за светилом в больших и малых масштабах, а также расширяя диапазон наблюдений в спектральные области, где излучение невидимо человеческому глазу.

Одна из конкретных научных задач SDO – решение вопроса о том, как возникает магнитное поле Солнца, какова его структура и как именно запасенная в нем магнитная энергия переходит в другие формы и высвобождается в космос, превращаясь в солнечный ветер и потоки энергичных частиц. Определить, что является движущей силой магнитного поля, критически важно для понимания того, как Солнце влияет на Землю и всю остальную Солнечную систему.

## День запуска: 11 февраля 2010 года

Я находилась в Космическом центре имени Кеннеди во Флориде. Рядом со мной стояла группа ученых, среди которых был Дин Песнелл, научный руководитель проекта SDO из Центра космических полетов имени Годдарда. Вместе мы с нетерпением ждали, когда SDO устремится в небо, уносимый ракетой Atlas. Ежась в своих пиджаках в это солнечное, но неуютно прохладное флоридское утро, Песнелл и коллеги обсуждали своего «малыша», который был бережно припрятан под головной обтекатель ракеты.

Размеры спутника Solar Dynamics Observatory составляют 4,5 м в высоту и 2 м в ширину, и ему предстояло попасть на орбиту, которую называют наклонной геосинхронной с высшей точкой 36 000 км над Землей. Там космический аппарат сможет проводить постоянные наблюдения за Солнцем, одновременно оставаясь на орбите, согласованной с вращением Земли.

Таким образом, SDO находится над одной и той же долготой на поверхности нашей планеты, причем эта долгота совпадает с координатой центра приема данных в Уайт Сэндз в американском штате Нью-Мексико. Поскольку SDO производит громадные объемы данных, поток которых более чем в 50 раз превышает поток данных от любого аппарата NASA в прошлом, на борту SDO не хранится ничего: вместо этого данные сразу же и непрерывно сбрасываются на единственную выделенную наземную станцию.



*Нэнси Аткинсон берет интервью у Мадхулики (Лики) Гухатхакурты, ученой из штаб-квартиры NASA, работающей по программе SDO, а в это время сам космический аппарат в составе ракеты-носителя вывозят на Стартовый комплекс № 41 базы «Мыс Канаверал». Февраль 2010 года. Фото размещается с любезного разрешения Ромео Дюршера*

– У SDO есть несколько усовершенствований по сравнению с аппаратом, работавшим по предыдущему проекту, – говорит Песнелл. – Во-первых, мы поставили улучшенные камеры. Каждая вдвое больше, чем самая лучшая камера, которая до этого момента летала в космос,

и у нас их шесть штук. Размер матрицы составляет 4000 на 4000 пикселей, то есть каждая камера работает с 16 млн пикселей.

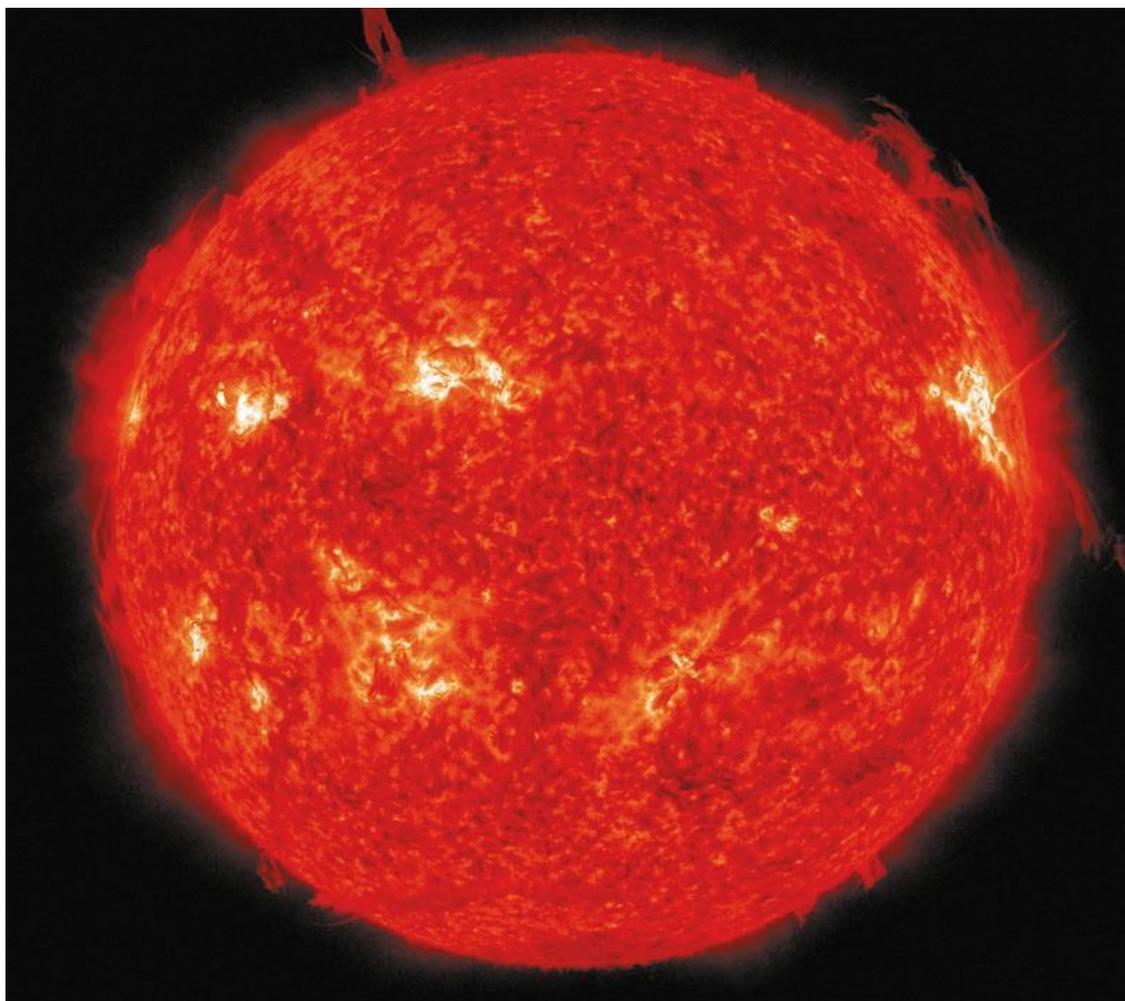
Он объяснил мне, почему так важно наблюдать полный диск Солнца в высоком разрешении:

– Если вы видите, как что-то происходит, то вы говорите: «О, вот это круто, это я хочу детально изучить!» Потом вы можете увеличить изображение и работать с мелкими деталями или, наоборот, расширить поле зрения, чтобы увидеть общую картину.

Но самое важное, по словам Песнелла, что этот спутник фотографирует часто, очень часто.

– До SDO самое лучшее, чего кто-либо мог добиться от космических научных аппаратов, – это съемка полного диска Солнца примерно каждые три минуты, а мы готовимся делать фото раз в десять секунд, – говорит он. – Таким образом мы сможем различить то, что сейчас происходит слишком быстро, и поэтому мы такие явления не замечаем. Это как если бы мы смотрели на вершины гор и совсем не видели бы долин между ними.

Также Solar Dynamics Observatory изучает количество энергии, излучаемое солнцем, и типы света, невидимые человеческому глазу, такие как ультрафиолетовое излучение.



*Вид солнечного диска в мае 2012 года, когда на его краю можно было заметить множество протуберанцев. Этот снимок Солнца был сделан обсерваторией SDO в крайнем ультрафиолетовом диапазоне. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда*

– Это очень короткие волны, – поясняет Песнелл, – которые поглощаются в верхних слоях земной атмосферы, заставляя ее разогреваться и расширяться. Этот эффект может служить помехой околоземным спутникам и заставлять их сходить с орбиты. В предыдущих программах съемки ультрафиолетовое свечение Солнца в крайнем диапазоне фотографировалось раз в 90 минут, а мы будем его наблюдать каждые 10 секунд.

## Спутник-обсерватория SDO

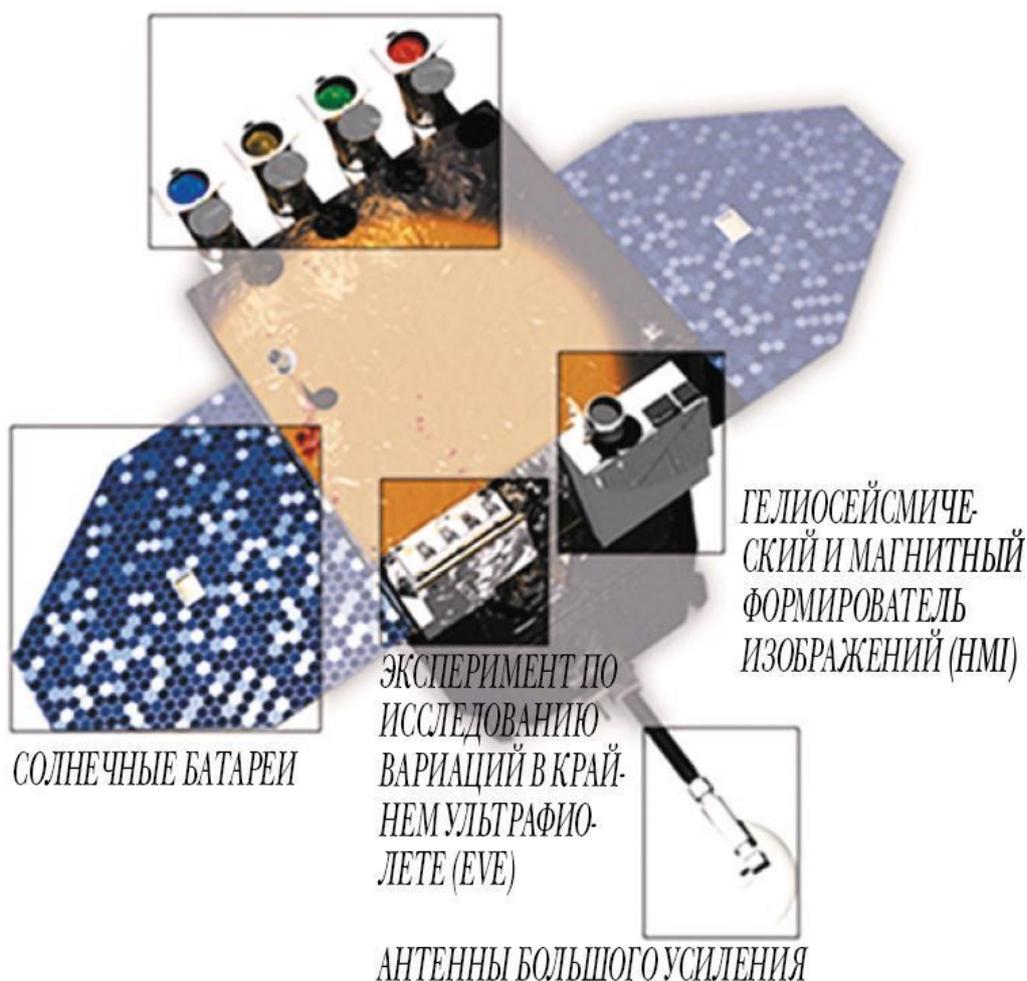


Схема расположения научных инструментов на борту Solar Dynamics Observatory (SDO).  
Источник: NASA

Загадочное магнитное поле тоже стало предметом изучения.

– Наша цель – понять жизненный цикл магнитного поля, – говорит Песнелл. – Солнечные магнитные поля являются причиной всего происходящего, и мы хотим знать, откуда они берутся, как попадают на поверхность и как именно затем преобразуются в солнечную активность.

Дин Песнелл с улыбкой подытоживает:

– Мы увидим очень много всего нового и многому научимся.

Согласно конструкторскому замыслу, на борту SDO находятся три научных инструмента, которые должны работать совместно. Один из них измеряет магнитное поле Солнца, другой – все то, что магнитное поле делает, а третий выполняет регистрацию и измерения тех эффектов, которые в результате возникают здесь, в окрестностях Земли.



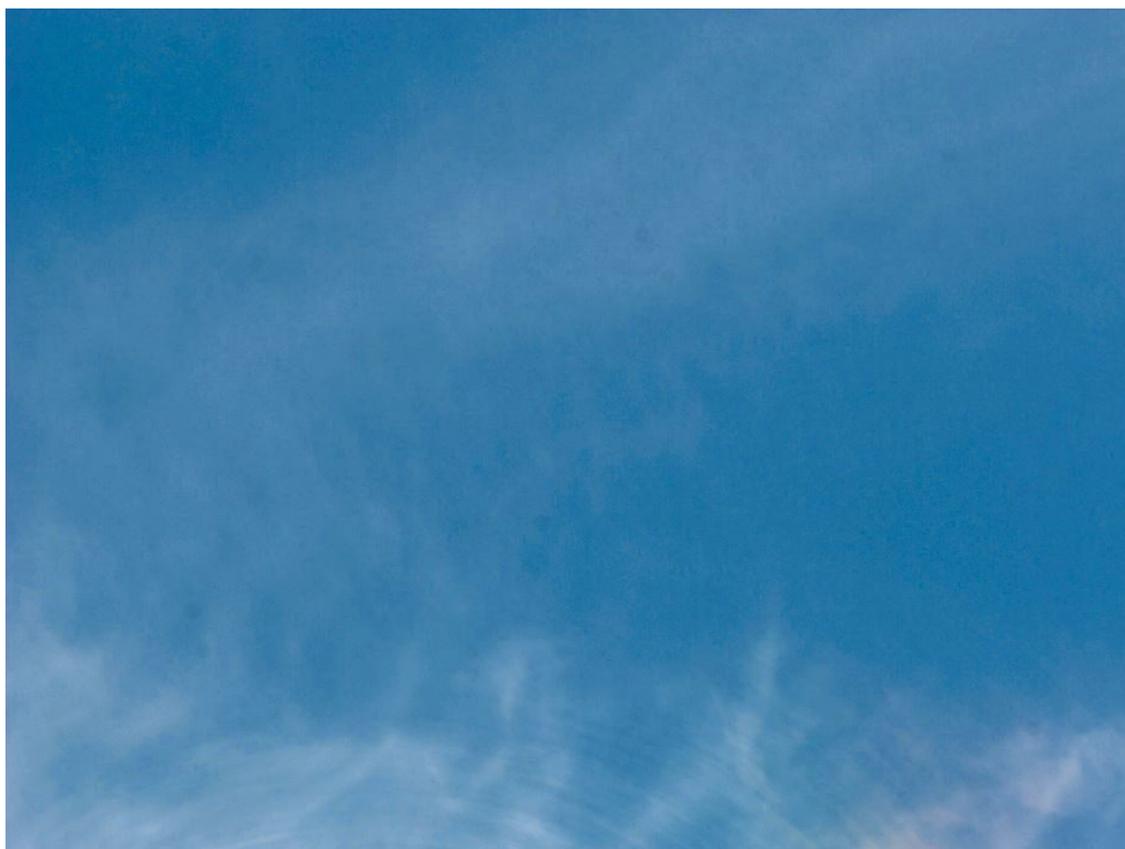
*Запуск космического аппарата SDO на ракете, стартующей с Пускового комплекса № 41 на базе ВВС США «Мыс Канаверал» 11 февраля 2010 года. Источник: NASA*

Эти инструменты таковы.

**Гелиосейсмический и магнитный формирователь изображений**<sup>61</sup> строит карту магнитного поля Солнца и может заглянуть под его непрозрачную поверхность, используя аналог ультразвуковой эхолокации, которая применяется геофизиками на Земле. Инструмент расшифровывает физическую картину происходящих на Солнце процессов, показывая нам, из каких источников рождается магнитное поле и как оно выглядит на поверхности.

---

<sup>61</sup> Helioseismic and Magnetic Imager, HMI. – Прим. пер.



*Когда ракета с Solar Dynamics Observatory на борту (яркая полоса в правом нижнем углу фотографии) покинула пусковой комплекс на мысе Канаверал 11 февраля 2010 года, эксперты в области оптики, наблюдавшие за стартом, открыли новую разновидность ледяного гало. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Энн Кослоски*

**Комплекс солнечно-атмосферной съемки**<sup>62</sup> представляет собой группу из четырех телескопов, специально созданных для фотографирования поверхности и атмосферы Солнца. Спектральный охват инструмента распространяется на десять различных длин волн или цветов, выбранных так, чтобы наилучшим образом раскрывать ключевые аспекты солнечной активности. Снимки, которые выполняет AIA, показывают детали, ранее не виданные учеными.

**Эксперимент по исследованию вариаций в крайнем ультрафиолете**<sup>63</sup> измеряет флюктуации в излучательной способности Солнца. Ультрафиолетовое излучение оказывает прямое и мощное воздействие на верхние слои атмосферы Земли, нагревая ее, заставляя расширяться и разбивая в ней на части атомы и молекулы. Оборудование EVE поможет исследователям понять, насколько быстро изменяется светимость Солнца на этих длинах электромагнитных волн.

---

<sup>62</sup> Atmospheric Imaging Assembly, AIA. – Прим. пер.

<sup>63</sup> Extreme Ultraviolet Variability Experiment, EVE. – Прим. пер.



*Научный руководитель проекта Дин Песнелл, рассказывающий о процессе запуска аппарата. Источник: Нэнси Аткинсон*

Запуск SDO в тот февральский день был успешным – и великолепным! Ко всему прочему, оказалось, что, начав свой полет, аппарат SDO помог сделать новое открытие в атмосфере Земли. Удивленные зрители вблизи стартовой площадки увидели, как ракета Atlas пролетела сквозь **ложное солнце**, или **паргелий** – яркое пятно в небе, возникающее из-за рефракции солнечного света на кристаллах льда, которые попадают в высоких перистых облаках. Ударные волны, созданные работой ракетного двигателя, разбежались по облакам и нарушили согласованную ориентацию ледяных кристалликов. Из-за этого ложное солнце исчезло и появились круговые волны вокруг летящей ракеты. Кроме того, яркая колонна белого света возникла рядом с ракетой Atlas и потянулась вслед за ней в небо. Это зрелище никого не оставило равнодушным: зрители охали и ахали от восхищения.

– Мы увидели, как появилось это ложное солнце, и ракета с SDO на борту пролетела прямо сквозь него. Потом оно пропало, – рассказывал Песнелл после запуска. – Наверное, это первый раз, когда мы послали научный космический аппарат в ложное солнце, и специалисты уже изучают это явление, так что Solar Dynamic Observatory уже помогла нам узнать кое-что о нашей собственной атмосфере.

После того как эксперты изучили видеозапись полета, они пришли к выводу, что ударные волны от ракеты каким-то образом иначе расположили ледяные кристаллы, создав гало. Им не приходилось видеть такое явление раньше, и это событие помогло узнать о новом способе формирования паргелия.

## Давайте займемся наукой!

Шесть лет спустя – день в день – я посетила Дина Песнелла в Центре управления полетом SDO в Центре космических полетов имени Годдарда около Балтимора в штате Мэриленд. В комнате было тихо, и слышался только негромкий гул компьютеров и вентиляторов охлаждения. Лишь один инженер трудился, проверяя данные на ряде мониторов.



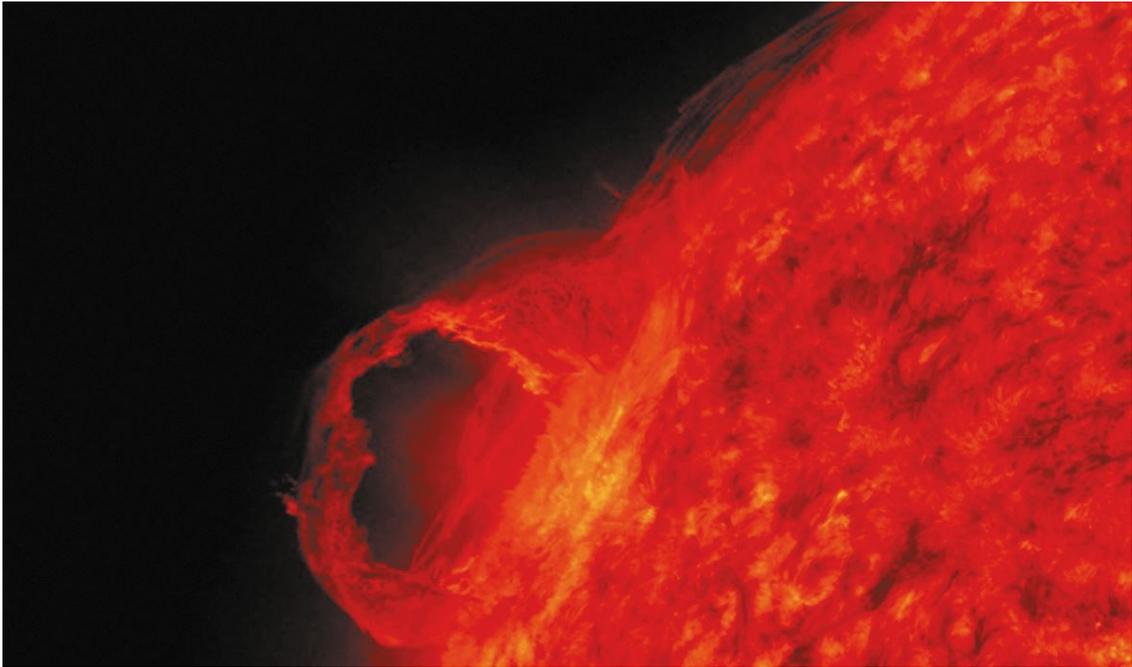
*Вид Центра управления полетом Solar Dynamics Observatory в Центре космических полетов имени Годдарда в городе Гринбелт, штат Мэриленд, США. За работой группы управления наблюдает резиновая курица по имени Камилла. Источник: Нэнси Аткинсон*

– Вот так мы и работаем уже шесть лет, – говорит Песнелл, – и наш космический аппарат так надежен и стабилен, что нам не нужно присутствия многочисленной команды специалистов каждый день.

На экранах видно расположение SDO в пространстве и схема поля зрения его камер: в центре квадратного прицела застыло Солнце. На другом большом экране Песнелл к моему визиту подготовил «слайд-шоу» из самых выразительных и величественных снимков, сделанных SDO. Правда, потом он признался, что на самом деле готовил эту презентацию для празднования шестой годовщины работы спутника на орбите, которое должно было состояться позже в тот же день.

С момента запуска SDO присылает данные и фотоснимки. Как сказал один сотрудник научной команды SDO, «количество данных, с которым нам приходится работать, вопиюще огромно».

Все эти данные, а они составляют примерно 98 % всей касающейся Солнца информации, собранной при помощи космических наблюдений, хранятся в Объединенном центре научных операций (Joint Space Operations Center, JSOC) в Стэнфордском университете в штате Калифорния.

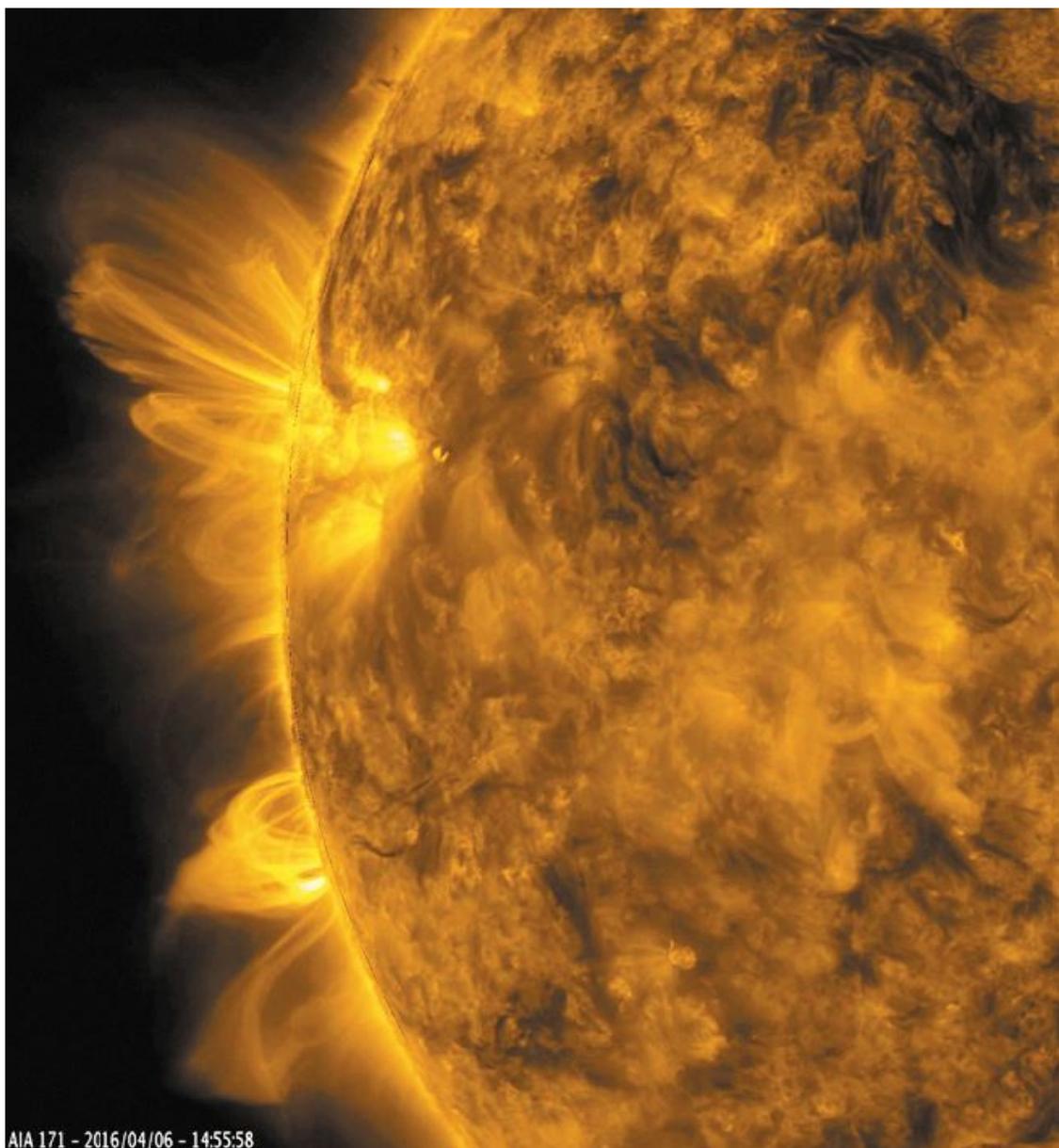


*Один из первых снимков, сделанных SDO 30 марта 2010 года. Сразу после включения сенсоров комплекса солнечно-атмосферной съемки AIA в их поле зрения оказался этот протуберанец, в ультрафиолетовой части спектра. Источник: NASA / группа солнечно-атмосферной съемки (AIA) / Центр космических полетов имени Годдарда*

– В JSOC мы держим в 24 раза больше данных, чем все остальные вместе взятые, – говорит Песнелл.

– Данные с SDO по-настоящему раскрыли нам глаза, – говорит гелиофизик К. Алекс Янг, который тоже работает в Центре Годдарда. – Получив возможность наблюдать полный диск Солнца одновременно на различных длинах волн, мы приобрели совершенно новый взгляд на него. SDO просто нет смысла сравнивать ни с какой другой космической солнечной обсерваторией, созданной до нее, потому что раньше у нас не было ничего подобного.

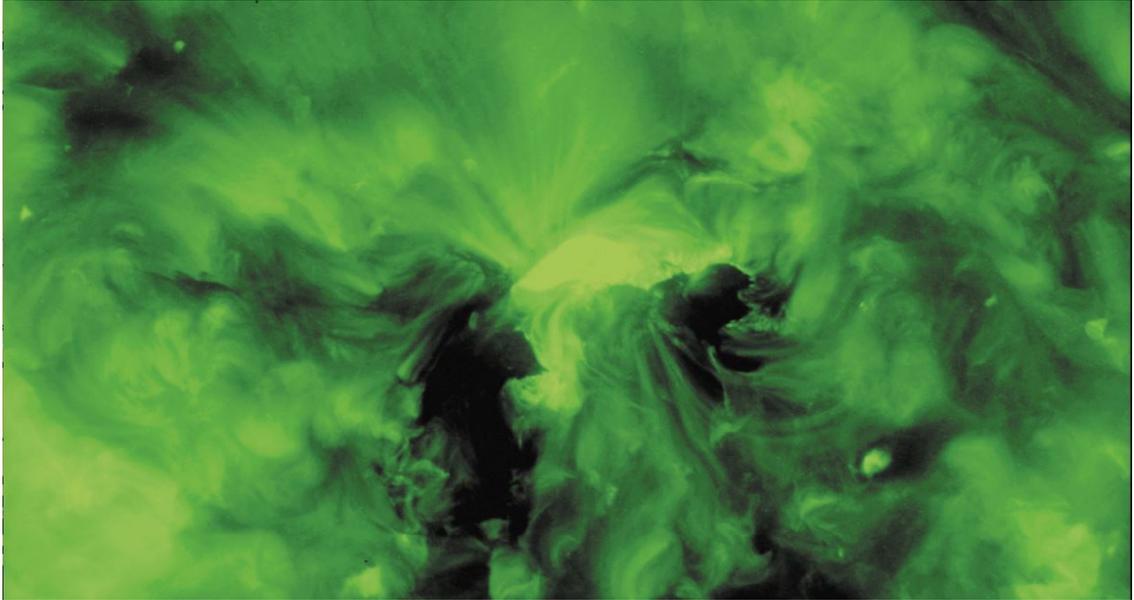
Данные поступают от SDO мощным потоком, как вода из пожарного шланга, говорит Янг.



*На снимке, сделанном в апреле 2016 года, видны арки линий магнитного поля, возвышающиеся над лимбом (краем диска) Солнца – они сопряжены с парой активных регионов. Спустя какое-то время, за счет вращения Солнца, они выйдут из-за горизонта и «повернутся» к наблюдателю. Заряженные частицы, двигающиеся по спирали вдоль линий поля, делают эти структуры видимыми в спектральном диапазоне жесткого ультрафиолета. Активные регионы – это районы активного столкновения противоборствующих магнитных сил, заключенных под солнечной поверхностью. Источник: проект Solar Dynamics Observatory, NASA*

За шесть лет наблюдений с помощью SDO было совершено несколько революционных открытий. Одним из первых подтвердился тот факт, что на Солнце случаются индуцированные вспышки – это такие солнечные вспышки, которые возникают одновременно на большом расстоянии друг от друга, и между ними есть некая связь.

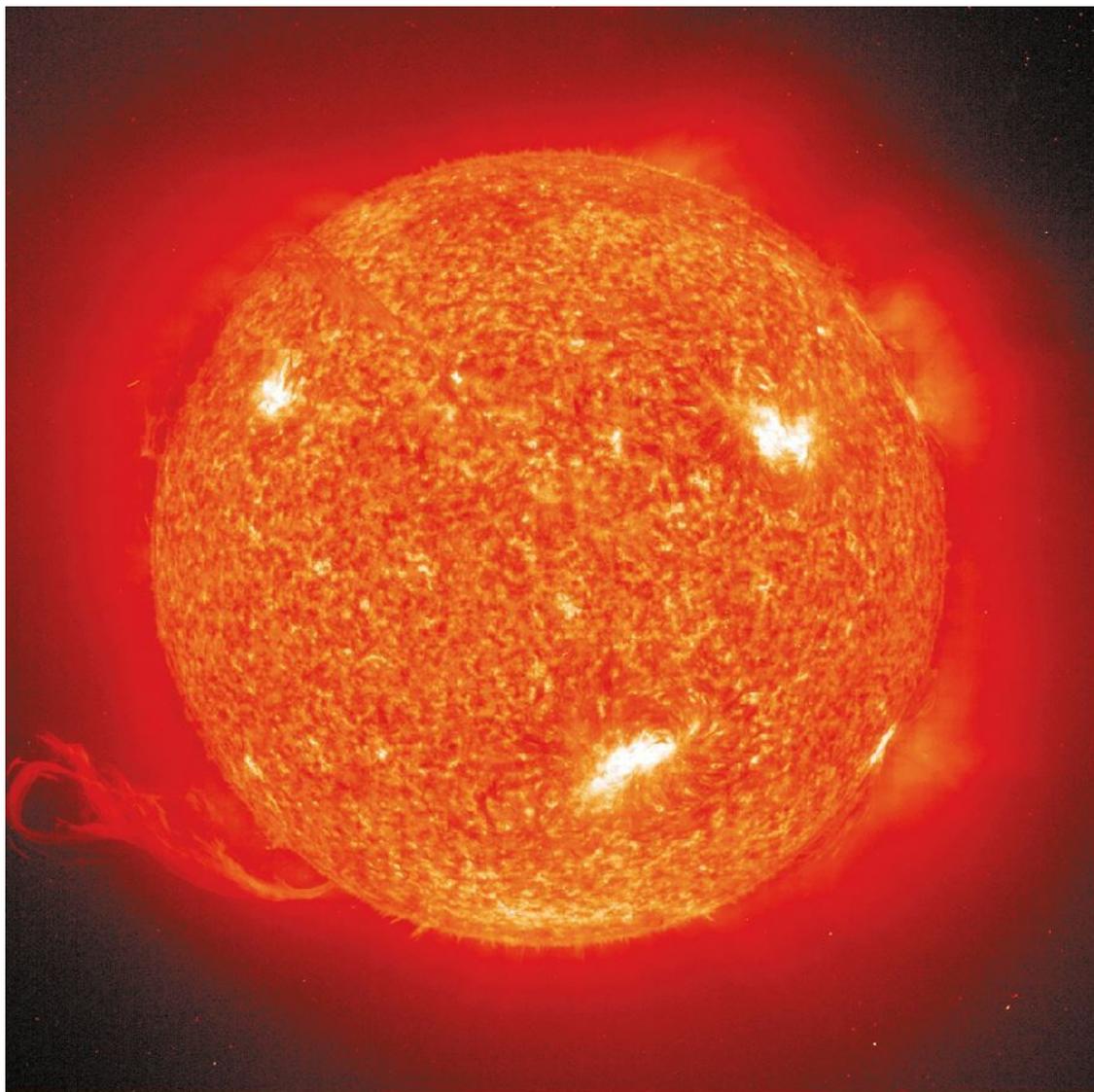
– Это явление изучают и спорят о нем десятки лет, – говорит Янг. – И до начала работы SDO у нас не было необходимого количества информации, чтобы говорить с достаточной долей уверенности о том, что такие почти одновременные взрывы как-то связаны.



*Картину клубящегося солнечного «прибоя», несущегося сквозь атмосферу Солнца, зафиксировала обсерватория SDO 8 апреля 2010 года. Источник: NASA / Дэнни Рэтклифф, студия космической визуализации при Центре имени Годдарда*

Есть мнение группы ученых, что места вспышек находятся слишком далеко друг от друга – иной раз их разделяют миллионы километров, – чтобы быть связанными, но другие убеждены, что существует скрытая физическая связь между такими взаимно отдаленными регионами Солнца.

На раннем этапе программы наблюдений ученые из команды SDO получили шанс изучить индуцированные вспышки. 1 августа 2010 года взорвалась вся видимая часть северного полушария Солнца, и за считанные часы произошли разнообразные вспышки и струйные извержения. Данные, собранные SDO, показали, что между местами вспышек и других событий прослеживается связь по линиям магнитного поля. С того момента, благодаря непрерывным наблюдениям обсерватории SDO во множестве областей электромагнитного спектра одновременно, ученым удалось увидеть множество индуцированных вспышек, соединенных на больших расстояниях петлями солнечного магнитного поля.



*Солнце окружено особой газовой дымкой – эта атмосфера называется солнечной короной. Источник: NASA / Европейское космическое агентство / проект Solar And Heliospheric Observatory («Солнечная и гелиосферная обсерватория», SOHO)*

Другой находкой, сделанной при помощи Solar Dynamics Observatory, стало первое в мире полномасштабное наблюдение несущихся с огромной скоростью **солнечных волн**, которые иногда называют корональными волнами или солнечными цунами. Они проявляются как волна горячей плазмы, которая, подобно прибою, мчится по поверхности Солнца.

– Мы узнали о существовании солнечных волн вскоре после запуска космической станции SOHO – Solar and Heliospheric Observatory<sup>64</sup> – в 1995 году, – говорит Янг. – Но мы не могли пронаблюдать их движение целиком, потому что у других обсерваторий было слишком малое поле зрения. Теперь же мы можем по-настоящему видеть, как эти волны скользят по диску Солнца, как встречаются с активными регионами и что происходит в результате взаимодействия активного региона и волны.

Янг говорит, это похоже на картину волн на поверхности пруда с выступающими валунами – можно видеть, что случается в момент встречи волны с подобными препятствиями.

---

<sup>64</sup> Солнечная и гелиосферная обсерватория». – Прим. пер.

Песнелл согласен с Янгом в том, что самая значительная польза от SDO – это возможность вести наблюдения всего Солнца одновременно.

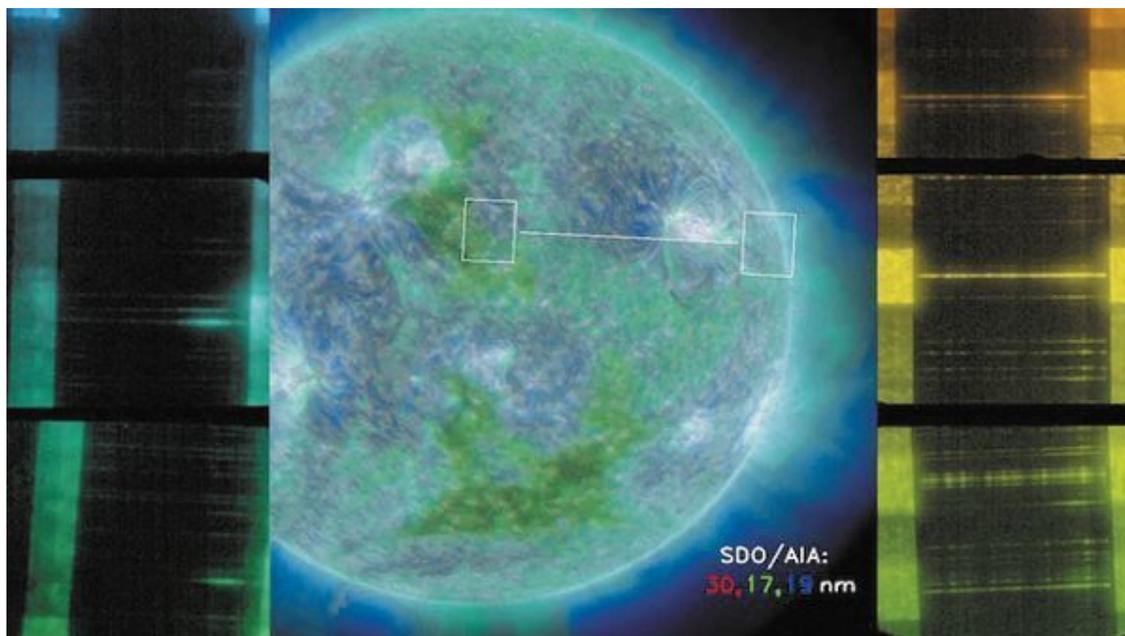
– Мы можем видеть все Солнце сразу и наблюдать, как изначально скромные явления вроде солнечных волн могут перемещаться и порождать другие явления, – говорит он. – Мы отслеживаем эти волны, и, глядя на то, как они двигаются и отражаются от других объектов, мы узнаем больше о нижних слоях солнечной атмосферы, что помогает нам понять происходящее и научиться предсказывать, что может случиться дальше.

SDO помог ученым приблизиться к решению загадки, какая считается самой интересной в современной гелиофизике, – механизма разогрева солнечной короны, благодаря которому корона существенно горячее поверхности Солнца – его фотосферы.

– Если вы встанете рядом с камином, – приводит аналогию Песнелл, – и начнете шагать от него, вы почувствуете, как вам становится холоднее. Но почему-то с Солнцем все совсем не так. За счет чего же корона, сидящая поверх такой вроде бы обычной и скучной звезды, в 200 раз горячее ее самой?

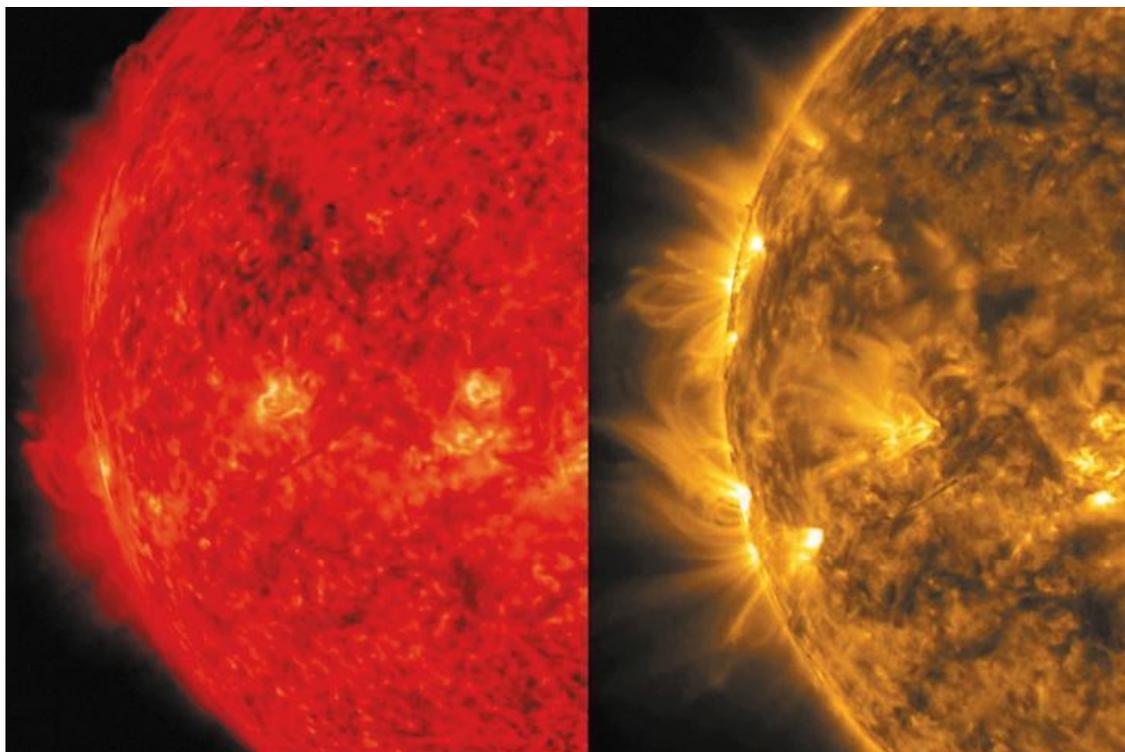
Это как если бы воздух в отдалении от пылающего с треском камина оказался бы горячее самого пламени. И, если корона такая горячая, почему же она не заставляет поверхность самого Солнца нагреваться до близкой температуры?

Несмотря на то что полного понимания этого явления у астрофизиков пока нет, они делают успехи в изучении механизма производства и переноса энергии в корону. Наиболее популярная гипотеза называется гипотезой о **нановспышках**. Нановспышки обладают в миллиард раз меньшей энергией, чем обычные солнечные вспышки, зато, по словам Песнелла, они происходят на Солнце почти непрерывно.



*Приборы на борту запущенной NASA на большую высоту так называемой зондирующей ракеты провели анализ солнечного света в области, обозначенной на этой иллюстрации белой чертой (основой снимка послужила фотография Солнца, полученная Solar Dynamics Observatory). Свет был разложен на составляющие различных длин волн – это можно видеть на исчерченных многочисленными линиями фотографиях спектров справа и слева от диска Солнца, – чтобы выяснить температуру вещества, которое мы наблюдаем на Солнце. Эти спектры дают информацию, помогающую определить, почему атмосфера Солнца намного горячее его поверхности. Фото размещено с любезного разрешения NASA / Европейские университетские информационные системы (EUNIS) / проект SDO*

– По сути, это подобные очень маленьким солнечным вспышкам события, которые почти все время происходят вблизи поверхности Солнца, – объясняет он. – И мы считаем, что они играют роль нагревательных элементов.



*Эти две сделанные одновременно (декабрь 2015 года), но на разных длинах волн жесткого ультрафиолета фотографии помогают ученым наглядно пронаблюдать отличия в деталях, видимых в определенном диапазоне излучения. На длине волны 171 ангстрем (фото золотистого цвета) мы видим более тонкие нити плазмы, извивающиеся над поверхностью светила, чем на волне 304 ангстрем (фото красного цвета), поскольку в этих волнах мы наблюдаем более холодную плазму, ближе расположенную к поверхности. SDO проводит наблюдения Солнца в различных диапазонах спектра, и каждый из них помогает раскрыть детали, находящиеся под разными температурами и на различной высоте над поверхностью. Источник: проект Solar Dynamics Observatory, NASA*

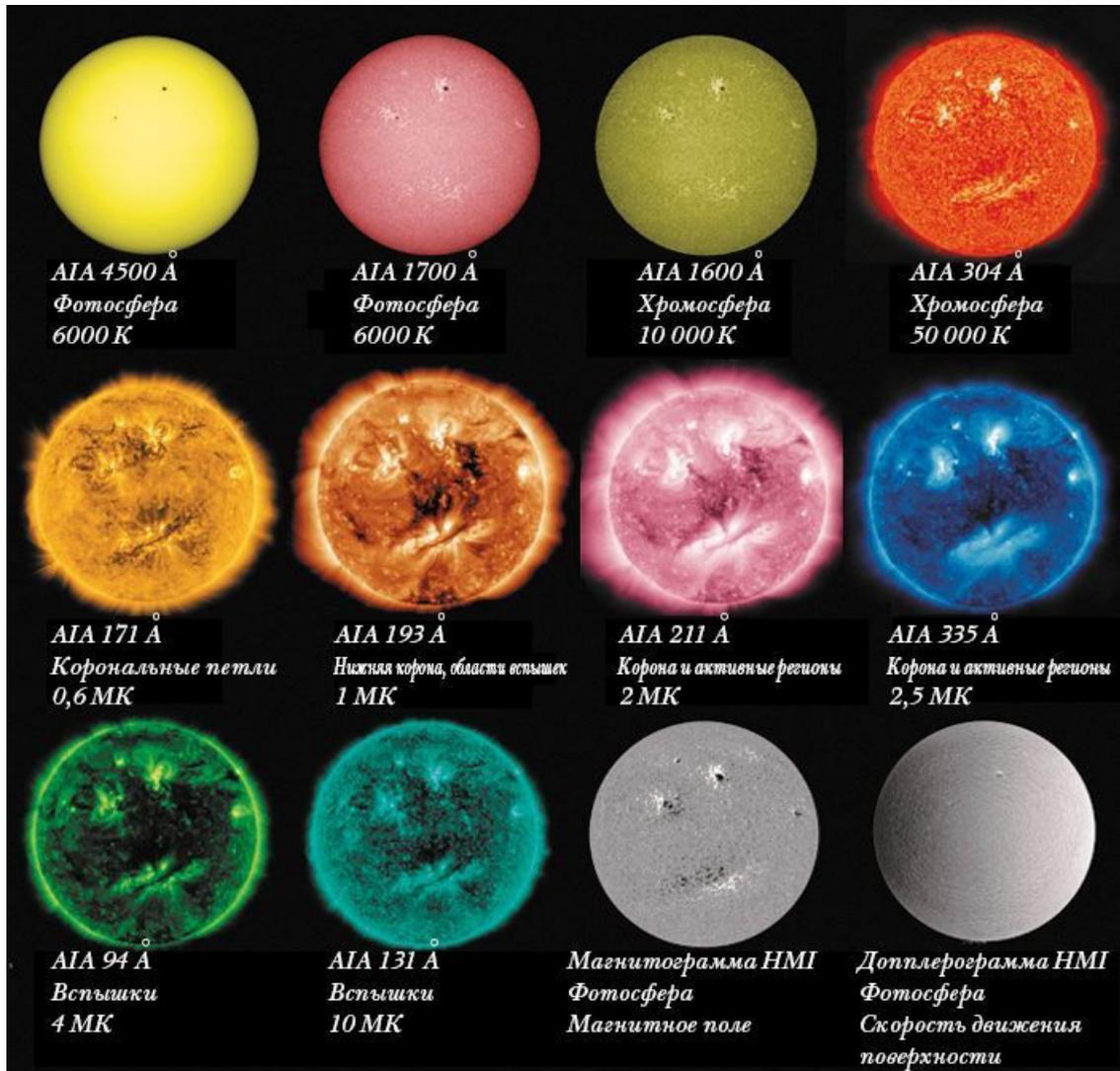
Представьте себе нагревательные элементы, вшитые в ткань электрического одеяла. Точно так же, как один такой элемент не в состоянии разогреть все одеяло, и одна нановспышка не может разогреть всю корону. А действуя совместно, маленькие, но часто повторяющиеся вспышки посылают в пространство достаточно энергии, чтобы разогреть все «одеяло» солнечной атмосферы.

– Чудесно осознавать, что данные SDO помогают нам отыскивать пути решения этого давнего и непростого вопроса, – говорит Песнелл. – Нановспышки вписываются в ту картину, которую мы видим при помощи как обсерватории SDO, так и других спутников, наблюдающих за Солнцем.

Наблюдения обсерватории SDO, кроме того, перевернули все предыдущие представления о том, как гонимые невероятными силами недра Солнца перемещаются от экватора к полюсам и обратно: это движение служит ключом к пониманию физического процесса под названием **динамо**, который отвечает за возникновение магнитного поля Солнца. Моделирование

этой системы лежит в основе улучшения предсказаний солнечных феноменов и интенсивности предстоящего солнечного цикла.

Песнелл утверждает, что главная задача – научиться когда-нибудь предсказывать солнечные бури с большой точностью.



А вы видите «солнечного человечка»? Детали солнечного диска сложились в подобие лица, но его можно увидеть не во всех доступных наблюдению диапазонах. В этом комплекте изображений собраны двенадцать снимков Солнца на различных длинах волн электромагнитного спектра, сделанные одновременно при помощи двух инструментов станции SDO: гелиосейсмического и магнитного формирователя изображений НМИ и комплекса солнечно-атмосферной съемки AIA. Источник: NASA / проект SDO / Центр космических полетов имени Годдарда

– Если на Солнце происходит какое-то явление большой мощности, то при помощи собранных SDO данных мы можем «вернуться назад» и посмотреть, что предшествовало этому событию, и, может быть, понять, что именно вызвало сильную вспышку или извержение, – говорит он. – Мы стараемся найти конфигурацию-предшественника в магнитных силовых линиях. Сейчас мы можем наблюдать, как эти силовые линии перестраиваются в активных солнечных регионах, и надеемся отыскать закономерность, предсказуемый порядок в этом процессе. Но, к сожалению, природа не вполне оправдывает наши ожидания. Не все явления

похожи друг на друга, и мы пока знаем слишком мало, чтобы полностью понимать, как работает магнитное поле, и иметь возможность делать такие предсказания.

Но, как говорит Песнелл, так и работает научный подход.

– Ученые выдвигают гипотезу и проверяют ее на практике до тех пор, пока она или дает верные предсказания, или опровергается, – говорит он. – При этом, бывает, испытываешь разочарование, но и удовольствия в науке тоже хватает.

Тем не менее обсерватория SDO позволила ученым окинуть взглядом то, как магнитные поля изменяются во времени, и это поможет им в итоге понять, что служит «пусковым крючком» для гигантских солнечных вспышек и корональных выбросов массы. Может быть, когда-нибудь точно так же, как метеорологи сейчас предсказывают земную погоду, гелиофизики благодаря SDO смогут надежно предугадывать наступление солнечных бурь.

## Мы <3 SDO

Еще в самом начале работы Solar Dynamics Observatory возникла необычная, но глубоко душевная связь между участниками сложного научного проекта и энтузиастами из широкой публики. Выражением этой связи стала резиновая курочка по имени Камилла.

История Камиллы началась в те дни, когда космический аппарат SDO еще находился на ранней стадии подготовки к запуску в Центре космических полетов имени Годдарда. Одна из участвующих в проекте научных сотрудниц Барбара Томпсон принесла Камиллу в научный коллектив Центра Годдарда просто для того, чтобы всех развлечь. Резиновая курица была ярко-желтого цвета и похожа этим на Солнце. Поначалу Камилла была лишь игрушкой для того, чтобы создавать непринужденную атмосферу в учреждении и помогать сплачивать команду, но со временем она начала играть все большую роль в образовательной ветви проекта и связях с общественностью.

Песнелл и Янг согласны, что Камилла оказалась очень важна для общения с публикой, особенно с детьми.

– Мы проводили множество образовательных программ, – рассказывает Дин Песнелл, – и всегда старались заинтересовать наших слушателей, чтобы они задавали вопросы. Но, казалось, дети, глядя на меня, бородатого ученого с научной степенью, робели и стеснялись спрашивать у меня что-нибудь. Но как только я доставал и показывал Камиллу, то сразу же вырастал лес рук!

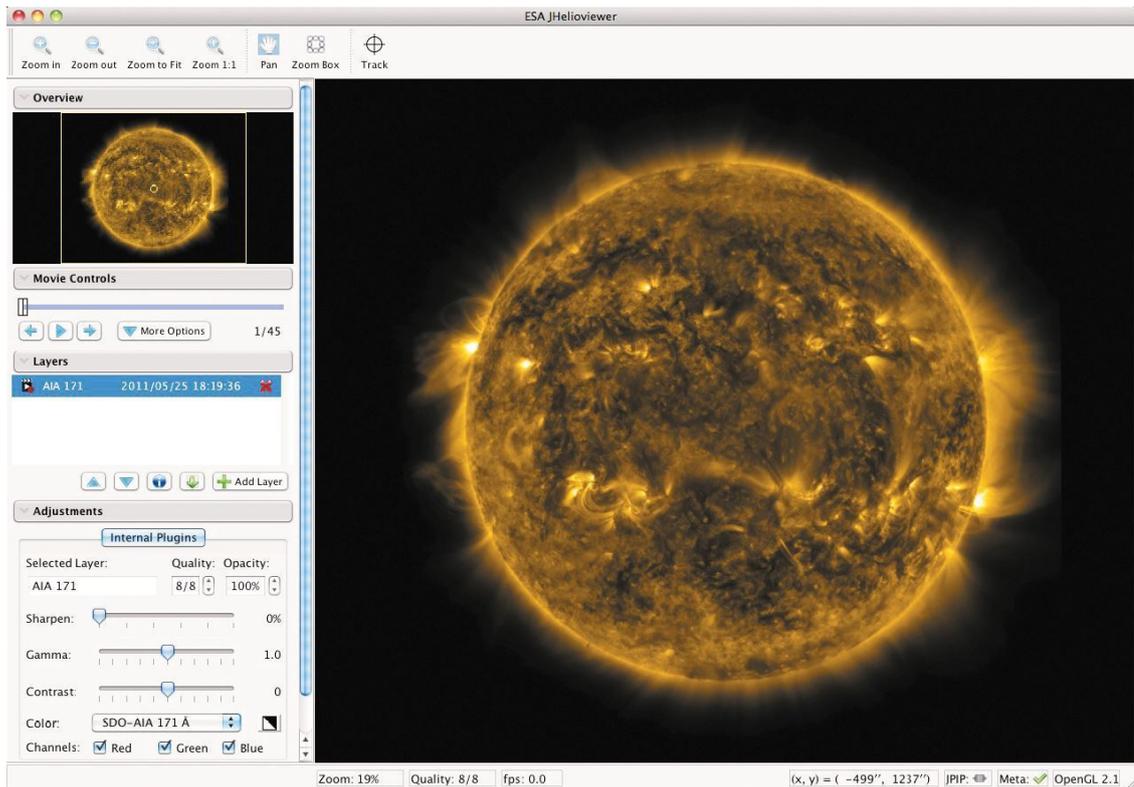
Официальный «телохранитель» Камиллы, Ромео Дюршер работал совместно с научной командой SDO в Стэнфордском университете.

– Мы всегда считали, что Ромео здорово придумал, предъявив Камиллу открыто всем интересующимся, и она после этого стала помогать нам в образовательной части проекта, – говорит Янг.

Прошло время, и NASA изменило формат взаимодействия с общественностью и образовательных программ, и Камилла перестала быть официальным талисманом проекта. Но Камилла Корона (теперь у нее есть еще и фамилия!) является активным блогером в социальных сетях проекта и помогает ученикам сориентироваться и начать карьеру в области точных наук и техники. Кроме того, операторы управления полетом снова приняли Камиллу в свой коллектив, и она следит за порядком в Центре управления полетами SDO в Центре имени Годдарда.

– Теперь она у нас на вторых ролях, – признается Песнелл, – но Камилла сослужила прекрасную службу, и ее «карьера» – лучший пример того, как люди увлекаются игрушкой-талисманом, а потом привыкают к самому научному спутнику и тем фотографиям, которые он делает.

Интерес и любовь к невероятным снимкам, присылаемым SDO, изначально появились под влиянием Камиллы, а теперь им помогает процветать простая в использовании онлайн-программа под названием Helioviewer.



*Снимок экрана с открытого веб-сайта программы Helioviewer. Источник: блогер Geeked On Goddard*

– Еще до того, как SDO отправился в полет, – рассказывает Янг, – один из моих коллег доктор Джек Айрленд думал о том, как мы будем изучать эти снимки размером 4000 на 4000 пикселей с возможностью приблизить их часть и ориентироваться в огромном количестве связанных с Солнцем данных.

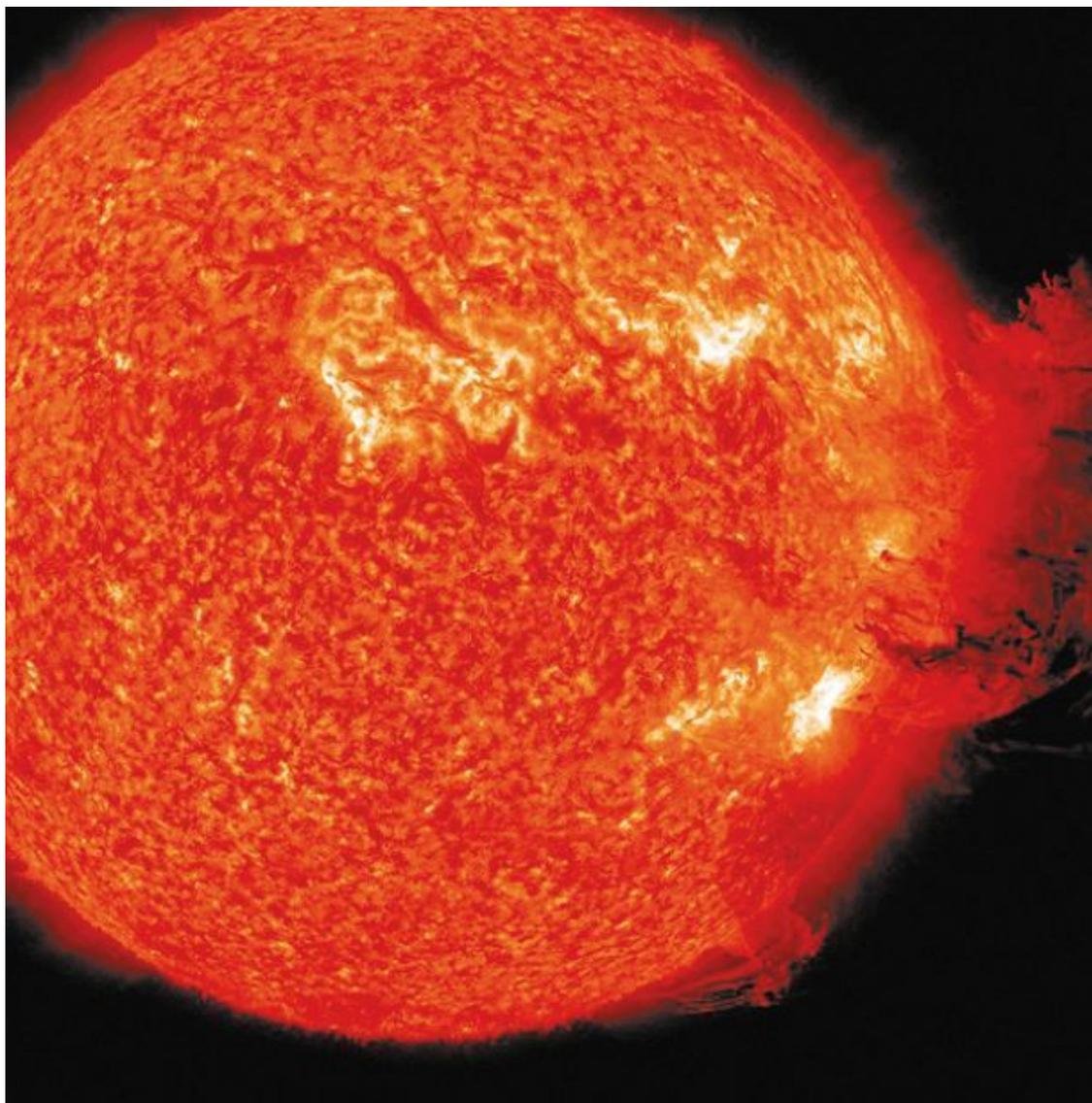
Айрленда вдохновила технология, которая использовалась на географическом сайте Google Maps и других сайтах, работающих в веб-браузерах с большими наборами данных. Он создал программу Helioviewer, которая не только стала критически важным инструментом в руках ученых, но и была открыта для всех желающих, дав каждому возможность изучать все эти невероятные виды Солнца.

Helioviewer – это работающая на клиентском компьютере программа, с помощью которой пользователи могут выполнять поиск по фотографиям Солнца, сделанным SDO, и по данным других космических аппаратов, наблюдавших за Солнцем, начиная с 1991 года, а также отслеживать в реальном времени текущее состояние светила. Пользователи могут монтировать видеоролики, взаимно накладывать снимки в различных диапазонах спектра, увеличивать и уменьшать масштаб и проследить каждое событие на Солнце от начала до конца. Созданными видео можно легко обмениваться, и предусмотрена возможность загружать их напрямую на сервис YouTube. Миллионы пользовательских видео с солнечной хроникой уже были сделаны при помощи сайта Helioviewer.

Этот ресурс также стал онлайн-пространством для встреч энтузиастов наблюдений за Солнцем, где они могут собираться вместе и общаться; Helioviewer служит отличным примером работы коллективных ресурсов. Энтузиасты-ученые используют его для того, чтобы совместно создавать видео, и иногда им даже удается предупредить «настоящих» ученых о том, что на Солнце происходит нечто заслуживающее внимания.

Янг вспоминает случай утром 7 июня 2011 года. Он едва успел налить себе дома утреннюю чашку кофе, как получил электронную почту от Джека Айрленда.

– Джек сказал, что я должен посмотреть видео, которое создал один из пользователей, – говорит Янг. – На нем красовался гигантский фонтан из солнечной плазмы, который только что отделился взрывом от Солнца. Я ни разу не видел такого мощного извержения до того момента. Выглядело так, будто кто-то пнул здоровенный ком земли и он, подлетев вверх, стал сыпаться обратно на Солнце.



*Огромный фонтан солнечного вещества, извергающийся из Солнца 7 июня 2011 года.  
Источник: NASA / проект Solar Dynamics Observatory / Центр космических полетов имени Годдарда*

По словам Янга, это стало для него поворотным моментом. Он создал собственное видео с закадровым комментарием об этом событии и с тех пор пристрастился к общению со зрителями и энтузиастами в области наблюдений Солнца.

– Мне очень нравится общаться на научные темы, рассказывая публике обо всех этих замечательных вещах, – взволнованно говорит он. – Делиться результатами исследований, работать с учащимися – молодыми и пожилыми – я испытываю от этого настоящую адреналиновую дрожь, и мне не хочется останавливаться.

## Солнечные вспышки – убийцы? Нет

Вероятно, вы продолжаете думать о том огромном солнечном шторме, который поднялся в 2012 году и чуть было не задел Землю, – о нем мы говорили в начале этой главы. А может быть, вы слышали о предсказаниях судного дня, который может наступить, если солнечная вспышка-убийца уничтожит земную атмосферу и положит конец жизни на Земле. Мы знаем, что вспышки и корональные выбросы массы постоянно происходят на Солнце и Землю они задевают раз или даже два раза в неделю, а иногда и чаще. Надо ли нам тревожиться?

И да, и нет. Но чаще всего – нет.

– Наше Солнце – это активная звезда, и цикл активности занимает одиннадцать лет. Эта картина оставалась неизменной на протяжении всей истории, насколько мы вообще можем судить, – говорит К. Алекс Янг. – У нас постоянно происходят вспышки на Солнце. Иногда большие, иногда маленькие. Но даже если брать самые большие события, мы можем сказать, что, как правило, их действие на Землю минимально.

На протяжении документированной истории нам известно всего несколько случаев, когда по причине солнечных бурь случались проблемы на Земле.

- 2 сентября 1859 года произошел самый сильный солнечный шторм в истории, нарушивший работу электрического телеграфа.

- 9 марта 1989 года большой корональный выброс массы покинул Солнце; когда он достиг Земли 13 марта, то вызвал отключение сети электропередачи в канадской провинции Квебек. Отключение света длилось более одиннадцати часов и затронуло более 6 млн человек. В Соединенных Штатах было зарегистрировано более 200 проблем с электрическим оборудованием, но обошлось без полных отключений. Некоторые самолеты и спутники пострадали от перебоев связи.

- 5 и 6 декабря 2006 года: вспышки X-класса на Солнце вызвали корональный выброс массы, который создал помехи приему сигналов навигационной системы GPS на наземных приемниках, а также передаче и приему радиogramм на летящих самолетах.

В наши дни более 7500 самолетов в год пересекают северную приполярную область. Некоторые события космической погоды могут вызывать обрывы радиосвязи в этом районе. Такие события длятся по несколько суток, и в это время самолеты меняют курс и пролетают в более южных широтах, где можно использовать спутниковую связь.

Солнечные бури представляют угрозу в основном для созданной нами техники наподобие электросетей или искусственных спутников Земли. Янг успокоил меня, что довольно толстая атмосфера и мощная магнитосфера нашей планеты останавливают всю вредную радиацию, которая порождается солнечной вспышкой и корональным выбросом, поэтому люди на Земле в безопасности. Даже в случае очень значительного солнечного извержения Земля не останется без атмосферы.

– Так много энергии Солнце выделить просто не может, – говорит Янг. – Для этого ему пришлось бы взорваться как сверхновая, но Солнце относится к тому типу звезд, которые не в состоянии породить такой взрыв.

Более сильные солнечные бури могут вызывать полярные сияния в северных широтах, и это, между прочим, очень красивое и выразительное зрелище.

Но, да, геомагнитные шторма потенциально влияют на спутники в космосе и электрическое оборудование.

– О подобных событиях специалисты, которые работают с техническими системами, хорошо знают и умеют с ними обращаться, – говорит Янг. – Если мощная солнечная буря готовится накрыть Землю, сети электропередачи можно временно отключить, а спутники на орбите перевести в безопасный режим до того момента, как буря кончится. Агентство NASA помо-

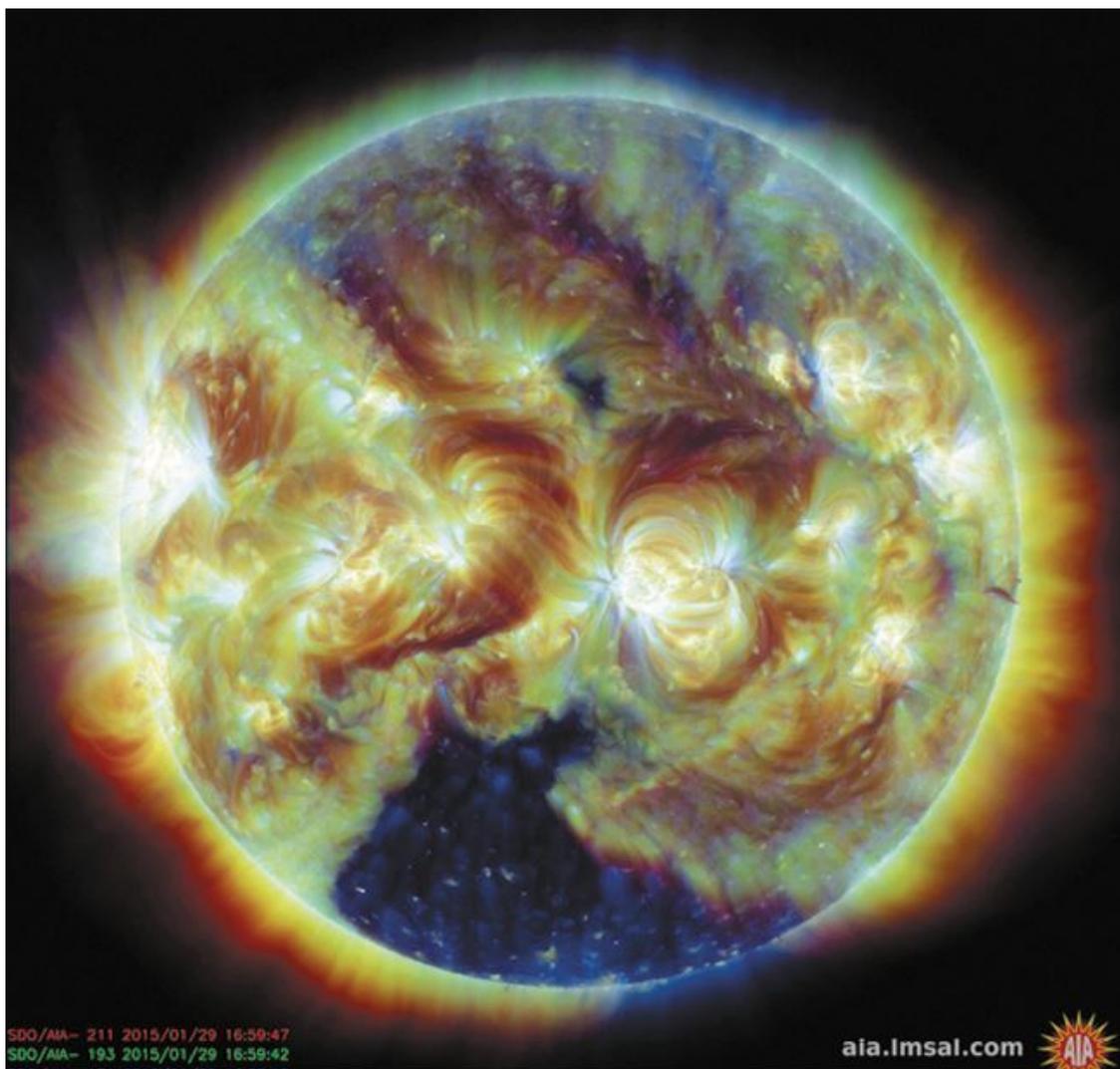
гает энергетическим компаниям и спутниковым операторам выработать стандарты и инструкции по реагированию для того, чтобы их оборудование оставалось в безопасности во время геомагнитных бурь.

И к тому же мы будем предупреждены. Корональные выбросы массы движутся с такими скоростями, что им требуется от 12 до 36 часов, чтобы достичь Земли.



*Чудесные полярные сияния возникают в результате взаимодействия заряженных частиц, извергнутых Солнцем, с земной атмосферой. Тогда мы можем наблюдать в небе такую ошеломительную картину, как на этой фотографии, сделанной на севере штата Миннесота, США. Источник: Боб Кинг*

– Мы многое узнаём о солнечных бурях, – говорит Янг. – Мы научились с большей точностью предсказывать эффекты таких событий и области в пространстве, на которые они окажут свое действие. Мы должны оставаться внимательными и продолжать изучать эти явления, относясь к ним так же, как мы относимся к ураганам или сильным грозам, и тогда мы сможем принять своевременные меры и быть готовыми к их приходу.



*На этом снимке Солнца, сделанном в январе 2014 года, в нижней половине солнечного диска наблюдается большая темная «корональная дыра». Корональные дыры – это области, в которых магнитное поле Солнца разомкнуто, и высокоскоростные потоки солнечного ветра устремляются в открытый космос. Такие участки выглядят темнее, потому что в них меньше вещества, которое можно зарегистрировать в спектре трех отдельных длин волн крайнего ультрафиолета, совмещенных в этом кадре. В самой широкой своей части дыра простирается на половину солнечного шара, и ее размер в 50 раз превышает размер Земли. Источник: проект Solar Dynamics Observatory, NASA*

Мы знаем, что не можем предотвратить солнечные бури, но мы можем подготовиться к их наступлению.

Янг добавил, что мы «теперь достаточно изучили Солнце при помощи космического аппарата Solar Dynamics Observatory, который ведет наблюдения 24 часа в день семь дней в неделю, чтобы быть уверенными: солнечной бури, способной уничтожить Землю, просто никогда не случится. Это невозможно физически».

## SDO и будущее

Как говорит Дин Песнелл, космическая обсерватория-спутник SDO исправна, и научные приборы выдерживают тот же самый уровень точности регистрации данных, что и сразу после запуска. Руководитель проекта выразил благодарность всему инженерно-конструкторскому и научному коллективу, который сумел создать такой надежный аппарат, зная, что Solar Dynamics Observatory предстоит долгая вахта в космосе.

– Нам всего лишь нужно удерживать станцию направленной на Солнце, – говорит он. – Но у нас очень много топлива, достаточно, чтобы продолжать работу десятилетиями, если не откажут основные системы космического аппарата. Так что пока мы просто транслируем все новые и новые данные.

Янг соглашается с ним, говоря, что SDO стал критически важным научным инструментом не только для солнечных астрономов, но и для широких слоев научного сообщества, связанного с изучением космического пространства.

– Я думаю, все специалисты уже привыкли к тому, что эти чудесные снимки и детальные данные, касающиеся Солнца, всегда в их распоряжении, – говорит он. – Я разглядываю снимки каждый день и всегда нахожу на них что-нибудь интересное или удивительное. Они не перестают восхищать меня.

## Глава 8

# Действуя на высоте: Mars Reconnaissance Orbiter и камера HiRISE

### Восставший из праха

В течение трех месяцев полеты двух межпланетных станций NASA, посланных на Марс, окончились сенсационными авариями. Станция Mars Climate Orbiter<sup>65</sup> исчезла в тот день, когда она должна была достичь Красной планеты, – 23 сентября 1999 года. Затем, 3 декабря того же года, аппарат Mars Polar Lander<sup>66</sup> разбился при посадке.

Расследование аварии показало, что станция, вероятнее всего, вошла в атмосферу Марса и сгорела там. По какой же причине? Оказалось, в программах на компьютерах, управлявших с Земли ее полетом, имелась путаница единиц метрической и традиционной британской системы мер и весов.

Посадочный же модуль, как впоследствии стало件нятно, разбился из-за случайного сигнала, посланного в адрес компьютерной системы управления полетом. Когда раскрылись посадочные опоры, компьютер «подумал», что аппарат уже совершил посадку, хотя, на самом деле, он еще был на высоте 40 м над поверхностью. Из-за этого тормозные ракетные двигатели отключились слишком рано, и модуль на большой скорости рухнул на планету.

Эти аварии стали поводом для скрупулезных расследований как внутри NASA, так и по отношению к NASA. Доклады, появившиеся в результате, констатировали, что команды, работавшие по этим проектам, были слишком малочисленны, не следовали предусмотренным процедурам обеспечения безопасности и страдали от проблем коммуникации в коллективе. Эти два закончившихся авариями полета научных аппаратов, а также случившаяся ранее, в 1993 году, авария еще одной станции заставили NASA пересмотреть свои планы по исследованию Марса.

---

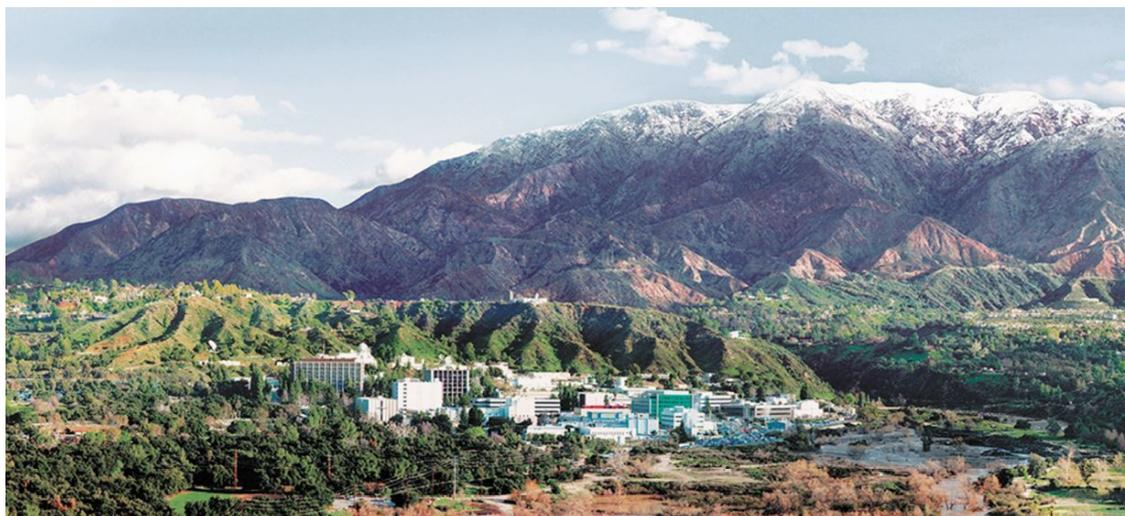
<sup>65</sup> Климатический марсианский спутник». – *Прим. пер.*

<sup>66</sup> Полярный марсианский посадочный модуль». – *Прим. пер.*



*Художественная иллюстрация, изображающая автоматическую межпланетную станцию Mars Reconnaissance Orbiter<sup>67</sup> на орбите планеты Марс. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Произошедшие аварии наложили на рубеже тысячелетий клеймо неудачников на всех, кто тогда работал в NASA и, особенно, в лаборатории реактивного движения, – именно там задумывались эти полеты, и оттуда велось управление ими. Один из начальников лаборатории, Фируз Надери, которому было поручено перерабатывать программу NASA по исследованию Марса в свете того, что случилось, заявил, что если бы существовала такая болезнь, как групповая депрессия, то именно от нее в то время и страдала вся лаборатория реактивного движения.



---

<sup>67</sup> MRO, Разведывательный искусственный спутник Марса. – Прим. пер.

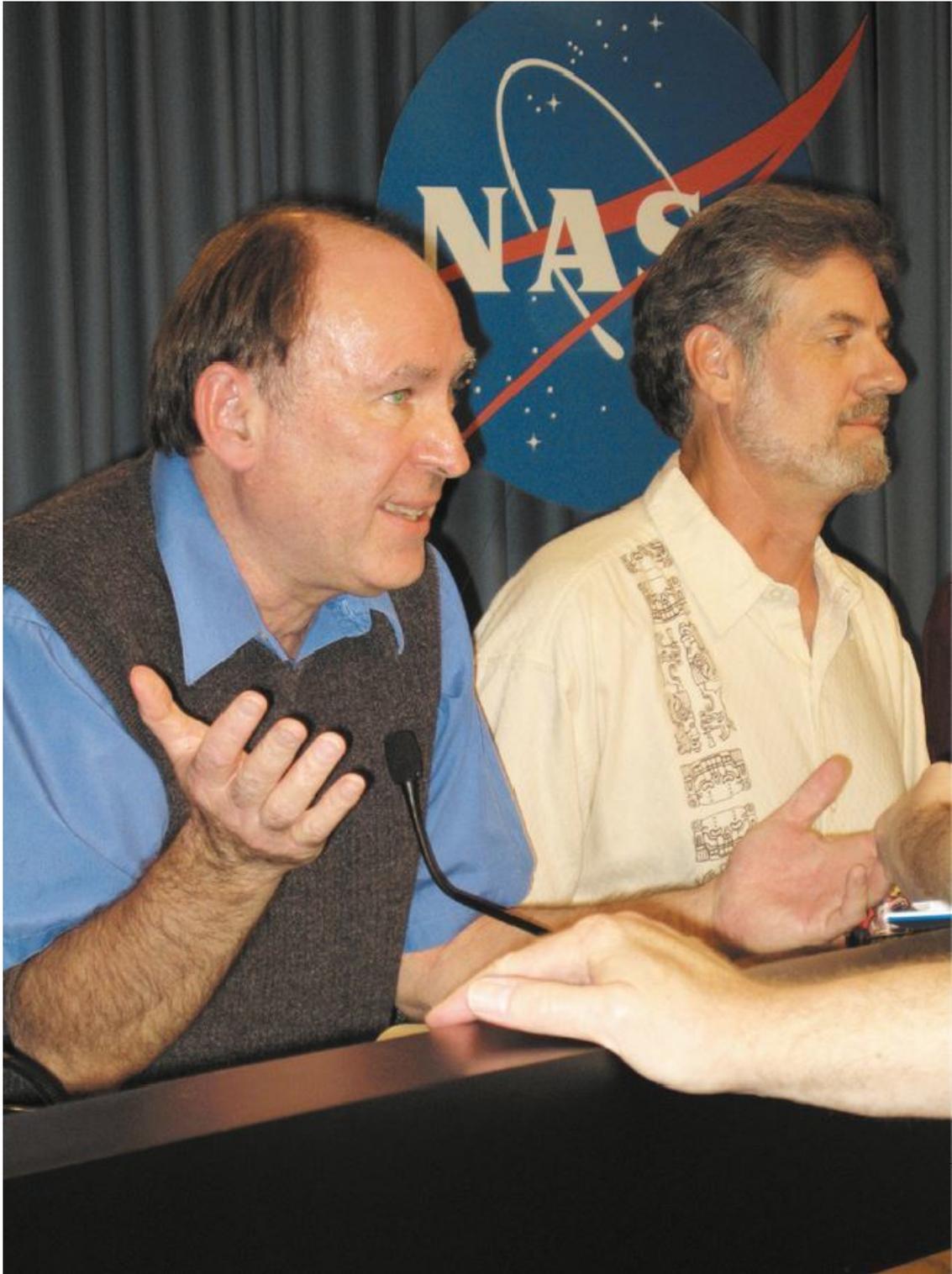
*Подразделение NASA, лаборатория реактивного движения гнездится у подножий холмов, образующих предгорья хребта Сан-Габриэль в городе Пасадена, штат Калифорния, США. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Такова была кульминация и завершение эры «быстрее, лучше, дешевле!» в NASA – по популярной ранее крылатой фразе, брошенной администратором NASA Дэном Голдином, который хотел, чтобы NASA сокращало расходы, в то же время осуществляя разнообразные проекты. Несмотря на то что этот подход помог состояться таким проектам, как New Horizons и «Кеплер» – эти аппараты были построены и запущены, – иной раз сокращение расходов означало халтурную работу.

– Мы знали, что если будем работать как попало, то можем потерять космический аппарат, – говорит Рич Зарек, научный руководитель по обоим неудавшимся проектам. – Но потерять два или три? Это уже никуда не годится.

Аварии заставили провести переоценку ценностей и впредь руководствоваться более разумным и сбалансированным подходом к космическим исследованиям.

– Нам следовало относиться к каждому из своих космических аппаратов как к великой ценности и делать все, чтобы они нормально работали, – говорит Зарек. – Так давайте же всегда стараться так, как только можем, – решили мы. И теперь наградой за нашу напряженную работу служат успехи новых программ и долговечность каждого космического аппарата.



*Рич Зарек (слева) и руководитель программы HiRISE Альфред Мак-Ивен (справа) на пресс-конференции перед запуском станции MRO в Космическом центре имени Кеннеди. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Чтобы возродить пострадавшую программу исследований Марса и поднять моральный дух сотрудников, всего лишь спустя год после аварий на Марсе NASA объявило о новом стратегическом плане исследований этой планеты сериями орбитальных аппаратов, посадочных зондов и планетоходов.

Основой новой программы должен был стать новый, большого размера искусственный спутник Марса, который смог бы выполнить детальную съемку потенциальных мест посадки будущих аппаратов и, в конечном итоге, помочь выбрать место, где на поверхность Марса однажды сделают шаг участники первой пилотируемой экспедиции.

Этот спутник под названием Mars Reconnaissance Orbiter кружит вокруг Красной планеты уже больше десяти лет. MRO являет собой пример долговременных программ, которые стали визитной карточкой исследований Марса в новом тысячелетии, поскольку у NASA теперь внушительный послужной список успешных проектов – в него вошли семь выполнивших свою задачу орбитальных и посадочных аппаратов для разносторонних исследований нашего соседа по Солнечной системе. И новые научные аппараты уже готовятся отправиться в полет.

Зарек теперь работает в качестве руководителя программы исследований Марса в NASA, а также научным руководителем программы MRO.

Совместно с марсоходами Spirit, Opportunity и Curiosity, а также другими искусственными спутниками Марса – созданным NASA Mars Odyssey и Европейским космическим агентством Mars Express, – MRO представляет новое поколение межпланетных станций повышенной надежности, пригодных для долговременной работы. Их продолжительная служба обеспечивает стабильность, которая дает ученым возможность изучать связанные со сменой времен года и долговременные процессы на Красной планете.

– Благодаря длительной работе MRO, роверов на поверхности и других орбитальных спутников мы знаем теперь, что Марс – невероятно сложная и многообразная среда, – говорит Зарек. – Это активный мир, и перемены в нем происходят на наших глазах.

## Соревнование

Соревнование – это важная часть космонавтики. Например, оно идет между различными проектами за финансирование, между научными командами за то, чтобы для установки на космический аппарат выбрали именно их инструмент, и даже по поводу того, где именно должен сесть ровер или посадочный модуль.

Mars Reconnaissance Orbiter родился в пылу соревнования и, так получилось, проиграл. Но лишь на короткое время.

– После того как два проекта окончились провалом, возник вопрос, какими же должны быть следующие шаги, – вспоминает Рич Зарек. – Из всех предложений в финал вышли два варианта: создать марсоход или построить орбитальный аппарат для выбора и разведки будущих мест посадки. Эти две концепции конкурировали друг с другом, и в конце концов было решено строить ровер. Я думаю, что они посчитали – будет здорово прокатиться по Марсу на колесах. Но администратор NASA Дэн Голдин предложил запустить два ровера. Во многом из-за того, что мы только что потеряли два аппарата, и было решено сделать запас, чтобы хотя бы один из двух заработал.

Итогом стал запуск марсианских планетоходов Spirit и Opportunity 10 июня и 7 июля 2003 года. Как говорит Зарек, его коллективу пришлось испытать большое разочарование, когда первыми отправились в полет марсоходы, а орбитальный аппарат остался в подвешенном состоянии, хотя все знали, что он тоже нужен.

– Спутник смог бы отыскать наилучшие места для посадок, имел бы возможность «выследить воду», а вода тогда была основной целью наших поисков, – говорит Зарек, – а также рассмотреть детали в таком крупном масштабе, который играл бы решающую роль как для безопасности работы на поверхности, так и для оценки научной перспективности будущих мест исследований с точки зрения обширных тем: поиска воды, изучения изменений климата, потенциальной пригодности местности для жизни.

Во время строительства MRO и его подготовки к полету коллектив проекта постоянно думал о том, что успех необходим, – так говорит Дэн Джонстон, менеджер проекта Mars Reconnaissance Orbiter. По его словам, во время разработки MRO в NASA произошел переход к новым рабочим процессам, и от идеи делать все быстрее, лучше и дешевле перешли к установлению наиболее полезных методов. Но это не всегда было легко.

– Если сравнить это с процессом вождения машины на дороге, – говорит Джонстон, – возможно, с теми неудачными программами мы «съехали» слишком сильно в одну сторону, и поэтому они окончились авариями. Но нам пришлось отвергнуть консерватизм, чтобы не вылететь на противоположную обочину, а правильно ехать по дороге, держась ее середины. Такой вызов нам был брошен самой обстановкой в то время.

Необходимость работать в условиях таких непростых ограничений требовала подобрать уникальную группу инженеров. Многие из них обладали личностями «альфа-типа» – то есть были наделены энергией и страстью, с которыми они собирались изменить все в NASA. Джонстон вспоминает одну женщину, которая заявила ему, что она в первый раз видит столько доминирующих деятелей, работающих совместно и не пытающихся перегрызть друг другу глотки.

Но, если верить Джонстону, получилась отличная команда для создания межпланетной станции нового поколения. И у каждого ее участника была энергия и тяга к соревнованию.

– Джим Граф был менеджером проекта, и для планирования программы и ее выполнения ему удалось собрать сильную группу участников, каждый из которых отлично работал в команде, – говорит Джонстон. – Мы конкурировали друг с другом и, я думаю, в определенном смысле вели себя агрессивно. Однако под руководством Джима Графа нам удавалось хорошо работать совместно и стремиться к достижению результата.

А еще им было весело вместе.

– Рядом был мексиканский ресторан, где мы собирались после работы и по особым случаям, – говорит он. – Когда проводишь время с кем-то в нерабочей обстановке, это помогает разрушить преграды в общении с коллегами и установить с ними хорошие отношения. Я думаю, это помогло нам прийти к общему успеху.

Однако соревнование, на самом деле, вовсе не прекращалось.

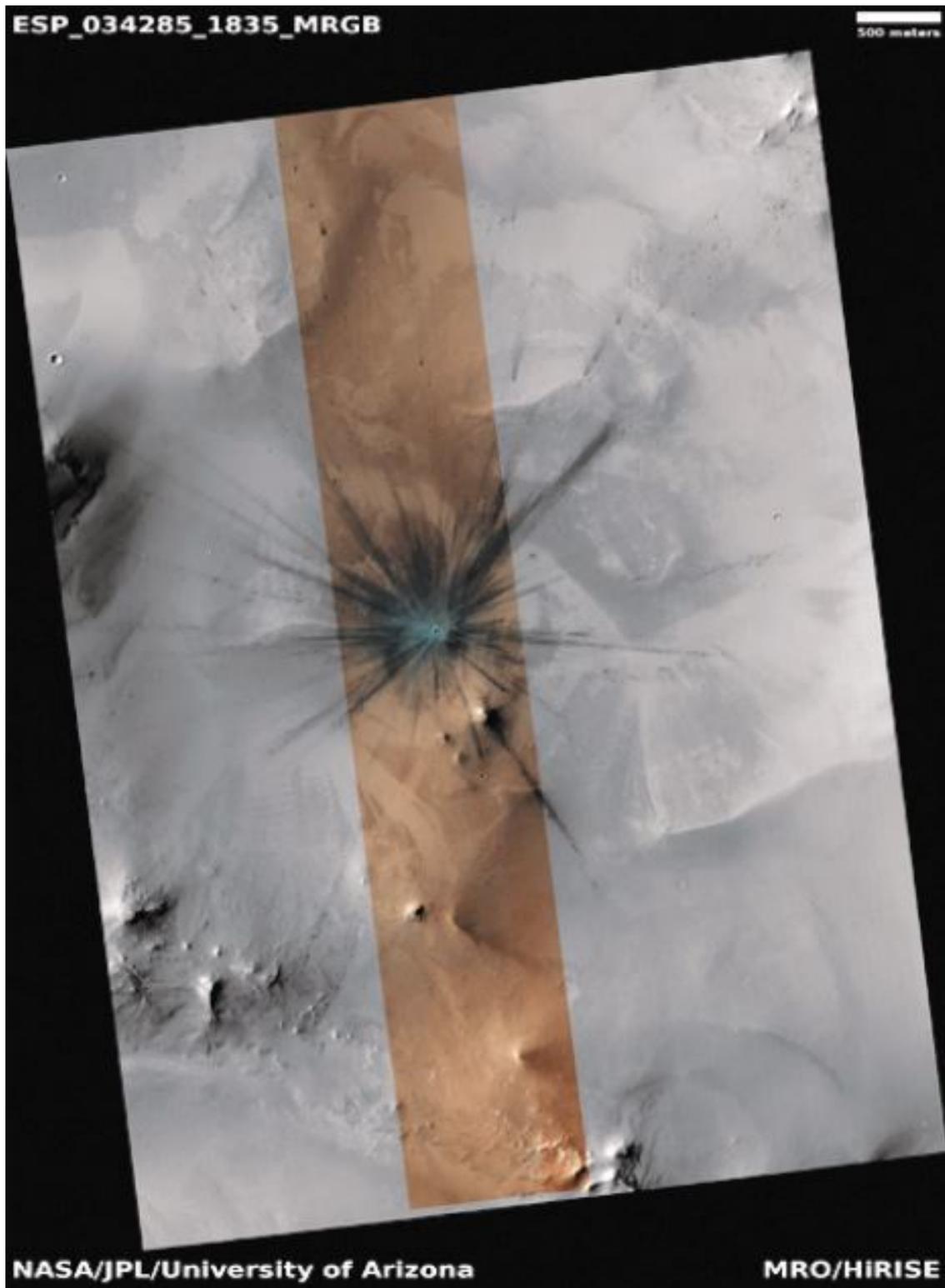
– У нас постоянно шла конкуренция между различными марсианскими проектами, и нам, бывало, говорили, что раз мы не занимаемся посадочным зондом или ровером, то мы заняты ерундой, – улыбается Джонстон. – Команда марсохода Opportunity любит хвалиться, что они проехали марафонскую дистанцию по Марсу, а мы им на это отвечаем, что покрываем такое расстояние за десять секунд.

И при всем должном уважении к другим орбитальным аппаратам, как говорит Джонстон, ни один из них не сравним с MRO: «возможности этой станции действительно впечатляющи».

– Все сотрудники очень талантливые люди, и соревнование – это часть нашей игры, – говорит Зарек, – целью которой является сделать работу хорошо, сделать еще лучше, взяться за решение таких проблем, какие сначала вовсе не понятно, как решать. Отчасти для меня удовольствие от этого проекта кроется в том, что мне удалось поработать со специалистами со всего мира. Все, что бы ни требовалось выяснить, можно узнать у кого-то, кто в этом разбирается лучше всех, привлечь внимание этого специалиста к проблеме и продвинуться в ее решении.

## **Марсианская разведка**

Агентство NASA было намерено получить надежный аппарат «главного калибра», который мог бы выполнять глобальную съемку планеты в высоком разрешении и смог бы выяснить, что творится на Марсе сейчас, заодно собирая свидетельства о том, что происходило на Марсе в его таинственном прошлом. Текла ли по его поверхности вода когда-то давно – или течет и сейчас? Была ли когда-либо на Марсе жизнь? Если да, то что с ней случилось и не могут ли те же самые процессы повториться на Земле?



Выразительный свежий ударный кратер красуется на этом снимке, сделанном 19 ноября 2013 года камерой *High Resolution Imaging Science Experiment* (*HiRISE*, *Научный эксперимент по выполнению съемки в высоком разрешении, аббревиатуру можно по звучанию воспринять как слова «высокий подъем».* – Прим. пер.), установленной на борту созданной *NASA* межпланетной станции *Mars Reconnaissance Orbiter*. Кристин Блок из научной группы *HiRISE* назвала этот кратер «варенкой» с намеком на узоры, получающиеся на «вареных» джинсах. Источник: *NASA* / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона

– С самого начала смысл проекта MRO состоял в том, чтобы послать исследовательскую станцию с очень большими возможностями, чтобы не только принести пользу фундаментальной науке, но и оказать поддержку программе исследования Марса на протяжении длительного времени, – говорит Джонстон.

– Концепция состояла в том, чтобы создать орбитальный аппарат, который мог бы получать снимки того же качества, что и спутники-шпионы, и можно было бы изучать отдельные цели на поверхности с разрешением до одного метра.

Это означает, что предметы такого маленького размера, как один метр в поперечнике, будут легко видны с орбиты. Другой задачей MRO было нести комплект радиоретрансляционной аппаратуры, чтобы с его помощью нынешние и будущие посадочные аппараты и роверы на поверхности Марса могли бы устанавливать связь с Землей.



*Предполагается, что темные вытянутые полосы на склонах марсианских возвышенностей, например, как эти в кратере Хейл, формируются сезонными потоками воды, возникающими на современном Марсе. Эти полосы, которые ученые называют «повторяющимися линиями на склонах», имеют длину примерно с футбольное поле. Фотографии и топографическая информация, на основе которых смонтировано это изображение в искусственных цветах, были получены с использованием инструмента HiRISE. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона*

Научные приборы на борту новой станции позволяли выполнять фотографирование поверхности Марса с исключительно большим увеличением, анализировать ее минеральный состав, искать скрытую под ней воду, измерять, как много пыли и воды взвешено в атмосфере, и отслеживать ежедневные глобальные изменения погоды.

Примерно каждые 26 месяцев Марс и Земля занимают на своих орбитах такое расположение, что появляется возможность полета к Марсу по самой лучшей траектории, обеспечивающей наиболее короткое время путешествия между двумя планетами. Команде создателей MRO было известно, что подходящее для них «окно» запуска наступит летом 2005 года.



*Камера-телескоп для MRO, High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE), является одним из шести научных инструментов, установленных на борту станции NASA. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

12 августа 2005 года ракета-носитель с автоматической межпланетной станцией MRO на борту стартовала на базе ВВС США «Мыс Канаверал», а семь месяцев спустя MRO прибыла к Марсу, и с этого момента началась невероятная летопись приключений автоматического разведчика.

## HiRISE

– У нас очень надежный космический аппарат с замечательными инструментами, – говорит Джонстон.

Context Camera<sup>68</sup> делает снимки под широким углом зрения – с их помощью можно привязать к местности снимки высокого разрешения; Mars Color Imager<sup>69</sup> может получать фотографии погодных явлений, таких как облака и пылевые бури. Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars<sup>70</sup> нужен, чтобы определять минеральный состав поверхности планеты. Mars Climate Sounder<sup>71</sup> занимается измерениями параметров атмосферы Марса, а Shallow Subsurface Radar<sup>72</sup> ищет признаки наличия водного льда под поверхностью.

– Спектрометр, приспособленный для определения залежей различных минералов, великолепен, – говорит Джонстон, – но при всем уважении к наблюдательным программам всех прочих инструментов я считаю, что качественные изображения, которые нам дает HiRISE, радикально иного уровня, чем какие-либо еще данные.

HiRISE, сокращение от High Resolution Imaging Science Experiment<sup>73</sup>, – это самая большая и мощная фотокамера, которую когда-либо посылали в межпланетный полет. Камеры на прежних искусственных спутниках Марса могли находить на поверхности предметы размером примерно со школьный автобус или крупнее, а инструмент HiRISE повышает планку обнаружения до объектов размером с человека.

– При помощи HiRISE мы получаем снимки очень высокого разрешения, которые показывают нам Марс вплоть до масштаба, сопоставимого с ростом человека, разрешение достигает одного метра, – говорит Альфред Мак-Ивен, ведущий научный специалист программы HiRISE. – Нам видны детали, которые по размерам были бы сравнимы с вами, если бы вы оказались там, на поверхности Марса. Глядя на снимки HiRISE, можно себе представлять, будто бы вы сами совершаете поход по Марсу и вас самих регистрирует эта орбитальная камера.

Это позволяет искусственному спутнику Марса находить на поверхности различные объекты, такие как большие камни, которые могут представлять опасность для посадочных аппаратов и планетоходов.

Еще до начала полета MRO Мак-Ивен возлагал большие надежды на свою подопечную камеру.

---

<sup>68</sup> CTX, «Контекстная камера». – Прим. пер.

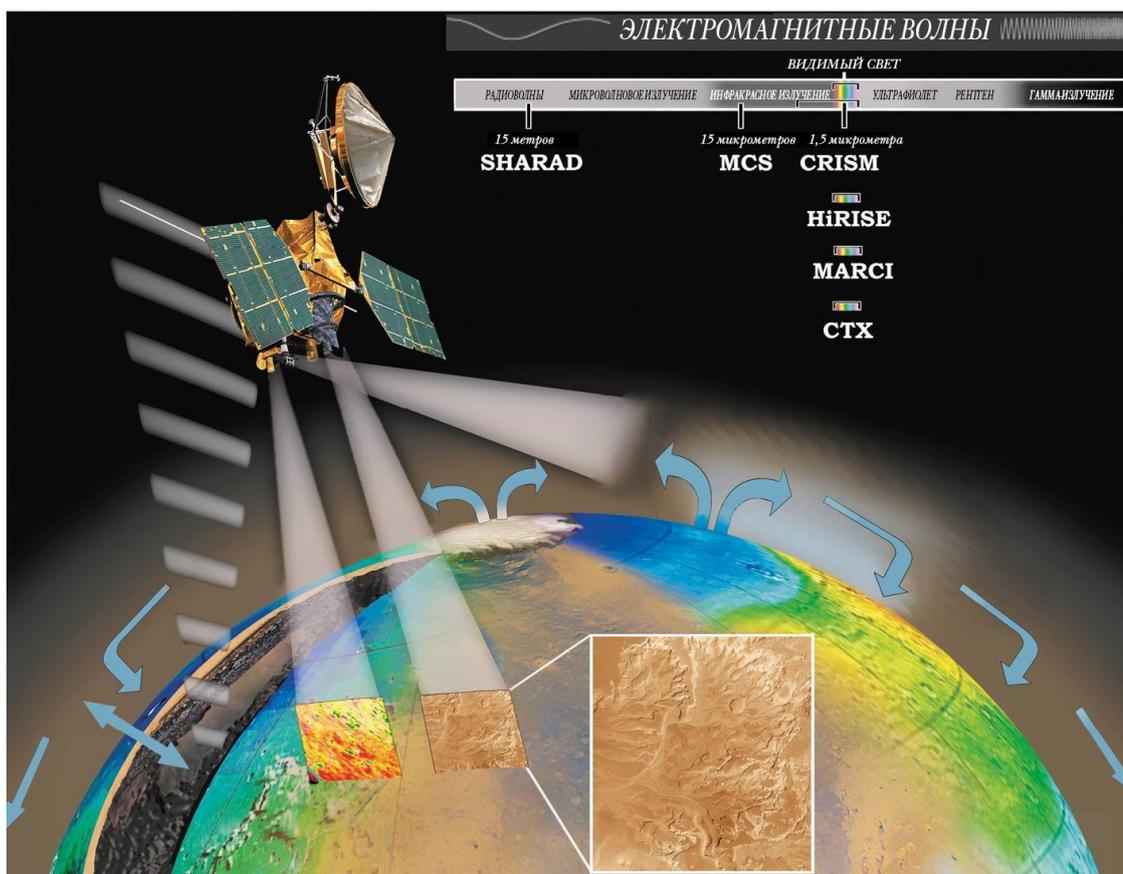
<sup>69</sup> MARCI, «Цветной построитель изображений Марса». – Прим. пер.

<sup>70</sup> CRISM, «Компактный разведывательный картирующий спектрометр Марса». – Прим. пер.

<sup>71</sup> Марианский климатический локаатор. – Прим. пер.

<sup>72</sup> SHARAD, «Подповерхностный радар для малых глубин». – Прим. пер.

<sup>73</sup> Научный эксперимент по выполнению съемки в высоком разрешении». – Прим. пер.



*Эта схема посвящена тематике поиска воды в рамках проекта NASA Mars Reconnaissance Orbiter. Научные инструменты спутника отслеживают ныне действующий на Марсе круговорот воды в атмосфере и связанные с ним процессы отложения и сублимации водного льда на поверхности планеты, а радарные измерения помогают отыскать залежи льда под ней. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

– Возможность делать снимки в очень высоком разрешении рассматривалась как необходимая для проведения успешной разведки, – говорит он, – и, хотя от нас не требовали создания цветных или стерео (трехмерных) изображений, мы решили добавить эти функции нашему аппарату, поскольку я хотел, чтобы ученые могли напрямую их использовать. И теперь цветные и стереоснимки считаются совершенно необходимыми для составления характеристик районов будущих посадок.

По мнению Джонстона, HiRISE позволяет MRO служить своеобразным мощным «микроскопом» для Марса – с большими возможностями, чем кто-либо мог раньше мечтать.

– Даже орбитальные аппараты следующего поколения должны будут постараться, чтобы превзойти возможности этой межпланетной станции, особенно в детальной разведке и съемке мест посадки, – говорит он.

Инструмент HiRISE выполняет то, что называется **получением характеристик районов посадки**, для того чтобы помогать планировать будущие полеты на Марс. Это относится к проектам не только NASA, но и других космических агентств.

– HiRISE способна составить описание района, последовательно делая повторную съемку планируемой точки посадки на различных орбитальных витках, – объясняет Джонстон, – и ученые определяют, являются ли те или иные места пригодными для посадки, оценивая крутизну склонов, наличие валунов или других источников опасностей. План каждого будущего полета проходит этап подготовки, когда команда проекта из любой страны может прислать нам

заявку на оценку нужного района, и мы стараемся включить эти районы в список целей для изучения. Это прекрасный пример международного сотрудничества в изучении космоса.

Инструмент HiRISE является эквивалентом 51-сантиметрового телескопа с ультрасовременными цифровыми детекторами изображения. Космический аппарат обращается вокруг Марса по орбите высотой всего лишь 300 км, и он уже сделал сотни тысяч снимков поверхности Красной планеты крупного масштаба, не только содержащих важную для науки информацию, но и неправдоподобно прекрасных.

– Поверхность Марса покрыта светлой пылью, – говорит Рич Зарек, – и поэтому выглядит примерно одинаково в различных местах. Это как земные пустыни: на первый взгляд, каждый уголок похож на любой другой. Но когда ваши глаза привыкают к этому виду, то вы начинаете замечать больше, гораздо больше.



*Станция MRO сфотографировала эти замысловатые, сложенные из осадочных пород горы на дне ударного кратера, находящегося севернее кратера Эберсвальде. Миллиарды лет тому назад в этом кратере могло быть озеро, и эта область рассматривалась как одна из возможных точек посадки для марсохода Mars Science Laboratory. Такие места, как кратер Эберсвальде, в которых горные отложения осадочного характера могли образоваться на дне водоемов со стоячей водой, идеальны для поиска доказательств существования в прошлом живых микроорганизмов. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона*

По словам Зарека, постепенно его сотрудники научились различать изменения, происходящие в местах, сфотографированных несколько раз подряд, – обращать внимание на появление новых кратеров или передвижение дюн. Но, кроме того, специальная обработка снимков HiRISE позволяет «растягивать» цвета – делать голубоватый оттенок ярко-синим, слегка розовые места – очень красными; и тогда легче замечать слабо выраженные детали и важные особенности.

С помощью HiRISE удалось сделать необычные и уникальные снимки. Лишь через семь месяцев после прибытия MRO к Марсу камера HiRISE с высоты орбиты сфотографировала кратер под названием Виктория.



*Кратер Виктория на равнине Меридиана. Если приглядеться, то на этом снимке на краю кратера в положении на восемь часов можно рассмотреть крошечный ровер Opportunity. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона / Корнелльский университет / Университет штата Огайо*

На его краю в этот момент находился марсоход Opportunity. На снимке можно разглядеть не только ровер, но и следы колес, показывающие, где он прошел. С той поры камера HiRISE делала фотоснимки роверов Spirit, Curiosity, посадочного аппарата Phoenix<sup>74</sup> и даже обнаружила следы разбившихся посадочных аппаратов от более ранних, окончившихся неудачами программ<sup>75</sup>.

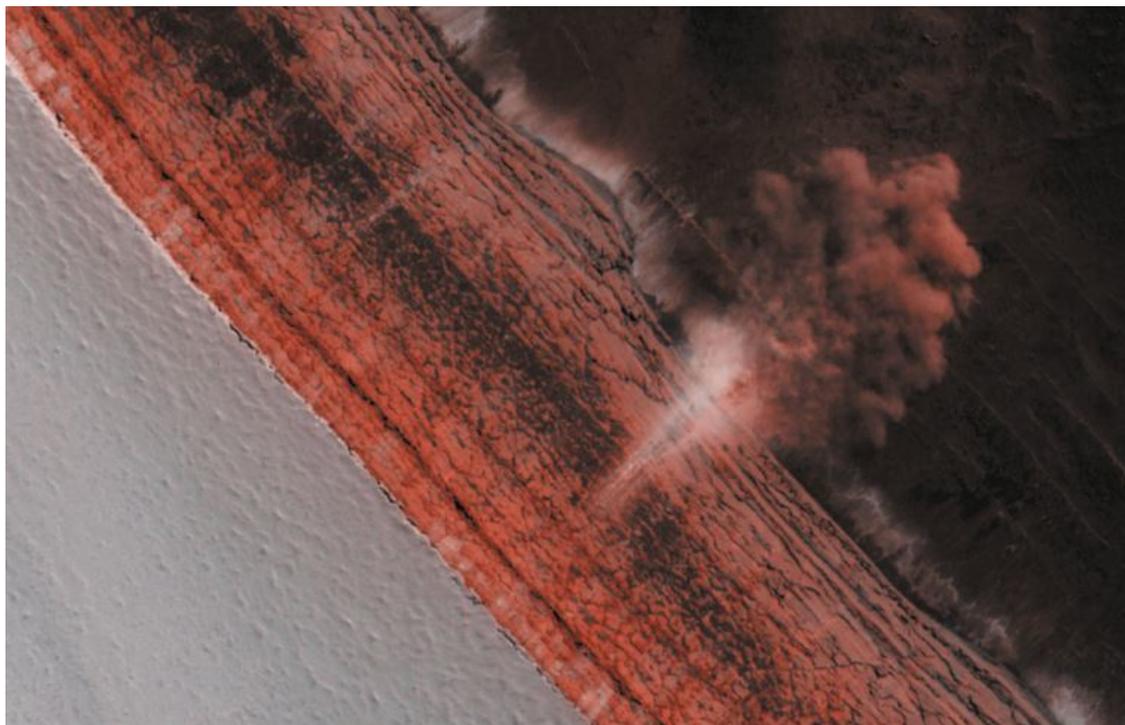
Это невероятно, но аппаратуре HiRISE удалось сфотографировать лавины и пылевые бури на Марсе! Лавины возникают из-за того, что углекислый газ замерзает на крутых склонах

---

<sup>74</sup> «Феникс» – созданный NASA посадочный модуль, который в 2008 году произвел посадку и выполнил исследования в северной полярной области Марса, где обнаружил вечную мерзлоту под поверхностью планеты. – *Прим. пер.*

<sup>75</sup> В том числе посадочный аппарат советской АМС «Марс-3», совершившей удачную посадку на Марс в 1972 году, но из-за отказа оборудования переставший работать через короткое время после посадки. Заслуга в обнаружении станции на снимках MRO принадлежит российскому энтузиасту и популяризатору космонавтики Виталию Егорову. – *Прим. пер.*

в холодное и темное время зимы, а когда солнечные лучи вновь освещают эти места весной, глыбы замерзшего газа перестают держаться на месте и катятся вниз.



*Поймана с полчиным станцией Mars Reconnaissance Orbiter: лавина сходит с крутого льдистого уступа вблизи северного полюса Марса, вздымая тучу пыли шириной примерно 200 м. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Университет штата Аризона*

Мак-Ивен говорит, что такие явления в основном происходят в середине марсианской весны, в пору, примерно соответствующую апрелю или началу мая на Земле<sup>76</sup>, и, поскольку с помощью HiRISE получилось зарегистрировать такие события несколько раз, становится ясно, что это естественный природный процесс для северного полярного региона Марса, повторяющийся каждый год весной.

Эта же фотокамера сумела заснять большой **пылевой смерч** – змеевидный, похожий на торнадо пыльный вихрь, скользящий по поверхности Марса. Такие пылевые «фонтаны» могут достигать более чем 800 м в высоту и около 30 м в толщину.

---

<sup>76</sup> В умеренных зонах северного полушария. – Прим. пер.



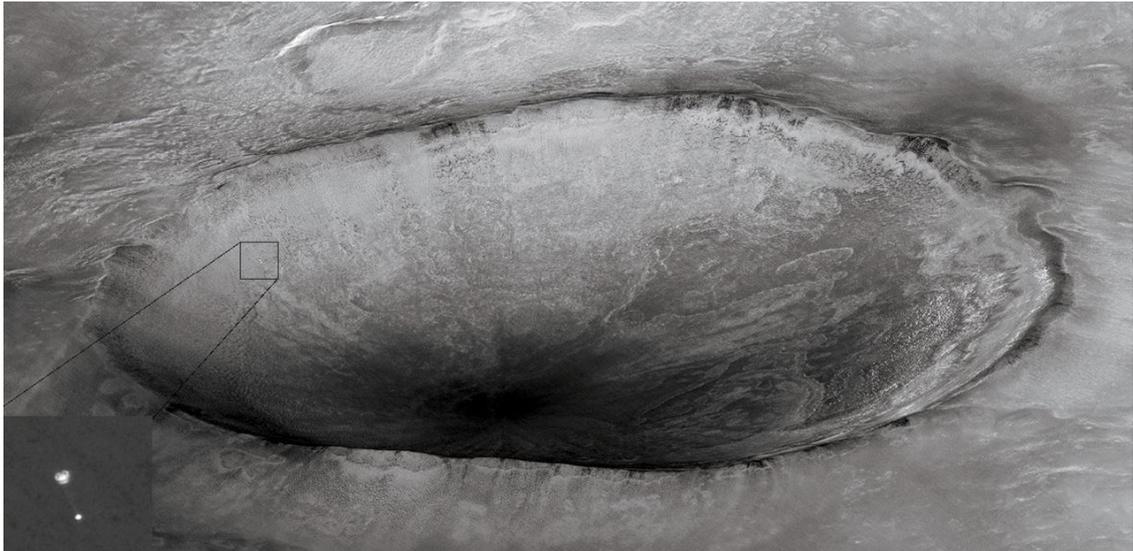
*Пылевой смерч, подобно башне, возвышается над поверхностью Марса, отбрасывая на нее тень. Снимок сделан при помощи фотоаппаратуры HiRISE. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона*

Наверное, самые фантастические фотографии, сделанные при помощи HiRISE, – это те, на которых изображены два других космических аппарата землян. Уникальность их в том, что HiRISE поймала их в тот момент, когда они опускались на Марс на парашютах!

Первым был Phoenix, который выполнил посадку на Марс в мае 2008 года, и это первый случай, когда была получена фотография космического аппарата во время спуска на другую планету. Камера HiRISE была направлена в подходящую сторону, и с удаления в 760 км ей удалось получить изображение посадочного модуля Phoenix, который под парашютом опускался сквозь атмосферу Марса. На снимке хорошо видно наполненный парашют десятиметрового диаметра.

– С Phoenix нам во многом повезло: удачное геометрическое расположение двух аппаратов обеспечило высокую вероятность успеха.

Во время посадки марсохода Curiosity в августе 2012 года научно-техническая группа инструмента HiRISE решила повторить удачный опыт. Насколько трудно было это сделать?



*Камера HiRISE межпланетной станции MRO сделала этот захватывающий снимок под пологим углом к горизонту во время спуска посадочного модуля станции Phoenix на парашюте. На полном снимке виден десятикилометровый кратер под неофициальным названием Хеймдалль (имя бога из скандинавской мифологии. – Прим. пер.), а на врезке – улучшенное изображение высокого разрешения, на котором можно рассмотреть посадочный аппарат и его парашют. Хотя по этому виду кажется, что Phoenix опускается прямо в кратер, на самом деле точка его посадки находится на расстоянии 20 км перед кратером. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона*

– Если вы когда-нибудь пытались фотографировать из окна машины на полном ходу, вы знаете, что какие-то части такого снимка получаются четкими и сфокусированными, а другие за счет движения автомобиля смазываются, – говорит Сара Милкович, исследовательница, которая работала в группе инструмента HiRISE в то время, когда происходила посадка ровера Curiosity. – Имелся всего один-единственный шанс сделать этот снимок, и наша группа должна была гарантировать, что опускающийся на парашюте ровер получится на нем четким, даже если подстилающая поверхность будет размыта. Кроме того, нужно было выставить экспозицию так, чтобы не «пересветить» яркий парашют (при слишком длинной экспозиции) и чтобы фото не оказалось чересчур темным и зашумленным, без возможности увидеть на нем детали (при слишком короткой).



*6 августа 2012 года американский марсоход Curiosity и его парашют были сфотографированы камерой HiRISE в момент спуска к поверхности Марса, в то время как станция MRO вела ретрансляцию радиопередач ровера. Curiosity и парашют можно рассмотреть в центре белой рамки; новый аппарат NASA готовится совершить посадку на изъеденных эрозией равнинах с северной стороны песчаных дюн, окаймляющих гору Шарпа. В момент фотографирования MRO находился на расстоянии 340 км от Curiosity. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона*

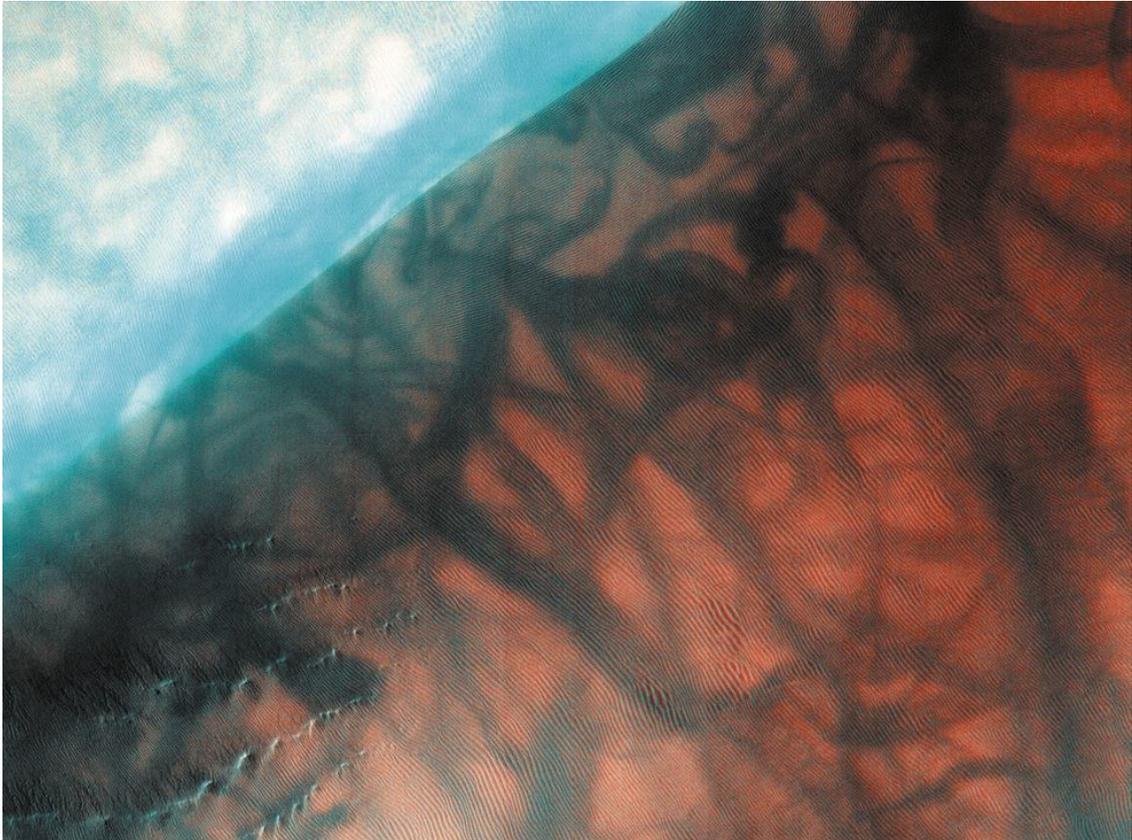
Надо было все точно вычислить заранее, потому что имелась всего одна возможность сделать все правильно, и времени хватало лишь на одно-единственное фотографирование. Для этого потребовалась координация между навигационной группой проекта MSL, навигационной группой проекта MRO и полетными инженерами MRO. Окончательно выверенный набор команд для сеанса наблюдений был послан на борт MRO за трое суток до посадки ровера, и группы, нервничая, ждали, все ли их вычисления и предсказания окажутся безошибочными.

Они попали в точку.

– HiRISE больше 120 раз сфотографировала кратер Гейл во время подготовки к полету Curiosity, но этот снимок, я считаю, превосходит всё, – заявила Милкович.

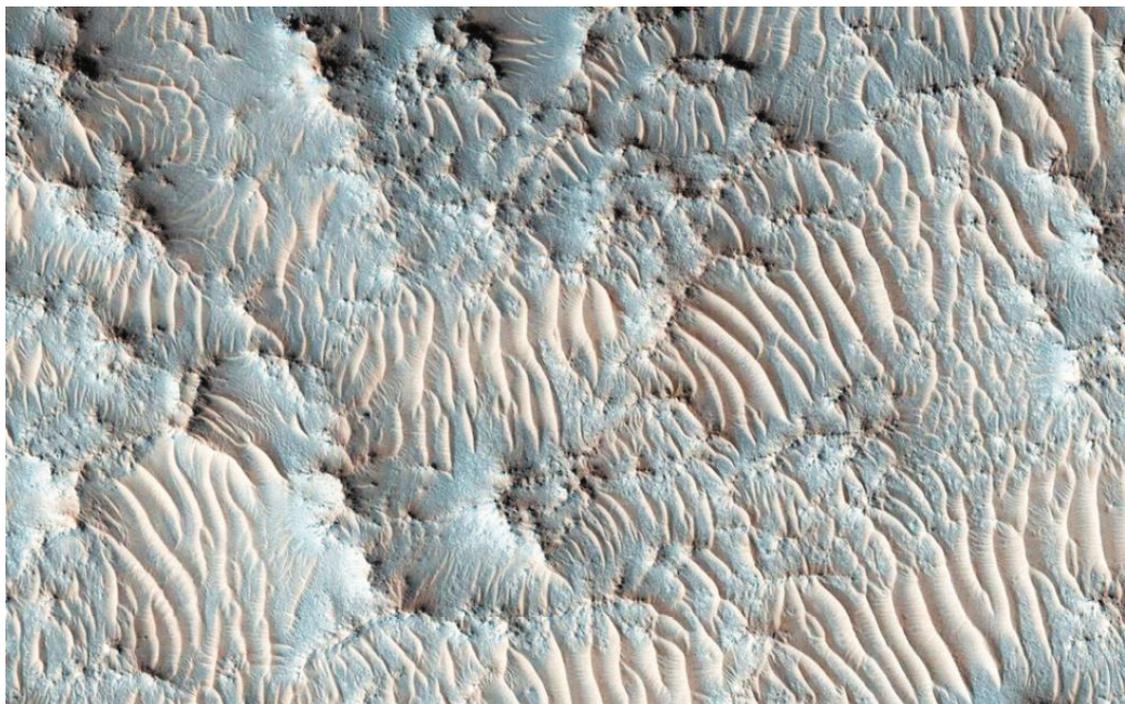
## Как фотографировать с быстроходной космической станции

Я спросила у Мак-Ивена, не удивляет ли его качество снимков камеры HiRISE.



*Дюнное поле в кратере Рассел в холодное время года покрывается углекислотным инеем, и на этом фото видно, как оно выглядит после того, как иней сублимируется (испаряется, переходя из твердого состояния сразу в газообразное). От зимнего морозного покрова осталось лишь несколько светлых пятен. Темные полосы, извивающиеся между дюнами, – следы пылевых вихрей. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона*

– Все нет, – ответил он. – До начала нашей программы многие планетологи высказывали большие сомнения по поводу нее, и чаще всего говорили не о том, что камера HiRISE будет плохо снимать, а что сам аппарат окажется недостаточно стабильным, чтобы обеспечить четкие снимки с таким увеличением. Поэтому следует благодарить инженеров за то, что они так замечательно спроектировали эту межпланетную станцию.



*Вероятное место посадки будущего ровера «Марс-2020» – кратер Джезеро. Фотографии, получаемые при помощи камеры HiRISE, нужны не только чтобы находить интересные с научной точки зрения места для посадки новых исследовательских аппаратов, но и чтобы оценить наличие возможных опасностей в посадочном эллипсе. Это один из сложных вопросов, которые приходится решать при планировании полетов на Марс: найти такое место, где можно провести интересные исследования, но при этом и сесть без особого риска. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона*

Как и в каждом космическом проекте, конструкторы, инженеры и баллистики-навигаторы, работающие вне общественного поля зрения, – невоспетые герои, хотя без них успех невозможен.

– Нам требуется давать точный прогноз положения космического аппарата, – рассказывает заслуженный космический «штурман» лаборатории реактивного движения Нил Моттингер, который работал с навигационной группой проекта Mars Reconnaissance Orbiter для обеспечения запуска и полета аппарата на раннем этапе программы. – Тогда инженеры будут знать, как им сориентировать станцию, чтобы ученые могли провести нужные им наблюдения. Если наши предсказания окажутся неправильными, камеры будут повернуты не в ту сторону. Навигация – это неотъемлемая часть всех процессов, без которых успешное выполнение программы невозможно.

MRO мчится вокруг Марса со скоростью около 3 км/с. Если вспомнить приведенную Милкович аналогию с фотографированием из автомобиля на ходу, можно задуматься о том, трудно ли делать снимки с космического аппарата, движущегося так быстро?

– О, да это легко, – говорит Кристиан Шаллер, улыбаясь.

Шаллер – разработчик программного обеспечения, который отвечает за компьютерные инструменты планирования, предназначенные для специалистов наведения на цель из группы инструмента HiRISE и ученых, чтобы они могли задавать требуемый ракурс нужных им снимков.

– Это действительно просто, потому что большая команда одаренных конструкторов и ученых создала замечательный аппарат и фантастический инструмент, и NASA лучше всех

разбирается в космической навигации. Так что на практике выглядит так, будто мы получаем эти фотоснимки без особых усилий, потому что неслыханно талантливые люди потрудились, чтобы скрыть от нас все, что могло бы показаться сложным.

Поскольку между командами навигации и формирования изображений налажена постоянная тесная координация, все их участники точно знают, где будет станция MRO в тот или иной момент времени и с какой точно скоростью она будет двигаться.

Координация осуществляется благодаря так называемым **эфемеридам** (результатам вычислений положения планет, небесных тел и космических аппаратов на заданные моменты времени), которые распространяются при помощи механизма, разработанного отделом навигационной и вспомогательной информации лаборатории реактивного движения. И, чтобы его обозначить, пришлось изобрести крайне сложные аббревиатуры.

– Этот механизм назвали SPICE<sup>77</sup>, и это объединяющая аббревиатура для таких наборов данных, как SPK, PCK, IK, СК и ЕК (что означает соответственно «эфемериды искусственных и естественных тел», «планетарные константы», «описания инструментов», «информация ориентации и наведения», «информация о событиях»), – объясняет Шаллер. – Навигационная команда MRO дает нам сведения об орбите, переводит их в файлы эфемерид системы SPICE и предоставляет доступ к этим файлам всем участникам проекта. Наши инструменты планирования могут загружать файлы системы SPICE и показывать нам, где мы будем (прогнозируемые орбиты) и где мы были раньше (реконструированные пройденные орбиты).



*Первый фотоснимок, сделанный камерой HiRISE на орбите Марса, на снимке виден район равнины Боспор. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / университет штата Аризона.*

Шаллер объясняет, что для команды HiRISE самая большая проблема – это согласование частоты сканирования камеры с предсказанной скоростью аппарата по отношению к поверхности Марса.

– Если мы выберем неверную частоту сканирования, у нас получатся смазанные или деформированные снимки, – говорит он.

Как раз для этого и необходимы те программы, которые написал Шаллер, – чтобы рассчитывать частоту сканирования на основе прогнозируемой скорости станции.

<sup>77</sup> Звучит как «специя, приправа». – Прим. пер.



*Первый снимок камеры HiRISE, который был сделан после формирования главной наблюдательной орбиты станции (любимый снимок Альфреда Мак-Ивена), демонстрирует заснеженное дно каньона Иус. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Университет штата Аризона*

Шаллер вспоминает, как его программе в первый раз пришлось выдержать испытание практикой: момент, когда был сделан первый орбитальный снимок при помощи камеры HiRISE. Это произошло во время маневра аэроторможения, когда станция использовала атмосферу Марса для того, чтобы постепенно сбросить скорость для выхода на орбиту наблюдения – этот процесс занял пару месяцев.

– Мы все очень нервничали и переживали за успех этого сеанса съемки, – говорит Шаллер, – и я испытывал немалую тревогу. Если бы я напортачил с расчетом частоты сканирования, тогда мне предстояло бы проделать гораздо больше работы, потому что космический аппарат уже выходил на свою рабочую орбиту.

По случаю такого события вся команда собралась в центре планирования, чтобы быть вместе, когда данные первого снимка начнут приниматься на Земле.

– Мы как в дурмане ждали появления первого снимка, – говорит Шаллер.

По большей части, как рассказывает Шаллер, группа получения изображений не фотографирует что попало. Ее сотрудники всегда начинают с конкретной задачи определенного рода: какого-либо пункта на Марсе, насчет которого есть запрос – либо от участника научной команды, либо по линии изучения возможного района посадки какого-то будущего аппарата, или, возможно, предложение провести съемку какого-то района, высказанное со стороны энтузиастов (об этом расскажем позже).

– Мы начинаем с задания определенной цели, – объясняет Шаллер, – потом мы проверяем, можем ли мы наблюдать ее вообще и если да, то когда именно. Мы организуем координацию с другими командами. Как только мы решим эти вопросы, мы задаем требуемые параметры фотоснимка, генерируем набор команд для наблюдений и отправляем их в лабораторию реактивного движения, где полетная команда инженеров пересылает их на борт станции.

Если требуется сделать особенную фотографию, наподобие снимков посадки Phoenix или Curiosity, координация гораздо сложнее. Как только снимки поступают в обработку, начинается тяжелый труд по поиску конкретной цели съемки на огромных «сырых» снимках большого разрешения, присланных станцией.

– Поскольку HiRISE – это на самом деле четырнадцать отдельных камер, совмещенных в один ряд, выше и ниже которого располагаются по две матрицы, нам приходится просматривать четырнадцать отдельных изображений, – говорит Шаллер. – Поэтому мы прочесываем двадцать восемь отдельных файлов, и каждый из них 1024 пикселя шириной и несколько десят-

ков тысяч пикселей высотой, а цель – скажем, Curiosity или Phoenix, – может быть размером всего в несколько пикселей.

Такая «охота» отнимает определенное время, и никогда нет стопроцентной уверенности, что на каком-либо из снимков удалось-таки зафиксировать крошечный искусственный аппарат.

– Но когда кто-то его находит, очень трудно ошибиться, потому что ни с чем нельзя перепутать радостные вопли, доносящиеся из рабочего кабинета этого человека! – смеется Шаллер.

– В месяцы перед посадкой Curiosity мы до посинения фотографировали кратер Гейл, – говорит Кристин Блок, которая занимает должность инженера по планированию научной программы аппаратуры HiRISE. – Кажется, мы эту местность знали лучше, чем какую-либо еще на Марсе. И вот мы стали прочесывать фотоснимки, стремясь найти на знакомом ландшафте что-либо новое. Мы шурились, клонили головы набок и то и дело устраивали ложные тревоги, пока наконец не добрались до фотографии парашюта и теплозащитного экрана. Большая часть Марса – пыльный ландшафт, в некоторых местах одноцветный, но этот парашют был такой яркий, что на снимке казалось, что он светится.



*Камера HiRISE сфотографировала парашют и теплозащитный экран Curiosity, лежащие на поверхности Марса недалеко от точки посадки Mars Science Laboratory. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Университет штата Аризона*

Блок вспоминает, с каким ликованием она и коллеги встретили свой успех и поспешили разделить его с коллегами из проекта MSL.

– Но больше всего в тот момент у меня кружилась голова от самого факта, что я увидела человеческое творение, спускающееся на поверхность иной планеты, и мне хотелось прикоснуться к нему на экране.

Удача со съемками спускаемых аппаратов Phoenix и Curiosity во время их полета сквозь атмосферу Марса придала группе инструмента HiRISE уверенность в том, что они могут сделать практически все что угодно.

– Я думаю, главный для нас урок, вынесенный из истории с Phoenix и Curiosity, в том, что мы смогли выполнить задуманное и что, знаете ли, мы, земляне, – молодцы, – говорит Шаллер. – Одно дело – восхищаться человечеством, глядя на обыкновенный снимок Марса с его орбиты. И совсем другое – видеть кадр, на котором один межпланетный аппарат зафиксировал другой во время его хаотичного полета сквозь атмосферу длительностью в семь минут, тогда как поле зрения HiRISE перекрывалось с траекторией движения посадочного модуля всего лишь в течение 40 секунд. Это умопомрачительно совсем по-новому.

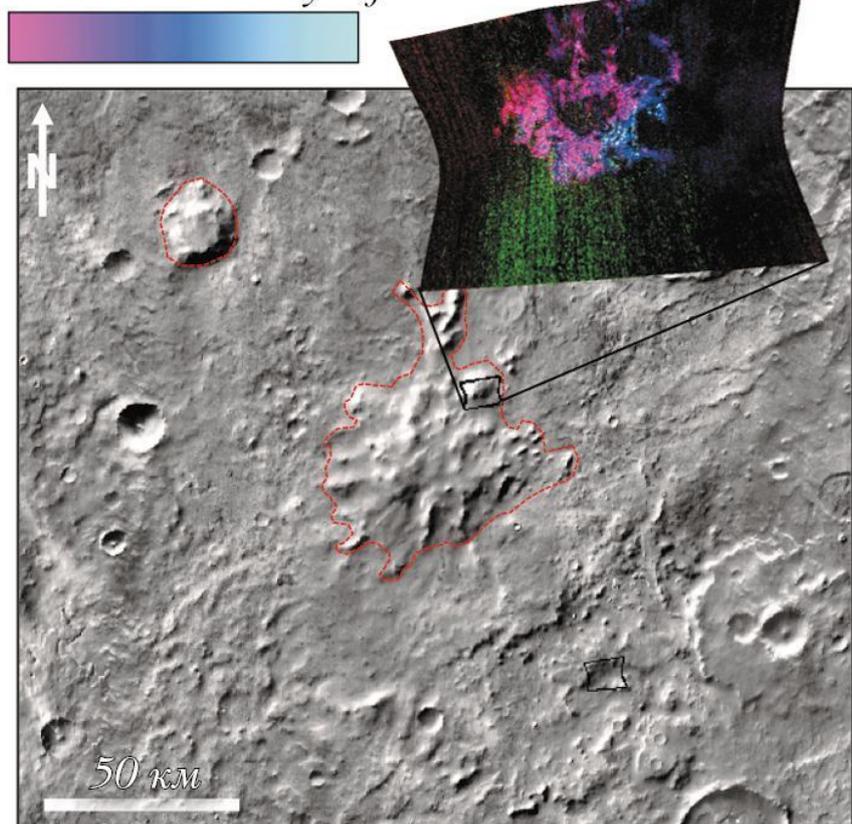
## Открытия MRO

Некоторые из сделанных при помощи MRO открытий демонстрируют, насколько различную информацию могут получать установленные на нем инструменты. В списке: отождествление подповерхностных геологических структур, измерение параметров атмосферных слоев и ежедневный обзор погоды на всей планете. Кроме того, MRO удалось установить, что в южной полярной шапке содержится количество углекислотного льда, достаточное для того, чтобы удвоить нынешнюю марсианскую атмосферу, если обратить его весь в газообразную форму.

Данные межпланетной станции MRO также позволили получить новые знания о прошлом Марса и выделить три различных исторических периода этой планеты. Наблюдения самых старых участков поверхности показали, что существовали очень отличающиеся типы богатых водой сред и некоторые из них были более благоприятными для жизни, чем другие. В более близкие исторические периоды вода циркулировала в виде газа между отложениями полярных шапок и снежно-ледяным покровом в более низких широтах. Благодаря этому сформировались слоистые структуры, связанные с циклическими изменениями климата, аналогичными ледниковым периодам на Земле.

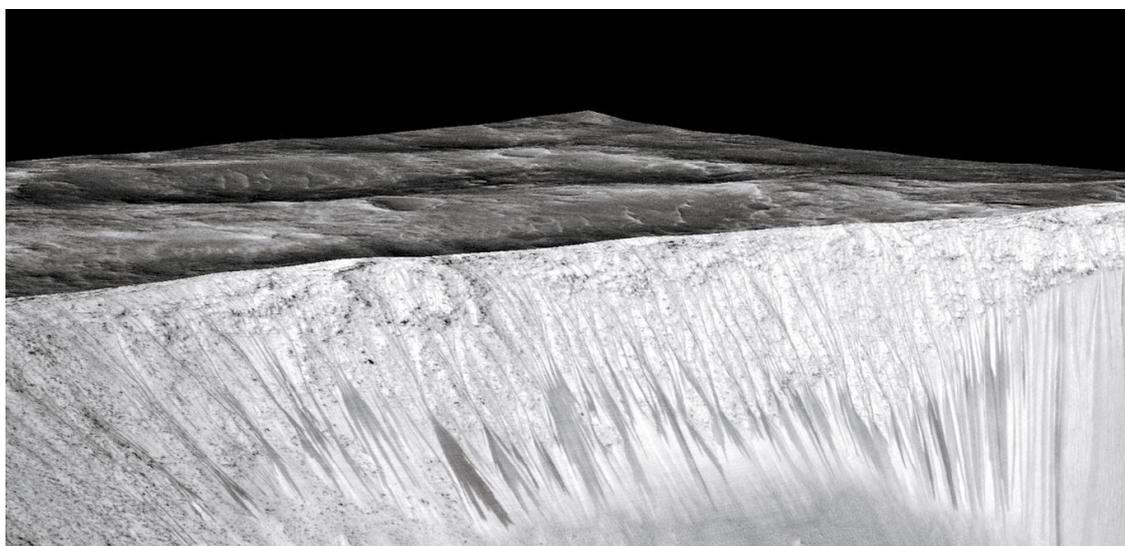
С использованием картирующего минерального спектрометра CRISM ученые выяснили, что в южном полушарии Марса миллиарды лет назад под покровом ледника извергались вулканы и происходило это далеко от современных мест оледенения на Красной планете. Исследования показали, что на древнем Марсе было очень много льда, и это еще одно подтверждение гипотезы о существовании в прошлом теплой и влажной среды, которая могла быть благоприятной для жизнедеятельности микроорганизмов.

*сульфаты и оксиды железа сульфаты*



*Данная схема показывает участок, где в результате картирования минерального состава поверхности обнаружился вулкан, извергавшийся под ледяным покровом. Это место находится далеко от любой зоны оледенения современного Марса, но найденные здесь необычные формы рельефа были отождествлены с возможным результатом подледного вулканизма. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / лаборатория прикладной физики Университета имени Джона Хопкинса (JHUAPL) / Университет штата Аризона*

Самое интересное из открытий MRO показывает возможность наличия жидкой воды на Марсе в наши дни. Используя картирующий спектрометр и камеру HiRISE, исследователи наблюдали таинственные темные полосы на различных склонах, которые появляются и исчезают со временем. Они делаются темнее и, вероятно, вытягиваются дальше вниз по склонам во время теплого сезона и бледнеют в более холодные времена года.



*Группа HiRISE занималась мониторингом повторяющихся линий на марсианских склонах в средних и экваториальных широтах планеты. Одним из таких мест является кратер на дне каньона Мелас. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Университет штата Аризона*

Эти спускающиеся по склонам каналы, названные **повторяющимися линиями на склонах** служат свидетельством того, что жидкий, но густой соляной раствор стекает с возвышенностей. Ученые утверждают, что наличие соли понижает температуру таяния раствора точно так же, как соляной реагент заставляет лед и снег на земных мостовых таять быстрее. Источником соленой воды, вероятно, является залегающий на небольшой глубине водоносный слой, причем достаточное для объяснения потемнения полос количество воды поднимается из него на поверхность за счет действия капиллярных сил.

– С научной точки зрения, находка повторяющихся полос – самый удивительный результат нашего проекта, – говорит Зарек, – и это помогает нам лучше понять то, что Марс, планета, которая сильно изменилась за свою историю, продолжает изменяться и сейчас.

## О двух головах

Буквально каждый космический аппарат оснащается дублирующими системами, то есть несет на борту по два одинаковых комплекта оборудования, один основной, а второй – запасной. Когда аппарат оказывается в космосе, то (за исключением случая с космическим телескопом «Хаббл») уже нет никакой возможности добраться до него и починить те детали на борту, которые вышли из строя, поэтому наличие запасного оборудования – своего рода страховой полис на случай неприятностей.



*Инженеры в Центре управления полетом автоматической межпланетной станции Mars Reconnaissance Orbiter. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Дублироваться могут компьютеры, электроника и другие ключевые компоненты аппарата. Компьютер станции MRO, подсистема обработки команд и данных, по сути, является «мозгом» орбитального аппарата и контролирует все его функции. Главный компьютер называется компьютером «комплекта А», а тот, который его дублирует, – компьютер «комплекта В».

– Есть нечто вроде неписаного правила, которое гласит, что нельзя менять ролями комплекты, если в этом нет жесткой необходимости, – говорит Зарек, – потому что могут пройти годы с тех пор, как вы использовали компьютер комплекта В, и вы даже не знаете, работает ли он до сих пор на самом деле.

Но MRO своеобразно решает эту проблему. Он легко переключается туда и обратно между комплектами А и В без команд со стороны. Сам. Без предупреждения. Часто.

– Мы любим говорить, что у станции MRO есть свое собственное сознание, да еще страдающее раздвоением личности, – рассказывает Джонстон, – и мы не очень хорошо понимаем почему. Мы пытались исследовать проблему и так и не разобрались, почему он то и дело пере-

дает управление от главного компьютера к дублирующему и обратно, и, честно говоря, мы не управляем этим процессом.

Но, несмотря на раздвоение личности, Mars Reconnaissance Orbiter продолжает функционировать хорошо, говорит Джонстон.

– На наше счастье, обе «личности» в основном «здоровые».

Тем не менее в тот момент, когда случается этот «перебой», космический аппарат переходит в защитный (безопасный) режим, и из-за этого все процессы замирают. После этого аппарат выполняет ориентацию панелями солнечных батарей перпендикулярно к Солнцу (первое условие продолжения работы – гарантировать наличие энергии), а затем разворачивает антенну большого усиления к Земле, чтобы иметь возможность получать команды.

Потом наземная команда проводит диагностику, стремясь понять, что именно послужило поводом для переключения ведущего и ведомого комплектов, и выводит MRO из безопасного режима. Этот процесс может занять несколько суток, а значит, научные инструменты не могут выполнять свои функции, и MRO не может работать в качестве ретранслятора данных для роверов. Так что «перескоки» MRO влияют и на ход других программ. В большей части случаев спутник Mars Odyssey может вступить в строй и поработать ретранслятором, но он не обеспечивает столь же высокую скорость передачи данных.

Несмотря на то что переключения между основным и дублирующим компьютерами, как правило, доставляют лишь неудобство, в истории программы был период, когда эти события начали повторяться с пугающей частотой.

– С 2007 по 2008 год у нас было четыре случая переключения, а затем, в 2009 году, произошли один за другим четыре новых сбоя, – рассказывает Джонстон. – Начинало казаться, что такие события будут происходить все чаще и чаще. Возможно, мы могли потерять управление космическим аппаратом, если бы этот процесс продолжился.

Инженерам пришлось потратить много времени на изучение проблемы, отвлекшись от научных задач и других связанных с проектом вопросов. Хотя им и не удалось полностью решить проблему, вызывающую переключение комплектов в компьютерной системе, они смогли обнаружить иную угрозу, которая могла оказаться фатальной.

– Мы выяснили, что в определенных условиях станция могла полностью и безвозвратно потерять всю память, – говорит Джонстон. – В этом случае она вернулась бы в изначальное состояние, стала бы считать, что находится на стартовом комплексе, и перешла бы в режим получения команд<sup>78</sup> исключительно через физически присоединяющуюся кабель-мачту, которая используется, когда космический аппарат установлен на ракете, а ракета – на стартовой позиции. Поэтому нам пришлось вмешаться и внести в бортовые программы изменение, которое полностью убеждало аппарат MRO в том, что он уже находится на орбите в режиме работы и научных исследований, и это навсегда. И что возможности вернуться к пусковой фазе у него нет.

MRO стал лучше работать после такого исправления, и, по мнению Джонстона, теперь команда «более уверена в том, что, когда сбой такого рода происходит, мы не потеряем нашу станцию из-за них, просто у нас регулярная “смена личности” с одной на другую».

Но проблемы на борту заслуженного искусственного спутника Марса все-таки есть. В тот день, когда я приехала с визитом к Джонстону и Зареку в лабораторию реактивного движения, на MRO вышел из строя радиокomплекс, который занимался ретрансляцией данных для посадочных аппаратов. Инженерам пришлось перезагрузить радиокomплекс (выключить его и включить заново), и после этого он заработал.

– Получается, мы с вами тут разговариваем, а в этот момент могут случаться неожиданные на борту аппарата, который уже десять лет работает в глубоком космосе, – говорит

---

<sup>78</sup> И электропитания. – Прим. авт.

Зарек. – Любое оборудование стареет со временем, космос – это жесткая и неприветливая среда, и я думаю, что нам невероятно везет, что спутник, который каждые два часа, тринадцать раз в сутки, делает новый оборот вокруг Марса и уже сделал свыше 45 000 витков, каждый раз справляется самостоятельно.

## Визит кометы

В начале 2013 года астрономы открыли новую комету, которая получила название C/2013 A1 Сайдинг-Спринг. Вскоре после ее обнаружения ученые поняли, что она движется в сторону Марса. После того как было установлено, что комета в Марс все-таки не врежется, NASA приняло решение провести наблюдение и изучение этой кометы всеми средствами своей марсианской флотилии аппаратов, в том числе и Mars Reconnaissance Orbiter. Джонстон говорит, что это событие его одновременно взволновало и встревожило, потому что раньше никому не доводилось делать ничего подобного.

– Каждый раз, когда вам приходится делать что-то новое и уникальное, вы обязательно начинаете нервничать по этому поводу, – рассказывает он. – Пролет кометы Сайдинг-Спринг мимо Марса в октябре 2014 года был крайне необычным событием. Несмотря на то что наш спутник Марса был предназначен для того, чтобы вести съемки поверхности планеты, мы решили использовать камеру HiRISE, чтобы как следует отснять комету во время ее близкого пролета. Мне кажется, это очень здорово для нашего проекта: случилось нечто неожиданное, и мы смогли, не растерявшись, обогатить за счет этого нашу программу.



*Эта условная схема демонстрирует, как три управляемых NASA искусственных спутника Марса «прячутся», собравшись позади Красной планеты, чтобы защититься от потока кометной пыли во время сближения с Марсом кометы Сайдинг-Спринг (C/2013 A1) 19 октября 2014 года. Ядро кометы прошло на расстоянии 139 500 км от Марса, разбрасывая вокруг свой материал на относительной скорости около 56 км/с по отношению к Марсу и обращающимся вокруг него космическим аппаратам. В их число входили Mars Reconnaissance Orbiter, Mars Odyssey и MAVEN<sup>79</sup>. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

<sup>79</sup> MAVEN, сокращение от Mars Atmosphere and Volatile Evolution («Эволюция атмосферы и летучих веществ на Марсе») – межпланетная станция NASA, предназначенная для изучения марсианской атмосферы, запущена в 2013 году, вышла на орбиту искусственного спутника Марса 22 сентября 2014 года. – Прим. пер.

Чтобы сделать фотографию быстро движущегося объекта с орбиты, инженеры из компании Lockheed Martin в Денвере, работающие по проекту MRO, сумели точно навести аппарат и задать ему угловое смещение, основываясь на сведениях о положении кометы, полученных из расчетов инженеров лаборатории реактивного движения. Чтобы убедиться, что комета окажется именно там, где ожидается, группа получения изображений HiRISE сфотографировала комету за двенадцать дней до максимального сближения, когда она еще была еле заметна на снимке на уровне шума детектора. К их удивлению, обнаружилось, что комета находится не совсем там, куда ее помещали выполненные заранее баллистические расчеты. Используя исправленную информацию, MRO удалось успешно отследить комету во время ее пролета. Если бы эта дополнительная проверка не проводилась, комета Сайдинг-Спринг могла бы вообще не попасть в поле зрения фотокамер станции.

Когда комета миновала Марс, появились новые поводы для беспокойства.

– Несмотря на то что было здорово провести эти наблюдения и увидеть кометный хвост, – говорит Джонстон, – мы не на шутку встревожились, что из-за движения частиц, составляющих этот самый хвост, наша межпланетная станция попадет под удар микрометеоритов, которые могут оказаться настолько сильными, что разрушат ее. Поэтому мы синхронизировали орбиту нашего аппарата так, что после того, как комета пролетела мимо и наступила очередь появления потока частиц из хвоста кометы, вначале через эту область пространства прошел бы сам Марс, а мы в это время находились позади планеты, таким образом, прячась от встречи с кометным материалом лоб в лоб.

И хотя все получилось как задумано, Джонстон говорит, что он все это время не переставал нервничать.

– Пусть вы провели весь анализ, как требовалось, и сделали все, чтобы защитить ваш космический аппарат, – все равно может оказаться так, что последнее слово в этот день будет за космическими богами, – смеется он.

## Вы сами можете сделать фото Марса

За те десять лет, которые камера HiRISE делала «фотки», было получено свыше 50 000 снимков поверхности Марса. Они стали неопенимой важности материалом для ученого сообщества, занимающегося планетой. Единственным минусом (если можно это так назвать) является то, что снимки HiRISE делаются со столь большим увеличением, что каждый из них покрывает лишь очень маленькую область на поверхности. Это означает, что, как бы долго ни «прожила» на орбите станция, у нее никаким образом не получится заснять всю поверхность Марса. Фактически спустя десять лет после начала работы, несмотря на все огромное количество полученных снимков, камера HiRISE сфотографировала лишь 2 % марсианской поверхности.

С самого начала Мак-Ивен стремился сделать HiRISE «народной камерой», предоставив общественности несколько способов участия в проекте. Один из этих способов предусматривает возможность заказывать цели, которые должна сфотографировать HiRISE.

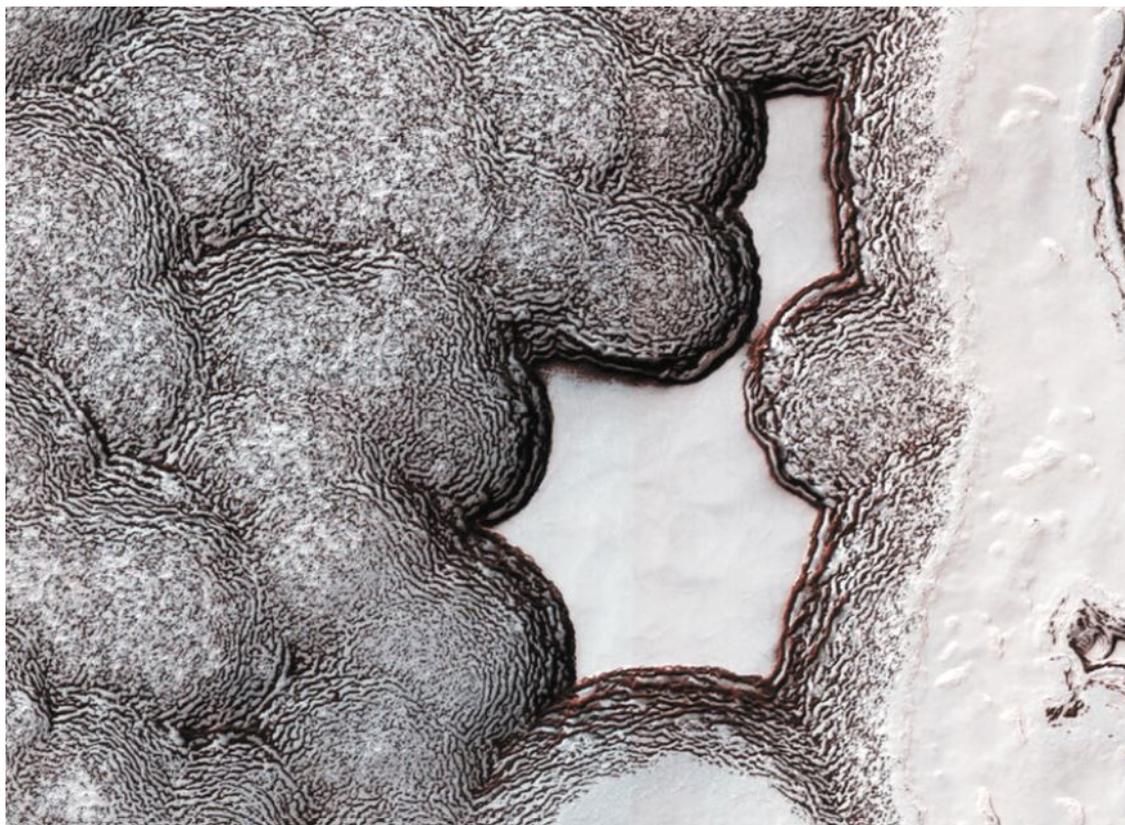
– Нам приходится тщательно отбирать цели для работы, – говорит Ари Эспиноза, который занимается связями программы HiRISE с общественностью в средствах массовой информации. – И команда HiRISE приглашает всех желающих принять участие в их выборе. Наша общественная программа называется HiWish<sup>80</sup>, и в ней могут участвовать профессионалы и любители, взрослые и дети, независимо от того, в каком уголке мира они живут.

Все, что вам нужно сделать, – это войти в учетную запись на сайте HiWish и выбрать желаемую цель. Если вам трудно определиться с местоположением, на сайте имеется различная полезная информация и карта, на которой вы можете увеличивать и уменьшать масштаб, чтобы вам проще было выбрать. Команда ученых сообщит вам, прошла ли предложенная вами цель окончательный отбор.

Другой проект называется BeautifulMars (в переводе «Прекрасный Марс»). – *Прим. пер.*

---

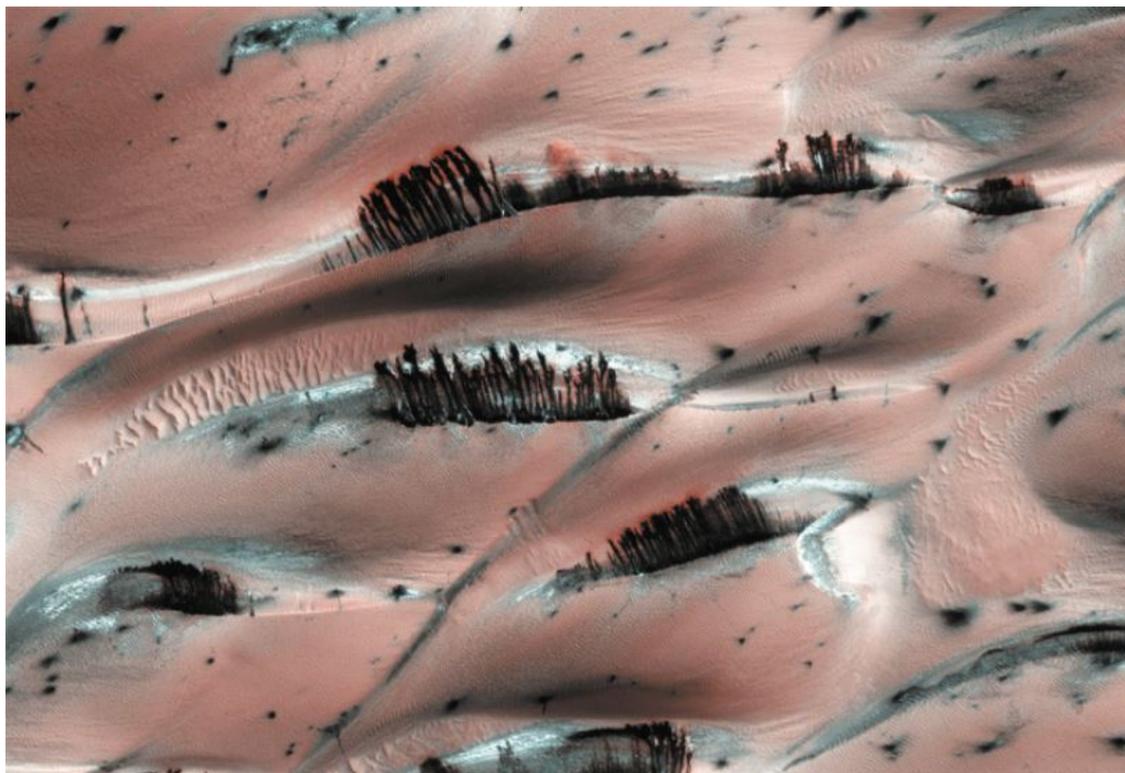
<sup>80</sup> На слух звучит как «высокое желание». – *Прим. пер.*



*Остаточная южная полярная шапка (та часть полярной шапки, которая не тает в местный летний сезон) состоит из углекислотного льда. Несмотря на то что шапка в целом остается на месте после каждого периода сезонного потепления, она непрерывно меняет свою форму из-за того, что углекислый газ из льда сублимирует в газообразную форму на крутых склонах и вновь откладывается в виде инея на плоских поверхностях. Область была сфотографирована 23 марта 2015 года. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института / Университет штата Аризона*

– Так как мы всегда считали, что инструмент HiRISE «народный», мне захотелось расширить эту концепцию до того, что он принадлежит людям во всем мире, даже если они не говорят по-английски, – говорит Эспиноза. – Ученые из группы HiRISE подготовили свыше 1700 фотоснимков Марса с подписями-комментариями, написанными в научно-популярном стиле, и мы теперь набираем добровольцев, которые хотели бы узнать больше о Марсе и помочь с переводом этих комментариев. Этот проект едва лишь только начался.

Эспиноза говорит, что они как команда очень гордятся проектом BeautifulMars и тем, что результаты работы HiRISE теперь представлены на 27 языках – это больше, чем у любого из ныне действующих проектов NASA.



*Тому, кто смотрит на этот снимок, может показаться, что с поверхности Марса тянутся вверх деревья, но на самом деле то, что вы видите, – это темные следы обвалов на скатах песчаных дюн, которые обрушиваются из-за испарения углекислотного инея и льда. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Университет штата Аризона*

– Нам удастся многое, в том числе наши материалы помогают движению по возвращению к жизни умирающих языков, – рассказывает он. – Например, на нашу инициативу обратили внимание советы по местным языкам Северной Ирландии и Корнуолла. Мы очень хотим, чтобы языковой охват наших материалов расширился и включал также языки коренных жителей американского континента.

Команда проекта использует возможности социальных сетей в Интернете, чтобы распространять снимки Марса на как можно большем количестве национальных языков.

– Мне нравится думать, что мы по-настоящему овладели социальными сетями и нашли так много путей, чтобы предоставить возможность любоваться снимками HiRISE как можно более широким кругам публики, – говорит Эспиноза.

Кроме того, была издана специальная серия электронных книг. В рамках новой инициативы MarsPoetica<sup>81</sup> энтузиасты этого направления могут присылать посвященные Марсу стихи. А еще есть канал на видеоресурсе YouTube под названием HiClips<sup>82</sup>, на котором можно посмотреть некоторые снимки, переработанные в формат видео.

Фотографии HiRISE очень большие и выглядят как протяженные полосы изображения, поэтому их непросто рассматривать. Группа по связям с общественностью создала специальную программу-просмотрщик HiView<sup>83</sup>, чтобы облегчить разглядывание этих фотоснимков.

– С помощью HiView вы не потеряетесь на этих громадных фотографиях марсианской поверхности в высоком разрешении и сможете найти то, что вам нужно, очень быстро, – гово-

---

<sup>81</sup> В переводе «Поэзия Марса». – Прим. пер.

<sup>82</sup> От слова «клип», означающего видеофрагмент. – Прим. пер.

<sup>83</sup> Можно перевести как «вид свысока». – Прим. пер.

рит Эспиноза. – Вы можете увеличить нужную вам область или выбрать более общий вид. Это средство спроектировано так, чтобы облегчить процесс работы с очень большими снимками и сделать его как можно эффективнее.

Изначально оно разрабатывалось для ученых, чтобы обеспечить для них возможность навигации по этим снимкам, но та же самая программа подходит любому, кто заинтересован в том, чтобы изучать ландшафт Марса вблизи. Вдобавок к этому, существует открытый энтузиастами сообщества Cosmoquest (веб-сайт [www.cosmoquest.org](http://www.cosmoquest.org)) научный проект под названием Mars Mappers<sup>84</sup>, который использует данные HiRISE, чтобы искать кратеры на Марсе. В его рамках заинтересованные люди помогают ученым создавать глобальную базу данных по ударным кратерам Марса. Это позволяет не только понять, какова частота падений метеоритов на Марс, но и определить геологический возраст различных районов поверхности Марса.

---

<sup>84</sup> «Картографы Марса». – *Прим. пер.*

## Наследие MRO

При том что аппаратура HiRISE делает высокодетализованные снимки Марса в большом увеличении, другой инструмент, контекстная камера CTX, делает фотоснимки с разрешением 6 м на пиксель, что лучше, чем у любой из работавших до нее на орбите Марса камер. CTX засняла около 97 % марсианской поверхности, что позволило ученым составить детальные карты Марса. Другие инструменты продолжают изучение поверхности, внутреннего строения и атмосферы планеты Марс.

Долго ли еще сможет работать MRO?

– Мы пока не планируем заканчивать наш проект, – говорит Джонстон, – и NASA тоже хочет, чтобы мы продолжали полет. Наша главная задача сейчас – оставаться «на плаву» к моменту начала программы нового марсохода «Марс-2020» и обеспечивать для него ретрансляцию данных.

По мнению Джонстона, автоматической межпланетной станции MRO хватит топлива для выполнения орбитальных маневров еще как минимум на двадцать лет.

– У нас появился шанс расширить наши возможности, потому что нам досталась большая ракета-носитель, – рассказывает он, – поэтому, когда на мысе Канаверал станцию готовили к запуску, мы залили баки буквально под горловину. Благодаря этому мы получили в свое распоряжение богатейший ресурс, у нас нет недостатка в топливе. Я думаю, что нам следует беспокоиться о деталях, подверженных механическому износу, – как, например, гироскопы в силовых маховиках, которые постоянно вращаются, – такие узлы скоро достигнут предельного проектного срока эксплуатации. Но по большей части космический аппарат действительно в хорошем состоянии и работает исправно.

Как считает Джонстон, станция MRO заслуживает называться флагманом земной эскадры у Марса.

– Все, что мы делаем, помогает продвижению программы изучения Марса в широком контексте и позволяет нашим исследователям достигать больших успехов и быть настоящими учеными мирового класса.

Несмотря на то что путь MRO к Марсу не был усыпан розами, Зарек считает, что пришло время пожинать богатые плоды долговременной программы.

– Есть особая ценность в регулярных наблюдениях и регистрации их результатов, – говорит он. – Тем не менее мы не занимаемся лишь тем, что повторяем одни и те же наблюдения. Мы всегда хотим узнать что-то новое.

Зарек утверждает, что продолжительная работа станции – это заслуга всех, кто построил, запустил и работает сейчас с MRO. В какой-то момент нашего разговора он понял, что говорит об автоматической межпланетной станции как о человеке. Обратив на это внимание, он посмеялся и сказал:

– Вот видите, я говорю так, будто он разумный и может нас услышать. В каком-то смысле так и есть. MRO – наш замечательный друг уже многие годы.

## Глава 9

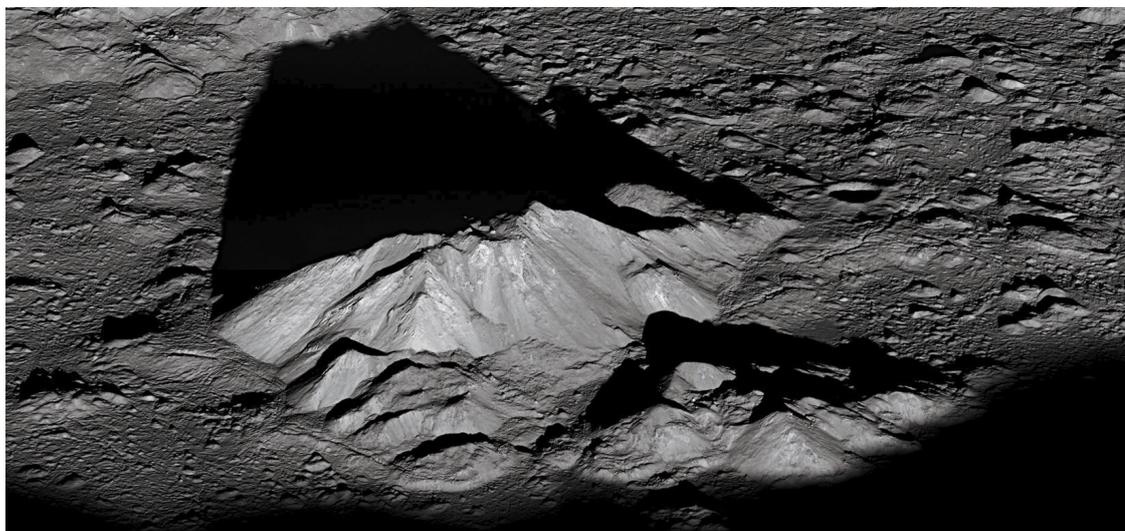
### Тот, кто целится в Луну: Lunar Reconnaissance Orbiter

#### Доказательства программы Apollo

В июле 2009 года оставались считанные дни до 40-й годовщины первой высадки человека на Луну, когда Нил Армстронг и Баз (Эдвин) Олдрин из экипажа космического корабля Apollo 11<sup>85</sup> (пока их товарищ Майк Коллинз оставался наверху, на орбите) совершили свой «гигантский шаг» для всего человечества.

Марк Робинсон решил отметить эту знаменательную дату особым образом, но не знал, получится ли у него задуманное. Тем не менее он и его команда были единственными людьми в мире – да что там, в Солнечной системе! – кто мог бы сделать это.

Четырьмя неделями ранее автоматическая межпланетная станция Lunar Reconnaissance Orbiter<sup>86</sup> стартовала с Земли и вышла на окололунную орбиту, чтобы начать картографирование лунной поверхности и изучить нашу ближайшую небесную соседку в мельчайших деталях. На борту этого аппарата стояла система формирования изображений, названная Lunar Reconnaissance Orbiter Camera<sup>87</sup>, представляющая собой комплекс из трех отдельных фотокамер, которые получают черно-белые снимки лунной поверхности высокого разрешения, а также многоспектральные изображения в среднем разрешении.



*Во время восхода Солнца на Луне центральный пик кратера Тихо отбрасывает длинную тень. Весь горный комплекс, который мы можем видеть на этом снимке со станции Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO, Разведывательный искусственный спутник Луны), примерно 15 км шириной по горизонтальной оси снимка. Пик достигает максимальной высоты в 2 км над дном кратера. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

<sup>85</sup> Apollo («Аполлон») – американская программа пилотируемых полетов на Луну, в рамках которой было осуществлено шесть успешных экспедиций с участием человека на поверхность естественного спутника Земли в 1969–1972 годах. – Прим. пер.

<sup>86</sup> LRO, «Разведывательный искусственный спутник Луны». – Прим. пер.

<sup>87</sup> LROC, «Камера разведывательного искусственного спутника Луны». – Прим. пер.

Робинсон – ведущий научный специалист по программе аппаратуры LROC, возглавляющий группу, которая занимается формированием изображений в рамках этого проекта. Его план на день юбилея полета Apollo 11 состоял в том, чтобы сфотографировать места посадки экспедиций Apollo с помощью этой новой камеры высокого разрешения. Ранее искусственные спутники Луны пытались обнаружить и заснять те довольно небольшие предметы, которые остались на Луне после того, как ее покинули американские астронавты: посадочную ступень лунного модуля Apollo, различное экспериментальное оборудование, а также роверы-«луно-мобили» поздних экспедиций. Все эти объекты должны были остаться на лунной поверхности после того, как астронавты благополучно вернулись домой. Но до сих пор ни одному спутнику Луны не удалось получить реальных свидетельств первой и единственной серии посещений иного небесного тела людьми.



*Lunar Reconnaissance Orbiter в представлении художника. Источник: NASA*

Но проблема состояла в том, что формирование орбиты аппарата еще не было завершено. Когда он прибыл к Луне в конце июня 2009 года, то оказался на очень вытянутой эллиптической орбите, которую следовало преобразовать в более круглую и проходящую ближе к лунной

поверхности. Станция и ее бортовые приборы подвергались проверкам и испытаниям, пока она находилась на этой начальной орбите, и до момента, пока LRO не вышел на свою финальную рабочую орбиту, должно было пройти несколько недель. Это означало, что спутник и его камеры могут оказаться не так близко к Луне, как, по мнению Робинсона, они должны были находиться, чтобы суметь зафиксировать места посадок Apollo так скоро после начала исследовательской программы.

И к тому же техническая команда все еще настраивала камеры – проверяла их, убеждаясь, что все оборудование и системы корректно работают в комплексе. Но времени на то, чтобы сделать снимки, отправить их на Землю и успеть обработать до годовщины – 20 июля, – было в обрез. Поэтому Робинсон и его группа все же послали системе LROC команды на выполнение съемки, чтобы попытаться получить искомые изображения в моменты пролетов над нужными местами Луны.

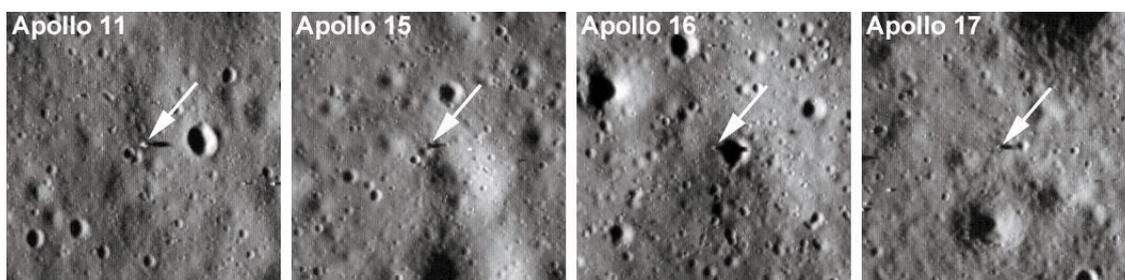
– Группа получения изображений LROC нетерпеливо ждала каждого нового снимка, – рассказывал Робинсон в интервью 2009 года. – Нам было очень интересно первыми бросить взгляд на посадочные ступени лунных модулей ради нашего удовольствия, а также мы стремились убедиться, что наши камеры нормально фокусируются.

То, что они увидели, действительно повергало в трепет.

– Фотографии получились фантастического качества, четкость наведения была безукоризненной, – говорит Робинсон. – Было прекрасно убедиться, что вся эта техника так и ждет нашего возвращения там, на поверхности.

На снимках были видны посадочные ступени лунных модулей экспедиций Apollo 11, 15, 16 и 17, стоящие на поверхности Луны. Разрешения еще не хватало, чтобы разглядеть отдельные детали, но длинные тени, которые они отбрасывали благодаря низко висящему над горизонтом Солнцу, безошибочно указывали на расположение каждого модуля. Особенно удивило, что в окрестностях места посадки экспедиции Apollo 14 были видны следы, оставленные на Луне ногами астронавтов, которые ходили туда и обратно в «зоне напряженного движения», а также, возможно, похожая на тачку двухколесная ручная тележка MET – Modular Equipment Transporter<sup>88</sup> применявшаяся в этой экспедиции, еще не оснащенной лунным ровером.

– Нормальная высота орбиты для картографирования – 50 км, а эти первые снимки мы сделали с орбиты примерно вдвое выше, – рассказывал мне Робинсон в своем кабинете в Университете штата Аризона в 2016 году. – Мы знали, что на такой высоте сможем рассмотреть посадочные ступени и, возможно, инструментальные комплекты ALSEP<sup>89</sup>. Солнце находилось настолько низко над горизонтом, что каждый элемент оборудования отбрасывал длинную тень. Мы увидели, что лунный модуль Apollo 16 сидит на краю маленького кратера и его тень пересекает этот кратер и падает на противоположный освещенный край.



<sup>88</sup> «Модульный транспортер оборудования». – *Прим. пер.*

<sup>89</sup> ALSEP, сокр. от Apollo Lunar Surface Experiments Package, Комплект экспериментов Apollo на лунной поверхности – набор экспериментального оборудования для изучения окружающей среды и проведения научных измерений на каждой точке посадки экспедиций Apollo. – *Прим. авт.*

*Первые выполненные LRO снимки лунных модулей экспедиций Apollo 11, 15, 16 и 17 на местах их посадок. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

Для Робинсона и его команды, а также для всех сотрудников NASA вид этих точек посадки лунных экспедиций был отраден, потому что они убедились: новая камера работает.

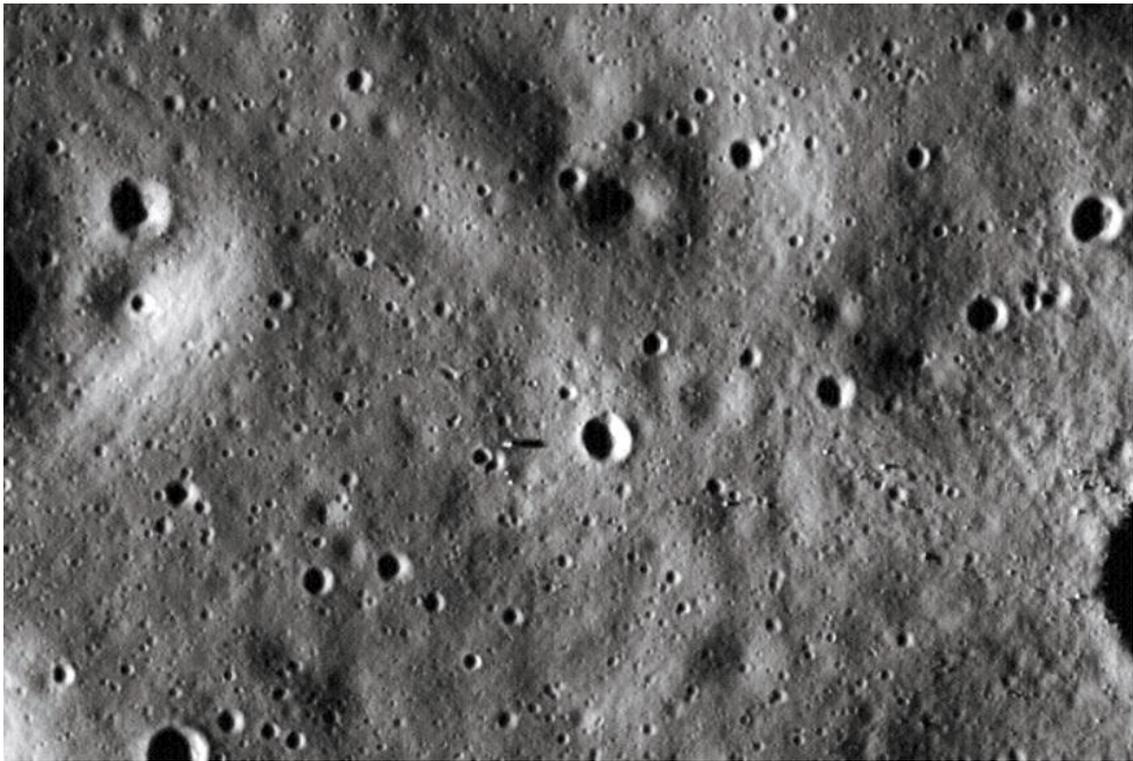


*Когда делался первый снимок места прилунения Apollo 14, условия освещения оказались исключительно благоприятными, чтобы разглядеть дополнительные детали. Можно различить так называемый ALSEP (Комплект экспериментов Apollo на лунной поверхности), набор научных приборов, оставленных астронавтами на месте посадки, а также немного заметна тропинка из следов астронавтов, которая тянется между лунным модулем и комплектом ALSEP. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

– Мы были очень обрадованы качеством полученных данных, – говорит Робинсон.

Остальные члены команды LRO тоже кипели энтузиазмом.

– Управление камерами велось из Аризонского университета, – говорит Рич Вондрак, который работал научным руководителем проекта LRO с 2007 года до своей недавней частичной отставки. – Группы, отвечающие за отдельные инструменты, рассыпаны по всем Соединенным Штатам, но Центр управления полетом находится здесь, в Мэриленде, в Центре космических полетов имени Годдарда. Так что мы знали, что Марк и его группа собирались делать эти снимки, и однажды поздно ночью я получил от него сообщение. Я побежал вниз, к своему компьютеру, и, когда я увидел эти фотоснимки, я не смог удержаться и заорал: «Твою дивизию! Да тут же их на самом деле видно!» Я позвал свою жену Мэри, и мы вместе, затаив дыхание, разглядывали фотографии. Мы не только увидели оставшуюся на Луне технику, но еще и следы астронавтов.



*Таким в первый раз увидели камеры LRO точку посадки лунного модуля Apollo 11, на котором люди впервые высадились на Луну. Тень в центре снимка, обведенная овалом, выделяет расположение посадочной ступени лунного модуля. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

Вондрак обратил внимание на то, что отдельные отпечатки ног различить не удалось, потому что они были меньше, чем позволяло видеть разрешение камеры.

– Но мы знали из видеоматериалов и фотографий, сделанных астронавтами на Луне, что, когда они перемещались там, по причине малой силы притяжения и неуклюжих скафандров им было проще передвигаться прыжками и, прыгая, они разбрасывали вокруг массу лунного грунта. Это похоже на то, как если бы вы пересекали поляну, покрытую снегом толщиной в дюйм, и при этом подбрасывали снег ногами – тогда остался бы след шире отдельных отпечатков ваших ног.

Вондрак принимал участие еще в работе научной группы, которая помогала астронавтам в лунных экспедициях, поэтому был особенно взволнован, вновь увидев окрестности мест их посадок.

– Меня будоражит возможность провести эти наблюдения и соотнести их с важными моментами в истории человечества, особенно учитывая то, что я одним из первых увидел эти снимки, – говорит он. – Это было здорово и впечатляюще!

У Ноа Петро, который ныне работает в качестве заместителя ведущего научного руководителя проекта LRO, вид этих первых снимков с мест прилунения Apollo пробудил яркие личные воспоминания.

– Мой отец работал конструктором, создавал технику для программы Apollo, разрабатывал детали лунного модуля и портативную систему жизнеобеспечения, которая находилась в рюкзаке каждого ходившего по Луне астронавта, – рассказывает он. – Все эти рюкзаки остались лежать на Луне, потому что в них было много дополнительной массы, которую NASA не планировало доставлять обратно на Землю. Я помню, как глядел на эти первые снимки и пытался угадать, за каким же из пикселей кроются рюкзаки. Поэтому для меня тот момент, когда я впервые увидел снимки LRO, незабываем. Кроме того, я всегда был поклонником программы

Аполло и с детства чувствовал восторг и восхищение перед тем, чего добились создатели и участники Apollo.

Мир отреагировал на публикацию этих фотографий шумным восхищением – и в нем слышались как голоса поколения, заставшего те будоражащие чувства и разум моменты истории, когда люди отправились в то великое путешествие, так и тех, кто слишком молод, чтобы лично помнить времена полетов Apollo. Кроме того, дала о себе знать маленькая, но упрямая группка любителей теории заговора, которые верят, невзирая на буквально горы свидетельств обратного, что NASA никогда не осуществляло высадку людей на Луну, а вместо этого сфабриковало фальшивые фото- и кинокадры в каком-то складе или ангаре. Но, само собой, как на это указывают многие, по-настоящему было бы куда сложнее сфальсифицировать полеты на Луну и не выдавать такой секрет все эти годы, чем слетать на Луну на самом деле. И, более того, если бы вы решили выдать фальшивую посадку на Луну за настоящую, к чему бы вам это делать целых семь раз подряд, включая одну неудачную попытку (Apollo 13), которая чуть было не закончилась катастрофой?

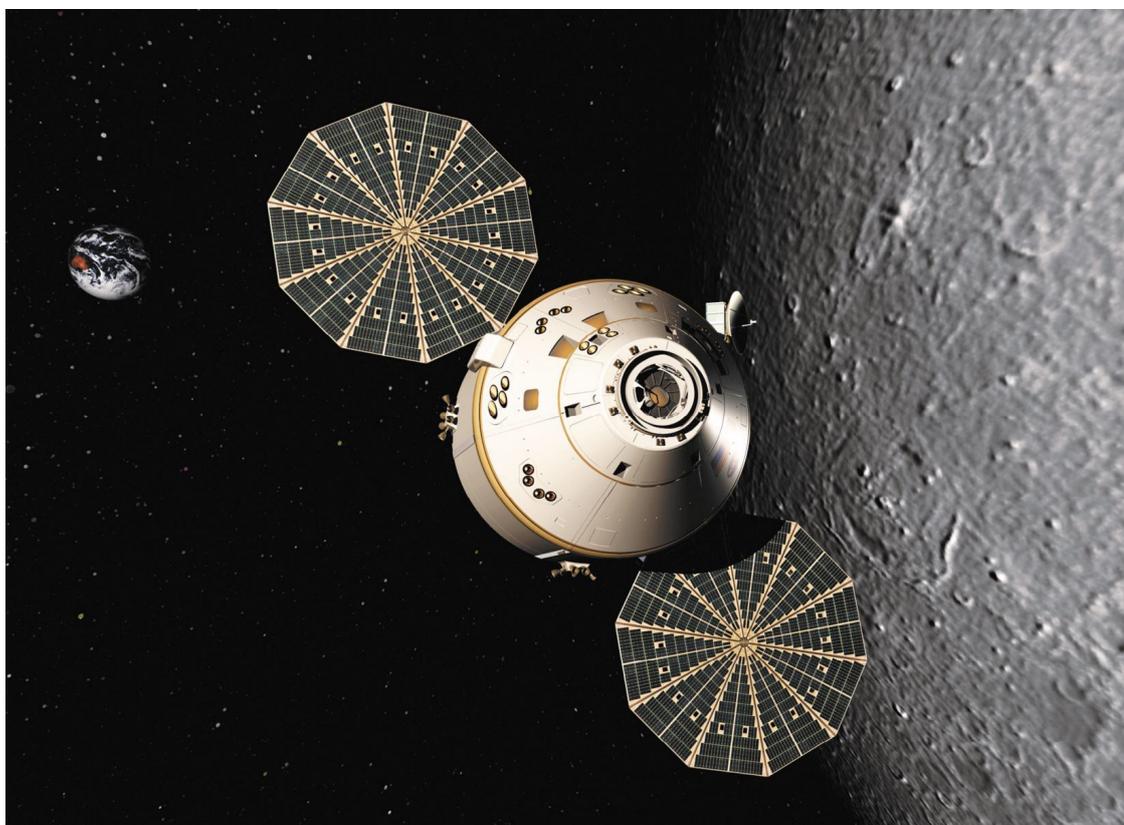
## «Вернуться на Луну, чтобы больше не уходить оттуда»

Путешествие Lunar Reconnaissance Orbiter на Луну ведет свой отсчет с января 2004 года. Тогда президент Джордж Буш-младший произнес важную речь о политических планах, сказав, что Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства NASA вновь отправит астронавтов на Луну и это станет подготовительным этапом к будущему полету человека на Марс. Но первым шагом должен быть стать автоматический искусственный спутник Луны, которому предстояло составить детальную карту лунной поверхности с тем, чтобы стало проще планировать будущие полеты посадочных аппаратов и экспедиции с участием людей.

– Наша цель, – сказал Буш на пресс-конференции в NASA, – возвращение на Луну не позднее 2020 года, и этот момент послужит стартом для новых программ.

Он предложил до 2008 года отправить к Луне серию автоматических зондов и начать пилотируемые экспедиции уже с 2015 года «с целью проверки возможности жить и работать на Луне в течение увеличивающихся периодов времени». Новую программу назвали Constellation<sup>90</sup>, и в ее рамках предусматривалось создание новой большой ракеты для запусков пилотируемых кораблей к Луне и другим, более далеким мирам.

– LRO назначили к полету в самую первую очередь, – вспоминает Вондрак, – и у нас было всего лишь четыре года на проектирование и создание этого аппарата. Большой план состоял в выполнении впечатляющей серии полетных программ, в их ряду предусматривались орбитальный и посадочный аппарат, за которыми, вероятно, должны были последовать другие, а затем, вскоре – экспедиция с астронавтами на поверхность Луны.



<sup>90</sup> В переводе «Созвездие». – Прим. пер.

*Так может выглядеть на орбите Луны будущий пилотируемый космический корабль Orion, который изначально планировался к созданию по программе NASA Constellation (иллюстрация). Источник: NASA*

Автоматические аппараты должны были составить карту Луны для поиска наилучших мест для посадки и полезных ресурсов, а также выполнить измерения, нужные для определения безопасных условий пребывания астронавтов на нашем естественном спутнике.

Когда проект LRO был задуман, он нес наивысший приоритет.

– У нас был фактический указ президента: «Засим повелеваю отправить к Луне спутник, после же посадочный модуль и сотворить программу, дабы восполнити человека на Луну!» – торжественно декламирует Рич Вондрак. – И по большей части все это могло бы стать реальностью на данный момент; люди летали бы в космос на космических кораблях Orion<sup>91</sup>, а новая высадка планировалась не позднее 2020 года. В штаб-квартире NASA даже рассчитывали сделать это до наступления 50-й годовщины экспедиции Apollo 11.

Тогда, как говорит Вондрак, под воздействием воодушевления от президентского указа сложилась напряженная, но будоражащая рабочая атмосфера.

– Обычно надо всем довлеет бюрократия, и проходят годы до того, как какой-нибудь проект утвердят и начнут реализовывать, – говорит он. – А нам дали считанные месяцы на то, чтобы все организовать, написать план программы, выпустить окончательный вариант и собрать для него все согласования.

Но Вондраку и его команде в штаб-квартире NASA все-таки удалось быстро составить эскизный вариант программы, выпустить требования к научным инструментам и подготовить проект к реализации примерно за шесть месяцев.

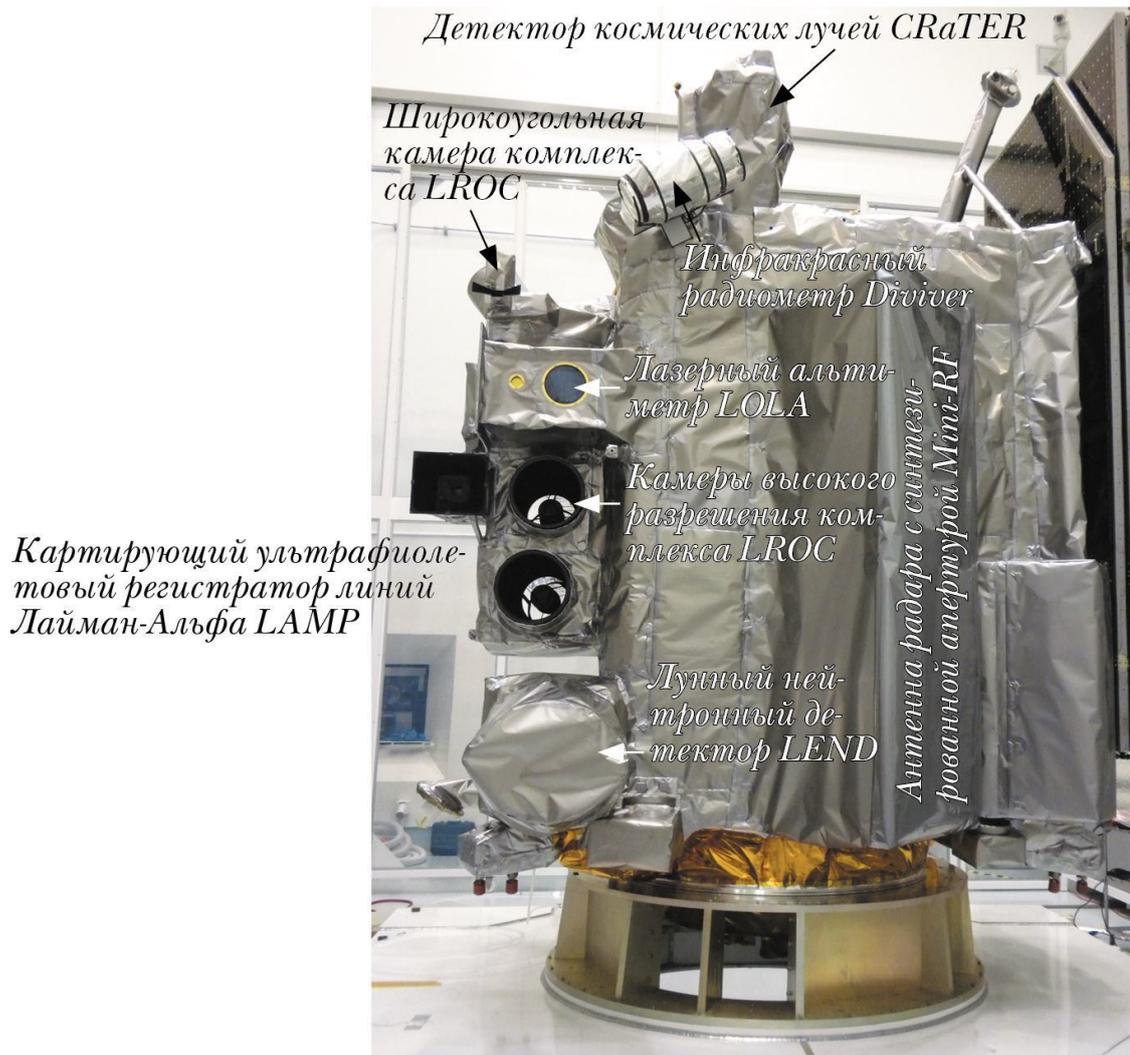
– Всего лишь годом ранее был рассмотрен и утвержден проект Mars Reconnaissance Orbiter, – вспоминает Вондрак, – а поскольку наша задача была похожей – составление карты небесного тела в высоком разрешении и исследование его поверхности другими способами, – мы просто сделали наше техническое предложение по LRO аналогичным таковому по MRO.

Вондрак работал с великолепной командой исследователей и инженеров.

– Здесь, в Центре Годдарда, у нас подобралась отличная команда, – уверяет Рич. – Крейг Тули – лучший менеджер проектов из тех, с кем мне приходилось работать, и ему удалось собрать вместе специалистов, которые построили аппарат в Центре космических полетов имени Годдарда. Как это бывает с любым высокоприоритетным и срочным проектом, те, кто работал над ним, работали упорно, стремились к достижению результата и были настроены решительно. Если встречались проблемы, все подходило к их решению очень сосредоточенно и творчески. Так и надо делать, чтобы добиваться результата. Нужно взять прекрасную группу специалистов, дать им все средства, в которых они нуждаются, дать им понять, что результат требуется срочно, – и вы поразитесь тому, чего они добьются.

---

<sup>91</sup> От созвездия Орион. – Прим. пер.



Межпланетная станция *Lunar Reconnaissance Orbiter* на стадии предстартовой подготовки в мае 2009 года. Источник: Проект LROC / Университет штата Аризона

Поскольку проект получил приоритетное внимание, не было отбоя от тех, кто хотел принять в нем участие, и поэтому научную команду подобрать оказалось не сложно.



*Научный руководитель проекта LRO Ричард Вондрак на стартовой площадке во время подготовки станции LRO к запуску. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда*

– Ученые понимали: то, чем мы занимаемся, важно для нашей страны, и это будет один из самых знаменательных лунных проектов, – говорит Вондрак. – И среди научного сообщества многие с нетерпением ждали появления аппарата наподобие нашего.

Команда была подобрана, межпланетная станция LRO построена и запущена в космос 18 июня 2009 года – это был первый запуск беспилотного аппарата NASA к Луне с 1998 года и своего рода возвращение на Луну лишь за месяц до 40-го юбилея прилунения Apollo 11.

LRO стоимостью 504 млн долларов и размером с автомобиль Rover Mini Cooper начал свою работу. Он должен был провести картирование лунной поверхности для будущих пилотируемых экспедиций в течение как минимум года, а затем еще несколько лет заниматься различными научными наблюдениями.

– Я помню, как LRO прибыл к Луне, и в прессе процитировали мои слова, сказанные тогда: «Мы на лунной орбите, и мы пришли сюда, чтобы остаться», – говорит Вондрак.

LRO работал отлично и за пределами своей основной годичной программы. Но еще раньше ее окончания планы NASA переменялись.

## Куда мы идем?

В феврале 2010 года, после того как в Соединенных Штатах грянул биржевой обвал и кризис кредитования и перед государством замаячил дефицит федерального бюджета в размере 1,26 трлн долларов, президент Обама объявил об отказе от ранее запланированной космической программы Constellation и о том, что NASA пока не собирается посылать астронавтов на Луну. С этого момента будущее программы пилотируемых космических полетов NASA зависло на краю пропасти.

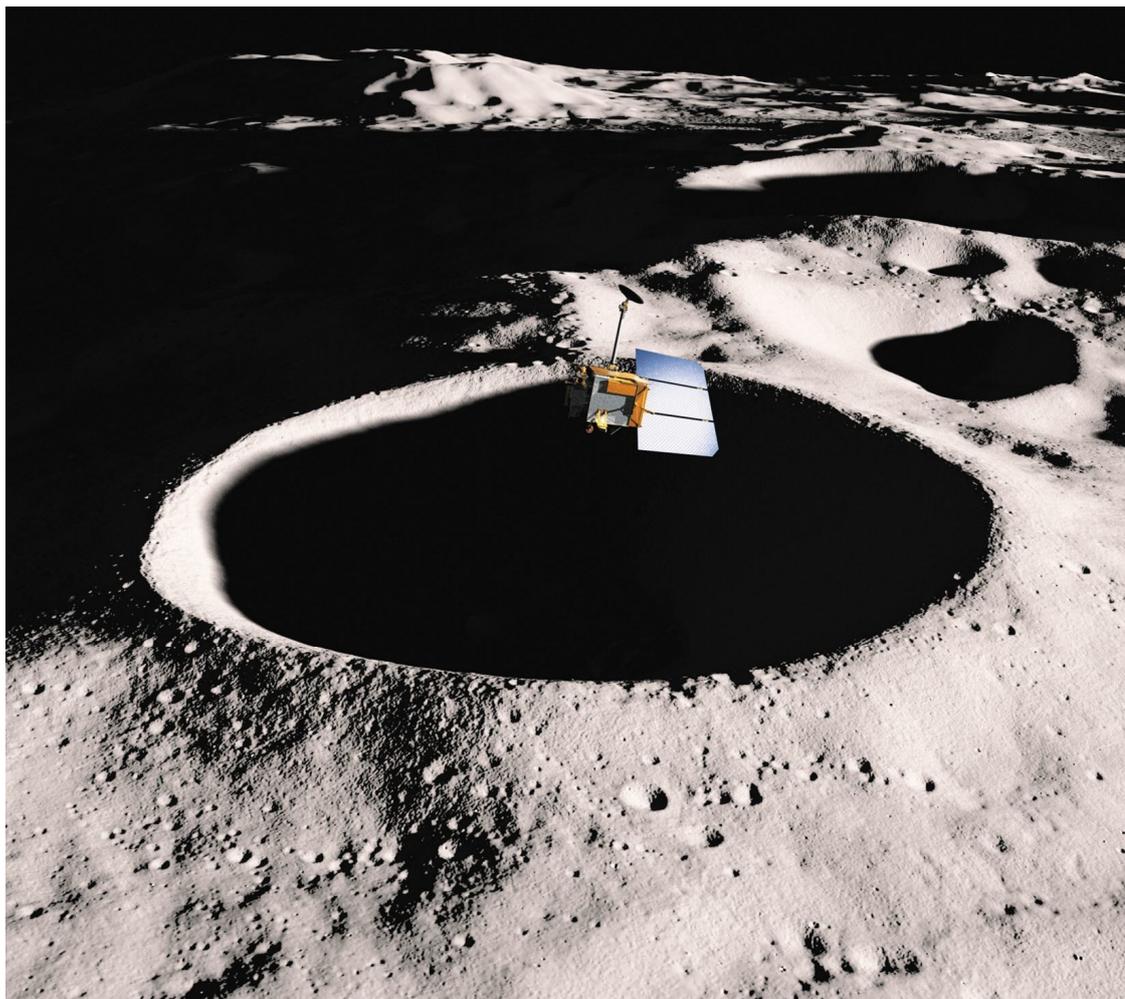
– Тогда случилось вот что – нам преградило путь прекращение финансирования, – говорит Вондрак, – и было ясно, что невозможно точно рассчитать и уложиться в заданные рамки по стоимости, когда речь шла о планах полетов на Луну и затем на Марс. Так что отменена была не только программа Constellation, но и вся программа лунных исследований автоматами после LRO.

И по сей день у NASA нет четкого представления, как и куда его программа пилотируемых космических полетов будет нацелена после того, как выйдет за пределы околоземной орбиты. Хотя муссировались идеи о полетах к астероидам, Марс влечет каждого энтузиаста космонавтики как явная и наиглавнейшая цель, и NASA в последнее время соглашается, что, действительно, целью должен быть именно Марс. Однако отправить и посадить на Красную планету космический корабль достаточно большого размера, приспособленный для людей на борту и сопутствующих им грузов, очень сложно и затратно, и множество технологий, требующихся для такого полета, еще находятся в стадии разработки, а о некоторых мы не имеем и понятия. Все оборудование и процедуры, необходимые для постоянного присутствия людей на далеком Марсе, требуют проверки на «полигоне» где-нибудь не так далеко. Луна может послужить таким полигоном, так что возвращение на Луну кажется неизбежным при движении по дороге к Марсу.

К тому же очень трудно отыскать финансирование для каких бы то ни было проектов полета человека к Марсу. Те деньги, которые выделяются для NASA, не позволяют в наши дни развивать крупномасштабные проекты наподобие программы Apollo в 1960-х годах. И, в отличие от времен Apollo, нет явно выраженной воли президента или его последователей, чтобы высадка на Марс состоялась «до конца этого десятилетия». Получается так, что каждая следующая президентская администрация меняет направление развития космонавтики по-своему.

Но пока NASA и политики, которые имеют решающий голос в финансировании управления, выбирают, куда лететь будущим астронавтам, LRO продолжает кружить вокруг Луны, собирая данные и делая открытия, меняющие наш взгляд на естественный спутник Земли. Теперь мы знаем, что Луна – не тот сухой и мертвый мир, каким она когда-то всем казалась.

– И в международных кругах, и здесь, в Соединенных Штатах, научный интерес к Луне остается высоким, и мы продолжаем делать новые открытия, – говорит Петро. – Вчера вечером я получил электронное письмо об одной действительно интересной находке, и такие вещи происходят буквально каждую неделю. Мы далеко не исчерпали все научные возможности! И еще у нас есть этот отличный спутник, с которым мы можем работать, так что, если вам требуются новые данные, вы можете поговорить с Марком и его группой инструмента LROC и попросить сделать еще снимки или с группами других научных приборов, чтобы выполнить наблюдения с их помощью. Замечательно, что эти возможности у нас есть.



*Так может выглядеть станция Lunar Reconnaissance Orbiter, низко летящая над поверхностью Луны в районе лунного южного полюса. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / студия научной визуализации*

Обладая набором из семи научных инструментов, LRO производит колоссальный объем данных – самый большой из всех космических проектов в области планетологии (к которым не относится SDO) и больше данных, чем все остальные планетологические программы вместе взятые.

– Это очень значительный результат, и к тому же все полученные данные доступны всем и бесплатно, – говорит Петро, – поэтому ими может пользоваться весь мир, и мы поддерживаем стремление людей их использовать и анализировать.

LRO работает около Луны уже более семи лет, и, когда я разговаривала с Вондраком и Петро, они ожидали получения от NASA разрешения на продолжение полета этого аппарата еще на два дополнительных года. 1 июля 2016 года они такое разрешение получили.

– Несмотря на то что станция спроектирована для довольно короткой эксплуатации, построена она была с большой тщательностью, – говорит Вондрак, – с нею не случилось ни одной значительной проблемы, все системы работают нормально. К тому же у нас отличная научная команда: этим ученым удалось сделать несколько удивительных открытий.

Бережно управляя космическим аппаратом и его ресурсами, группа управления полетом LRO сумела сэкономить расходные субстанции, требующиеся для продолжения полета, – такие, как топливо, – еще на шесть-восемь лет возможной эксплуатации, в течение которых

станция сможет работать, если, как считает Вондрак, NASA одобрит такую длительную программу.

– Я надеюсь, что когда-нибудь люди все-таки полетят на Луну, – так он говорит, глядя в будущее с оптимизмом, – и тогда LRO поможет им туда вернуться. В наследство им мы оставляем написанное нами «руководство по Луне», это такой справочник; и я уверен, что через 40 или 50 лет, когда народы различных стран начнут активно осваивать Луну, они будут пользоваться нашей базой данных и составленными нами картами и найдут по ним свой путь.

По словам Вондрака, благодаря LRO мы теперь знаем, что Луна – очень интересное место.

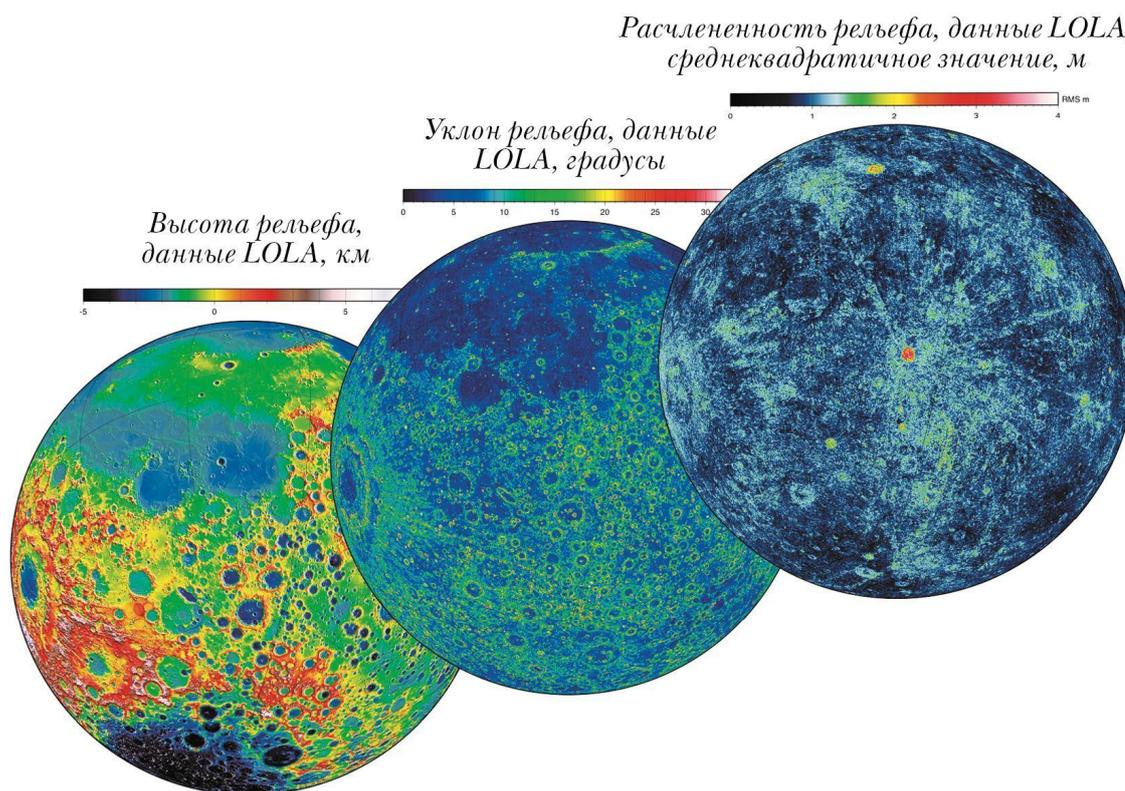
– Раньше она была просто чем-то далеким и неизвестным, – говорит он. – У нас имелись фотографии экваториальных районов, сделанные во время экспедиций Apollo, снимки с других искусственных спутников Луны, но ничто из этого не может сравниться по качеству с тем, что дает наша камера, и не следует забывать о множестве других измерений, которые делают приборы на LRO. Теперь, куда бы вы ни захотели попасть на Луне, мы можем вам рассказать об этом месте. Вот что самое увлекательное в планетологии: она помогает нам превращать абстрактные далекие тела в космосе в обширные уникальные миры.

## Лунные лучи

Лазерный картирующий инструмент LRO стреляет в Луну своим лучом на невероятной скорости – 140 раз за каждую секунду – и измеряет все пригорки и впадины, все закоулки лунного ландшафта с точностью до 10 см.

– Мы можем составить топографические карты Луны с большей частотой горизонталей, чем на туристических картах национальных парков США, – рассказывает Вондрак. – Мы имеем представление, как Луна выглядит, в мельчайших деталях, и, по сути, мы теперь знаем о форме, контурах и топографии Луны больше, чем о любом другом объекте в Солнечной системе. Это касается и Земли, потому что огромная часть земной поверхности скрыта океаном, а океанское дно нанесено на карту далеко не так подробно, как поверхность Луны.

Картографический прибор под названием Lunar Orbiter Laser Altimeter<sup>92</sup> располагает в десять раз большей линейной точностью измерений и в триста раз большей частотой работы, чем любой из ранее действовавших на орбите Луны лазерных альтиметров. Кроме того, что этот инструмент позволяет составлять детальные топографические карты с отметками высот, благодаря интересной особенности его функционирования становится возможным обнаружить дополнительные свидетельства оборудования экспедиций Apollo, оставленного на Луне.



*Данные лазерного альтиметра LOLA позволили составить карты различных типов для видимого полушария Луны: топографическую (слева), а также новую карту уклонов на поверхности (в середине) и расчлененности рельефа (справа). Источник: NASA / проект LRO / научная группа инструмента LOLA*

Эксперимент с лазерными уголковыми отражателями проводился астронавтами на местах посадок Apollo 11, 14 и 15. Эти отражатели являются комплектами зеркал, сложен-

<sup>92</sup> LOLA, «Лазерный альтиметр искусственного спутника Луны». – Прим. пер.

ными в форме внутреннего угла куба, которые обладают свойством отражать любой падающий луч света в том направлении, откуда он пришел. Похожими устройствами оснащались два доставленных Советским Союзом на Луну лунохода, которые совершили посадки в 1970 и 1973 годах. На протяжении большей части рабочей программы LRO альтиметр LOLA приходилось выключать, когда станция пролетала над местами деятельности астронавтов Apollo и «Луноходов», потому что отразившийся лазерный луч мог бы повредить сам прибор LOLA.

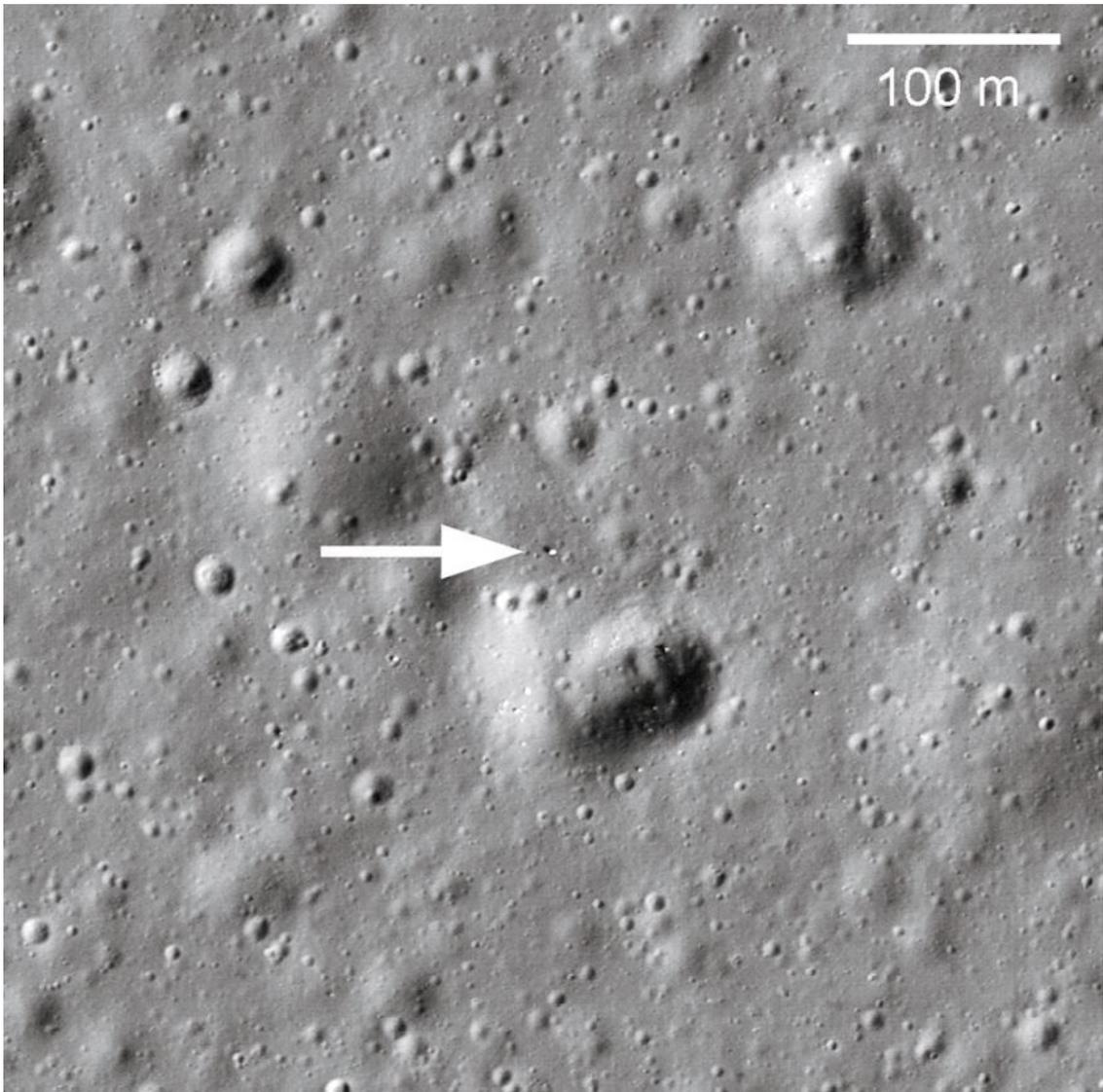
Однако в 2017 году высота полета LRO будет увеличена, и существует план применить LOLA в местах расположения «Луноходов» и оборудования, оставшегося от экспедиций Apollo, чтобы дополнить собранную топографическую информацию измерениями в этих областях. Петро говорит, что увеличение высоты полета LRO совместно с уменьшением мощности лазера LOLA уменьшает и шанс повреждения инструмента при работе.



*Лазерный уголкового отражатель, установленный астронавтами экспедиции Apollo 11.  
Источник: Институт селенологии и планетологии*

С тех самых лет, когда на Луне появились уголкового отражатели, обсерватория Макдональд в Техасе занимается их зондированием при помощи лазера и измерением времени движения луча туда и обратно. Это дает точные данные о высоте лунной орбиты и скорости, с которой Луна удаляется от Земли (в данный момент 3,8 см в год), а также о вариациях во

вращении самой Луны. Это единственное экспериментальное оборудование, оставленное экспедициями Аполло, которое работает до сих пор и помогает получать научные данные.

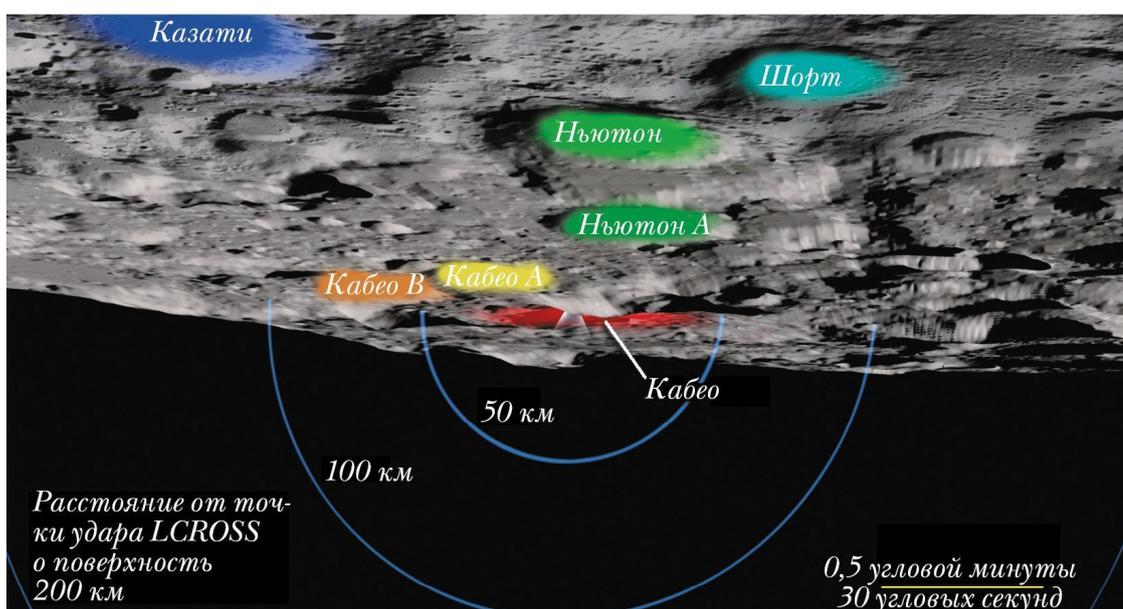


*Советский автоматический посадочный аппарат «Луна-17» и сейчас находится в той же самой точке моря Дождей, куда он доставил «Луноход-1» в ноябре 1970 года, как свидетельствует полученное камерой LROC фото. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

При том что некоторые люди сомневаются, состоялись ли полеты Аполло на самом деле, ученым проекта LRO приходится учитывать практические последствия того, что на Луне действительно побывали астронавты и автоматические лунные зонды.

## Новая Луна

Так вышло, что 2009 год оказался поворотным для углубления нашего понимания Луны. Это случилось потому, что в этот год реализовались несколько различных космических лунных проектов. До этого момента считалось, что Луна – исключительно сухое небесное тело; в основном такой вывод был сделан в результате изучения образцов, доставленных астронавтами Apollo. Несмотря на то что во многих из них содержались следы влаги или небольшие количества гидратированных минералов, как правило, их присутствие относили на счет загрязнений земного происхождения, которые могли возникнуть, потому что большинство контейнеров с пробами лунного грунта не закрывались герметично. Ученые посчитали, что следы воды, которые они нашли в лунном грунте, могли появиться из-за того, что содержащий влагу земной воздух просочился внутрь контейнеров. С тех пор бытовало представление, что, за исключением возможных залежей льда у лунных полюсов, воды на нашем естественном спутнике нет.



На этом снимке южного полюса Луны обозначено расположение некоторых кратеров, в том числе кратера Кабео, где космический аппарат LCROSS упал на поверхность Луны. Источник: NASA / студия научной визуализации Центра космических полетов имени Годдарда

Научный инструмент Moon Mineralogy Mapper – M<sup>3</sup><sup>93</sup> на борту индийской межпланетной станции «Чандраян-1»<sup>94</sup> сорок лет спустя обнаружил, что вода рассеяна на Луне повсеместно и водяные молекулы или гидроксильные группы<sup>95</sup> существуют в связанном с веществом поверхности виде в малых концентрациях. Эта информация была подтверждена данными с двух других пролетавших мимо Луны аппаратов: временно примененном в рамках этой научной программы аппарате Деер Импракт<sup>96</sup> во время его полета к комете и межпланетной станцией

<sup>93</sup> Построитель карты лунной минералогии», обозначение «M<sup>3</sup>» обыгрывает наличие трех букв «М» в названии в оригинале. – Прим. пер.

<sup>94</sup> Chandrayaan-1 (санскр. «Лунный корабль») – искусственный спутник Луны, созданный Индийской организацией космических исследований, работал на орбите Луны с 2008 по 2009 год. – Прим. пер.

<sup>95</sup> Химический функциональный радикал с формулой ОН. – Прим. пер.

<sup>96</sup> Деер Импракт (также название фантастического фильма «Столкновение с бездной») – построенная NASA межпланет-

«Кассини», когда она совершала пролет мимо Земли в 1999 году. Роджер Кларк из научной группы прибора M<sup>3</sup> проанализировал архивные данные наблюдений Луны с борта «Кассини» и нашел, что они согласуются с наличием небольшого количества воды, присутствующей на Луне повсеместно; ее вероятным источником является солнечный ветер.

– После этого образцы, привезенные участниками экспедиций Apollo, повторно проанализировали и подтвердили наличие следов воды в грунте, – говорит Ноа Петро, который тоже принимал участие в работе коллектива M<sup>3</sup>. – И получилось, что Lunar Reconnaissance Orbiter мы запустили в такой поворотный момент, когда наше знание о наличии на Луне летучих веществ действительно помогло дать этим исследованиям толчок. К тому же был еще и LCROSS.

---

ная станция для изучения кометы Темпеля-1. Запущена в 2005 году и в том же году сбросила на поверхность кометы зонд-импактор, зафиксировав последствия удара. В 2010 году совершила близкий пролет кометы Хартли-2. Связь с аппаратом была утрачена в 2013 году. – *Прим. пер.*

## Вода и многое другое

Задачей полета LCROSS, или Lunar Crater Observing and Sensing Satellite<sup>97</sup>, космического аппарата-попутчика для LRO, было выяснить, есть ли лед в области, которая называется «**зоной вечной тени**» в темных кратерах на полюсах Луны. Солнечные лучи очень редко или вообще никогда не освещают дно таких кратеров, потому что их высокие стены отбрасывают длинные тени, закрывая внутреннюю область кратера от постоянно низко висящего над горизонтом солнца.

LCROSS отправился в космос на той же самой ракете, что и LRO, и долетел до Луны вместе с разгонным блоком Centaur<sup>98</sup> (который представлял собой верхнюю ступень ракеты Atlas V). Согласно плану эксперимента, израсходованная ракетная ступень должна была упасть в кратер Кабео около южного полюса Луны, в зону вечной тени. Четыре минуты спустя «пасущий» ее аппарат LCROSS должен был последовать за ней, изучая поднятое от удара облако пыли при помощи девяти научных инструментов, чтобы определить, какие материалы окажутся выброшены со дна этого темного неизученного кратера. LRO, космический телескоп «Хаббл» и наземные телескопы тоже по плану должны были попытаться заснять эти события.

Этот эксперимент испортил настроение группе гражданских активистов, которые обеспокоились тем, что LCROSS повредит Луне, а также тем обстоятельством, что NASA собирается «разбомбить» нашу небесную соседку. Даже при том, что от удара, предположительно, должны были взлететь вверх тонны лунного реголита, научный руководитель проекта LCROSS Тони Колаприт дал такую оценку: воздействие аппарата на Луну окажется в миллион раз более слабым, чем ресница пассажира, упавшая на пол внутри летящего «Боинга-747», воздействует на его полет.

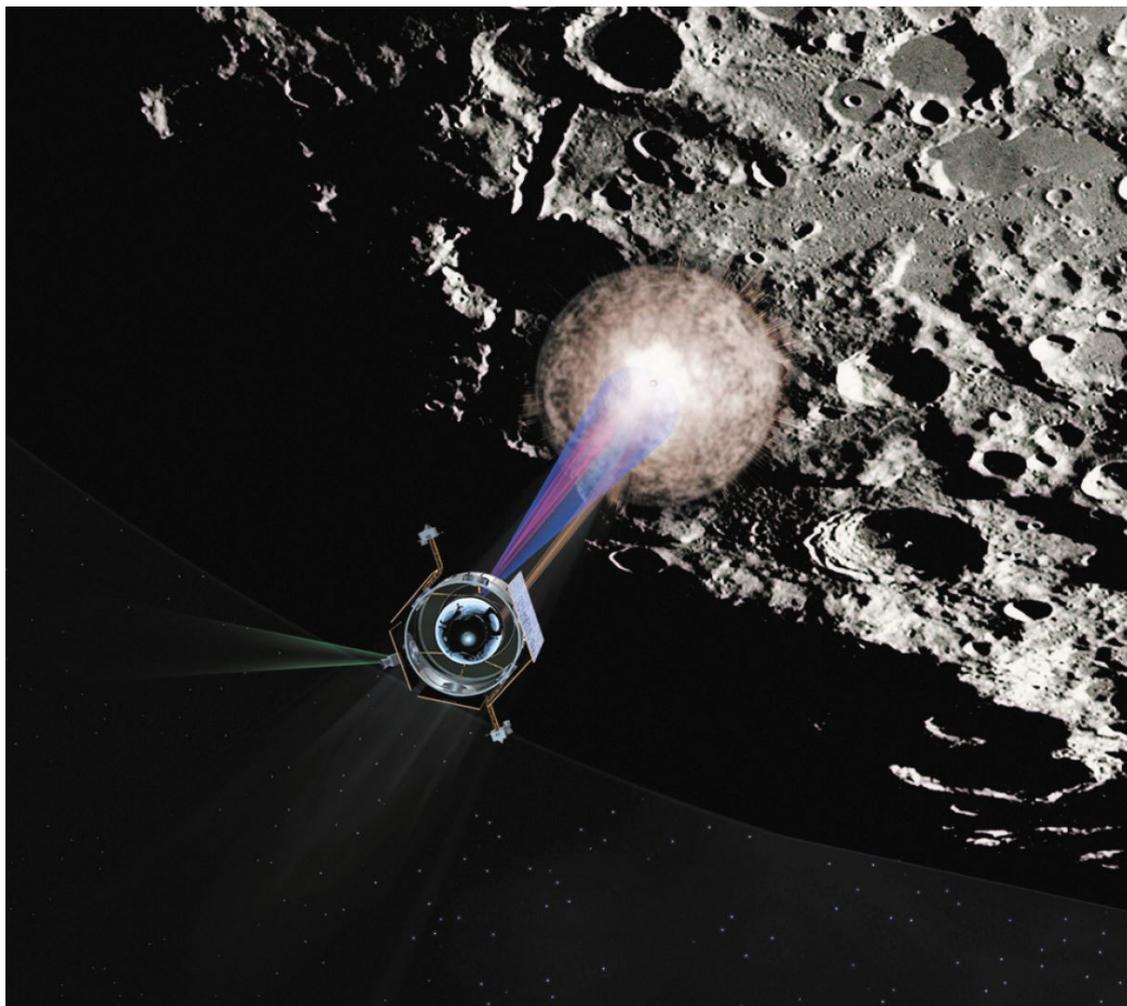
– То, что мы собираемся сделать, повторяет природный процесс, который происходит на Луне четыре раза в месяц независимо от того, находимся мы там или нет, – говорит Колаприт. – Разница лишь в том, что LCROSS метит в специально выбранную цель, кратер Кабео, а законы физики убеждают нас в том, что помеха движению Луны будет предельно ничтожной.

9 октября 2009 года эксперимент состоялся, как было запланировано, и, несмотря на то что облако выброса не удалось увидеть с Земли, LCROSS пролетел сквозь него, собирая и оперативно передавая данные на Землю до того, как сам рухнул на Луну, подняв вторую тучу пыли.

---

<sup>97</sup> Спутник для наблюдения и изучения лунных кратеров». – *Прим. пер.*

<sup>98</sup> В переводе «Центавр». – *Прим. пер.*



*Так художник изобразил автоматическую станцию LCROSS в процессе изучения выброса лунного материала, поднимающегося от удара ракетной ступени. Источник: NASA / Научно-исследовательский центр имени Эймса*

Ракетный блок Centaur массой 2400 кг создал своим ударом кратер размером примерно 25 на 30 м, и, по оценке научной группы LCROSS, от 4 до 6 тонн материала было выброшено вверх со дна вечно темного кратера в освещенное Солнцем пространство над ним и попало в поле зрения приборов LCROSS.

Ученые сумели определить, что в выбросе содержалось значительное количество воды, причем в разных формах.

– Мы зарегистрировали наличие водяного пара, – рассказывает Колаприт в Научно-исследовательском центре имени Эймса, – и, что гораздо более важно, мы зарегистрировали водяной лед. Наличие льда важно потому, что оно свидетельствует об определенном уровне концентрации воды.

Сколько льда может там быть? Как говорит Колаприт, лед на дне кратера лежит «глыбами». Объединенные данные спектрометрических наблюдений на борту аппарата-«пастуха» LCROSS в ближнем инфракрасном диапазоне, ультрафиолете и видимых лучах дают понять, что суммарная масса выброшенного из кратера водяного льда и пара составила 155 кг. Исходя из этого, Колаприт и его коллеги определили, что от 5 до 8 % массы материала дна кратера Кабео приходится на чистый водяной лед.

Дженнифер Хелдман, другой участник научной группы проекта LCROSS, говорит, что данные, полученные инструментами на борту их аппарата, а также информация с борта LRO

(особенно инструмента LAMP, картирующего ультрафиолетового регистратора линий Лайман-Альфа) свидетельствуют, что самым обильным летучим веществом в лунном грунте по отношению к его полной массе является вода, а за ней по убыванию массовой доли располагаются сероводород, аммиак, диоксид серы, ацетилен, углекислый газ и несколько различных углеводородов.

– Мы обнаружили все эти летучие вещества, – говорит она, – то есть, по сути, газы, которые могут конденсироваться при очень низких температурах. Некоторые из моих коллег-ученых считают, что эти зоны вечной тени – своего рода «помойки» Солнечной системы, потому что в них откладывается материал, принесенный ударными и другими процессами, и у молекул, попавших туда, просто не хватает энергии, чтобы куда-то еще «убежать». Так что там имеется обширное вместилище воды и всех прочих веществ, которые застряли на полюсах.

Если люди когда-либо вернуться на Луну, доступ к воде и другим веществам станет важным преимуществом. Лунную воду можно будет пить, а из составляющих ее элементов – водорода и кислорода – можно производить ракетное топливо и пригодный для дыхания воздух.

Хелдман и Колаприт говорят, что результаты изысканий LCROSS коренным образом изменили то, что мы знаем о полюсах Луны.

– Это было настоящее путешествие первооткрывателей, – считает Колаприт. – Мы отправились туда, где никогда не бывали раньше; ученые десятилетиями мечтали изучить зоны вечной тени. Мы не остались разочарованы, хотя некоторые из наших находок до сих пор заставляют нас ломать голову.

Другие недавние открытия тоже оказались с сюрпризами, а также засвидетельствовали наличие большого количества ресурсов на Луне. В 2015 году имеющийся на борту LRO инструмент Lunar Exploration Neutron Detector (LEND, «Лунный нейтронный детектор») <sup>99</sup> определил, что водородосодержащие молекулы, включая, возможно, и воду, более распространены на тех склонах кратеров в южном полушарии Луны, которые обращены к южному полюсу.

Картирующий ультрафиолетовый регистратор линий Лайман-Альфа LAMP – это спектрограф, который сканирует лунный ландшафт и ведет съемку крайне разреженной атмосферы Луны в ультрафиолетовом диапазоне спектра. Он тоже обнаружил на полюсах лед, а также гелий в составе лунной атмосферы в количестве около 40 000 атомов на кубический сантиметр. Но это количество, похоже, циклически меняется в зависимости от температуры поверхности и лунного цикла смены дня и ночи. Планетологи пока еще не определили точно, происходит ли гелий из местных лунных источников или приносится на Луну солнечным ветром.

Вдобавок к этому LEND, LAMP и LOLA обнаружили на поверхности Луны изменения, которые могут быть связаны с явлением так называемой **миграции летучих компонентов**: это означает, что небольшие количества воды и других веществ на Луне могут появляться, исчезать и перемещаться. Хотя механизм этих процессов пока не очень понятен, предполагается, что связан он, опять же, с колебаниями температур во время смены лунного дня и ночи.

Радар на борту LRO, точнее, Miniature Radio Frequency <sup>100</sup> – это радар с синтезированной апертурой, который занимается картографированием Луны, и ему принадлежит заслуга в составлении первой радарной карты обратной стороны. По ходу проекта у этого инструмента появились проблемы с передатчиком, поэтому теперь его группа работает в сотрудничестве с командой радиотелескопа Аресибо в Пуэрто-Рико и проводит **бистатические** или двухпозиционные измерения, чтобы заглянуть на дно приполярных лунных кратеров. Для их выполнения Аресибо посылает радиосигнал, который отражается от Луны, а затем Mini-RF принимает его.

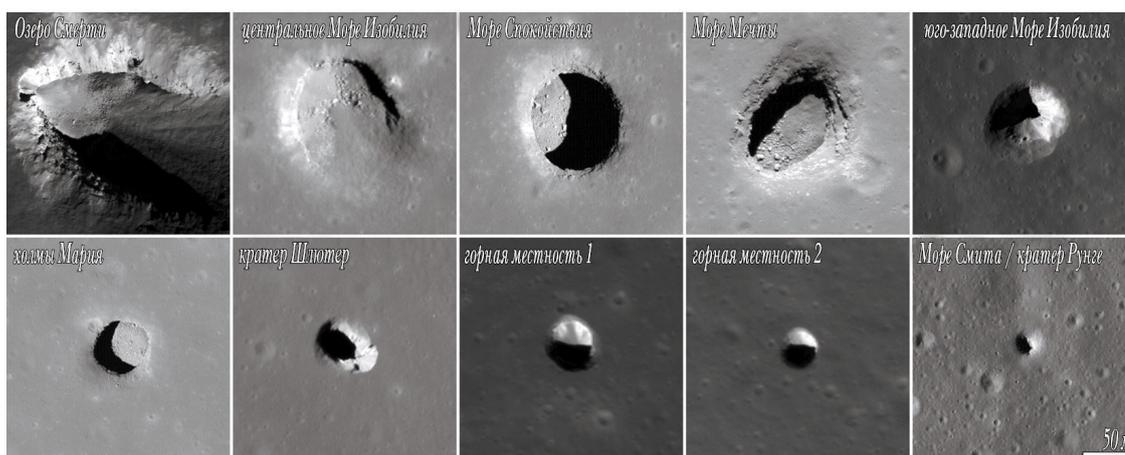
---

<sup>99</sup> Российский научный эксперимент, прибор спроектирован и изготовлен под эгидой Института космических исследований Российской академии наук. – *Прим. пер.*

<sup>100</sup> Mini-RF, «Миниатюрный радиочастотный инструмент». – *Прим. пер.*

– Сделав ряд таких наблюдений с двумя радарными инструментами при различных углах между ними, можно собрать прекрасные данные по залегающему под поверхностью льду, – говорит Вондрак. – Это первый случай, когда была сделана попытка выполнить измерения этим методом с Земли.

Еще Lunar Reconnaissance Orbiter удалось найти более двухсот «пещер» – ям на Луне с крутыми склонами, – которые не только заставляют помечтать (может быть, в будущем появятся лунные спелеологи?), но и могут послужить в качестве укрытий для будущих астронавтов, предоставив им защиту от радиации, микрометеоритов и пыли. Их размеры колеблются от приблизительно 5 до 900 м в ширину. Исследования пещер могут пролить свет на внутреннее строение Луны и историю ее формирования.

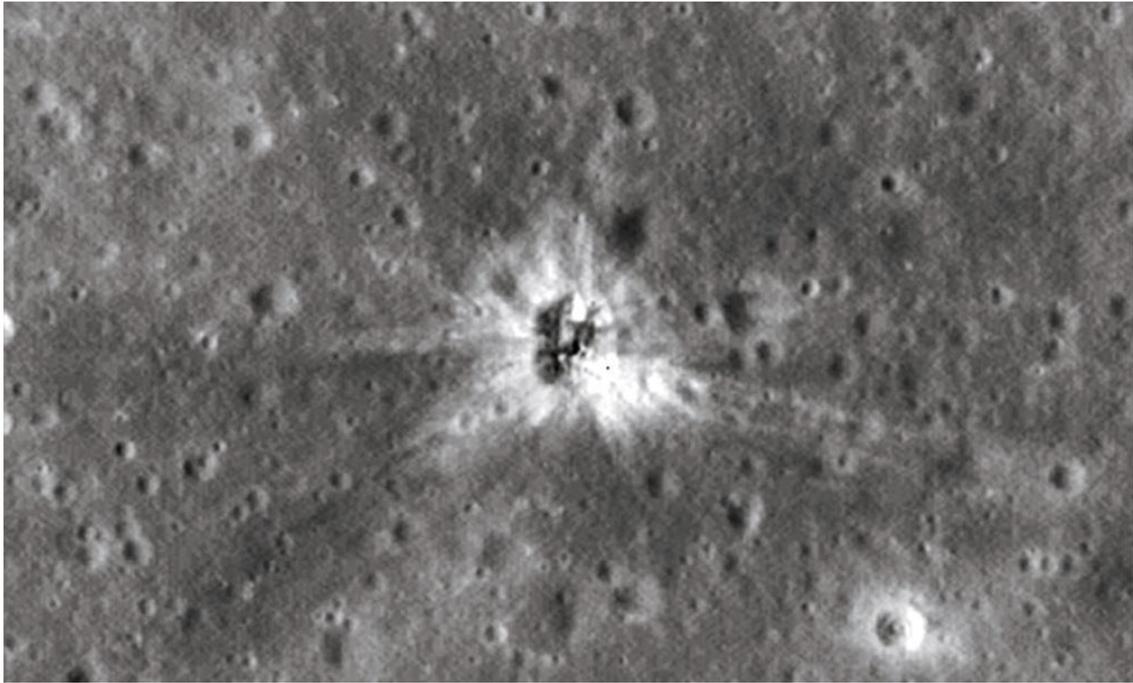


*Фотоснимки различных пещер, или лунных ям, найденных на Луне станцией LRO. На каждом снимке изображена область около 222 м в поперечнике. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

Находка, сделанная при помощи еще одного инструмента LRO, инфракрасного радиометра Diviner<sup>101</sup>, выставляет Луну не такой уж привлекательной перед будущими путешественниками-исследователями, но по-своему исключительной: оказывается, на ней расположено самое холодное место в Солнечной системе. Находится эта леденящая кровь точка, опять же, внутри постоянно затененного кратера вблизи южного полюса Луны. Там, в вечной тьме, температура все время остается на уровне  $-240\text{ }^{\circ}\text{C}$ , или на 33 градуса выше абсолютного нуля – это более низкая температура по сравнению с измеренной на поверхности Плутона, и, вероятно, там холоднее, чем в самых дальних уголках Солнечной системы.

Информация, собранная LRO, говорит о том, что Луна, оказывается, сжимается. Недавно обнаруженные детали лунной коры, скальные образования под названием дольчатые эскарпы, свидетельствуют: Луна испытала глобальное сжатие в геологически недавнем прошлом, и этот процесс может продолжаться и сейчас.

<sup>101</sup> В переводе «прорицатель», «лозоходец». – Прим. пер.



*Свежий ударный кратер, обнаруженный на Луне командой LRO в сотрудничестве с наземными наблюдателями. Источник: NASA / Университет штата Аризона*

– Это похоже на то, как если вы положите апельсин или другой фрукт на солнцепек и он станет засыхать, а на его поверхности появятся морщины и трещины, потому что корка делается слишком большой для фрукта, который теряет свой объем, – описывает ситуацию Вондрак. – Так происходит и с Луной – только там этот процесс исключительно медленный, но тем не менее мы видим хребты-морщины, которые сформировались на ее поверхности из-за медленного сжатия.

Одно из самых замечательных открытий, как говорит Петро, было сделано, когда научная группа, занимающаяся обработкой изображений с камеры, увидела образование новых кратеров.

– Ударные кратеры образуются и сейчас, за последние пять-семь лет мы открыли несколько новых, – говорит он. – Ни один предыдущий аппарат не смог этого сделать, потому что единственный способ опознать кратер, которого раньше не было, – это вести наблюдения в течение продолжительного времени. А ни один из ранее работавших на орбите Луны искусственных спутников не служил дольше двух лет.

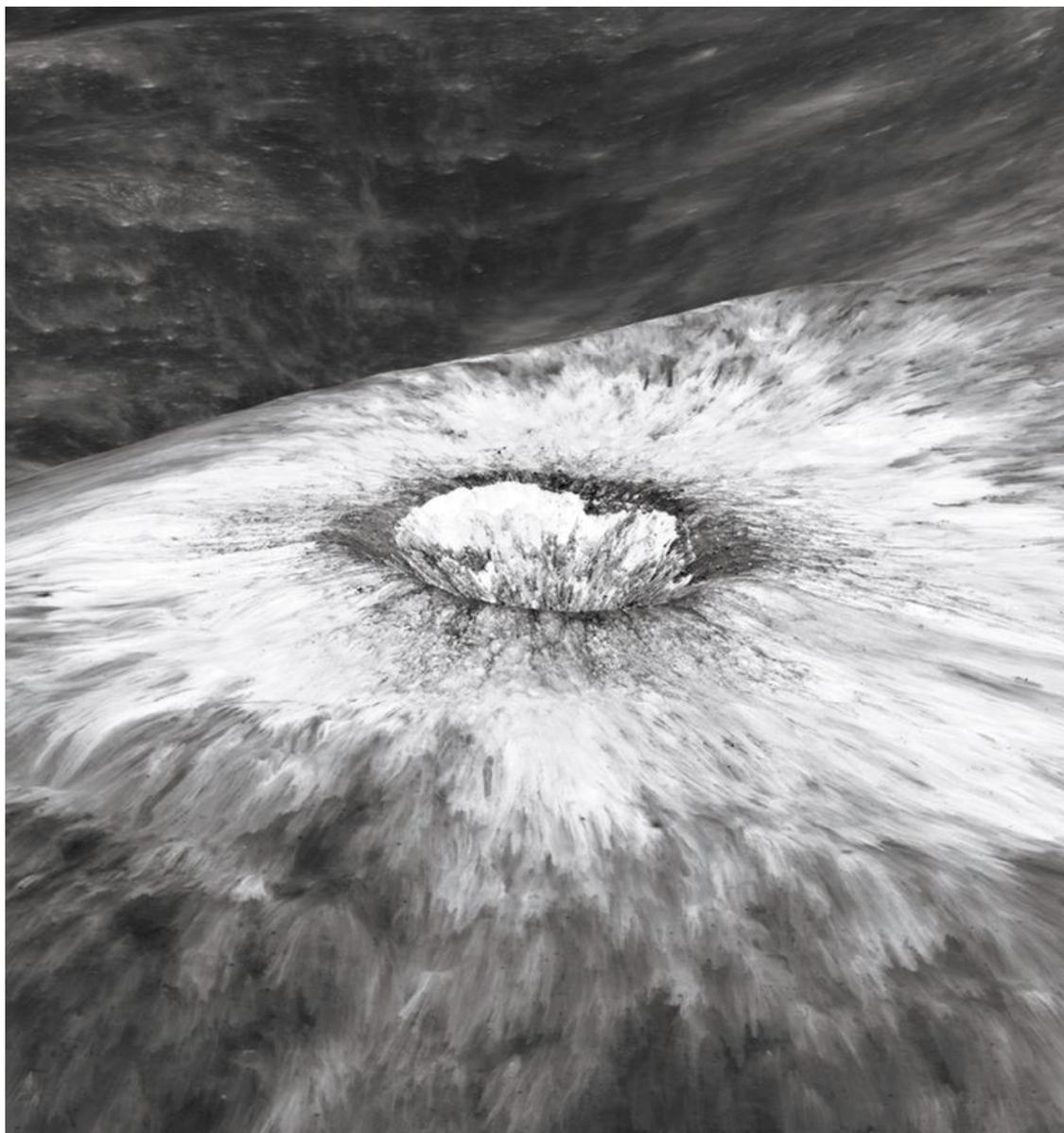
Выяснилось, что метеороиды падают на Луну чаще, чем предполагалось. Группа исследователей в Центре космических полетов имени Маршалла в городе Хантсвилл, штат Алабама, США, следит за Луной и регистрирует такие события, и благодаря комбинации их данных с данными, собранными камерами LROC, каждый год удается обнаружить сотни свежих ударных образований. Группа обработки изображений LROC просматривает старые фотографии, полученные камерой в первые два года программы, и затем сравнивает их со свежими снимками, чтобы найти новые ударные кратеры, которые появились между двумя моментами съемки. Так называемые **временные пары** снимков, подобранные по принципу «до и после», позволяют находить новые места падения космических тел, а также другие изменения рельефа поверхности.

Одно из таких падений стало ярчайшей вспышкой на Луне, зарегистрированной группой из Центра Маршалла. 17 марта 2013 года тело размером с небольшой валун врезалось в поверхность Луны в Море Дождей и взорвалось, создав в 10 раз более яркую вспышку света,

чем любая из ранее зарегистрированных. Команда LROC сумела выполнить съемку примерного района вспышки и нашла кратер, отсутствовавший на предыдущих снимках.

По оценкам ученых, масса упавшего метеороида составляла 40 кг, он имел примерно 0,3 м в поперечнике и столкнулся с Луной на скорости 90 000 км/ч. Случившийся в результате взрыв был эквивалентен подрыву 5 тонн тринитротолуола. Кратер, который получился на месте удара, невелик по меркам лунных кратеров, всего лишь около 19 м в диаметре. Но выбросы от удара разлетелись на сотни метров вокруг. LROC зафиксировала более двухсот связанных с этим событием изменений поверхности на расстояниях до 30 км от точки падения.

– Людям казалось, что Луна – это мир, замерший в неподвижности, что она не меняется, – говорит Вондрак, – но мы доказали, что на ней происходят изменения. Мы снова фотографируем те же самые области, что и раньше, и определяем места свежих ударов космических тел. Мы нашли доказательства наличия льда в кратерах на полюсах Луны, а также полярные пики, которые почти всегда освещаются Солнцем: такие районы могут стать идеальным местом для людей-поселенцев и исследователей, потому что там есть все необходимые для жизни ресурсы.



*Живописный вид под углом на 1400-метровый кратер, который возник на валу более крупного кратера Чаплыгин. Тонкие кружевные линии извергнутого ударом вещества подчер-*

*квивают холмистый и образованный крутыми склонами рельеф, окружающий этот молодой кратер. Наиболее яркая порода была выброшена из самых глубоких участков кратера и оказалась последней порцией материала, покидавшей кратер в момент его молниеносного формирования. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

– Думать, что Луна мертва, неправильно, – говорит Петро. – Мы видим, как на ней происходят изменения, и я всегда стараюсь внушить всем мысль о том, что за все то время, которое LRO провел около Луны, на самой Луне прошло лишь около 80 местных лунных суток. Это соответствует семи годам Земли, но, по-моему, неправильно на Луне считать время именно так. Мы наблюдаем различные процессы на спутнике Земли, протекающие в течение одного лунного дня (29,5 земных суток). Чтобы заметить и отследить характерные местные процессы, надо находиться здесь в течение более длительного времени.

Даже в случае продления полета LRO сможет изучать Луну лишь около сотни лунных суток.

– У нас еще полно научной работы, мы даже и близко не закончили изучение Луны, – уверяет Петро. – Наблюдая Луну на протяжении длительного периода, вы действительно можете уловить эти небольшие вариации и сдвиги. По сути, такие изменения свойственны любому безатмосферному небесному телу, и сказанное относится не только к Луне, но и, например, к астероидам, спутникам Марса и Меркурию. Поэтому, я считаю, наши изыскания помогают людям лучше понять, какие процессы там идут и как они влияют на лишённые атмосфер объекты.

## Луна вблизи

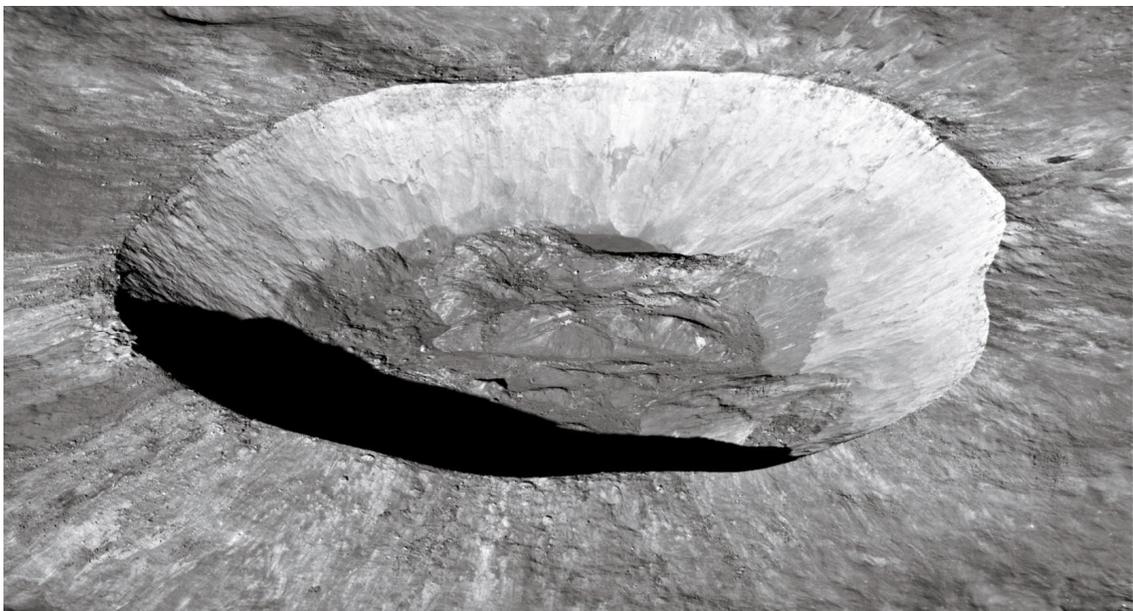
Если вы когда-нибудь смотрели на Луну ясной ночью и думали о том, как было бы здорово увидеть ее вблизи, то вам повезло. Невероятно прекрасные и подробные снимки, полученные камерой LROC, могут заставить вас практически поверить, что вы находитесь там – на орбите небольшой высоты вокруг Луны.

– LROC делает феноменальные снимки Луны, и, пожалуй, в этом тоже заключается польза от проекта – мы можем насладиться ошеломляющей красотой Луны, – говорит Рич Вондрак.

LROC состоит из двух длиннофокусных камер с малым углом обзора, которые могут делать фотоснимки разрешением 0,5 м на пиксель в черно-белой гамме и обладают полосой обзора шириной 5 км на поверхности Луны, и одной широкоугольной камеры, позволяющей получать фотографии разрешением 100 м на пиксель в семи цветовых диапазонах на полосе шириной 60 км. Разница в объеме данных, которые два типа камер получают о лунной поверхности, демонстрируется таким сопоставлением: широкоугольная камера собирает данные для глобальной карты Луны каждый месяц, а длиннофокусные по состоянию на 2016 год отсняли лишь 40 % всей поверхности ночного светила.

Фотографии камер LROC представляют большую научную ценность и при этом показывают нам суровую красоту Луны.

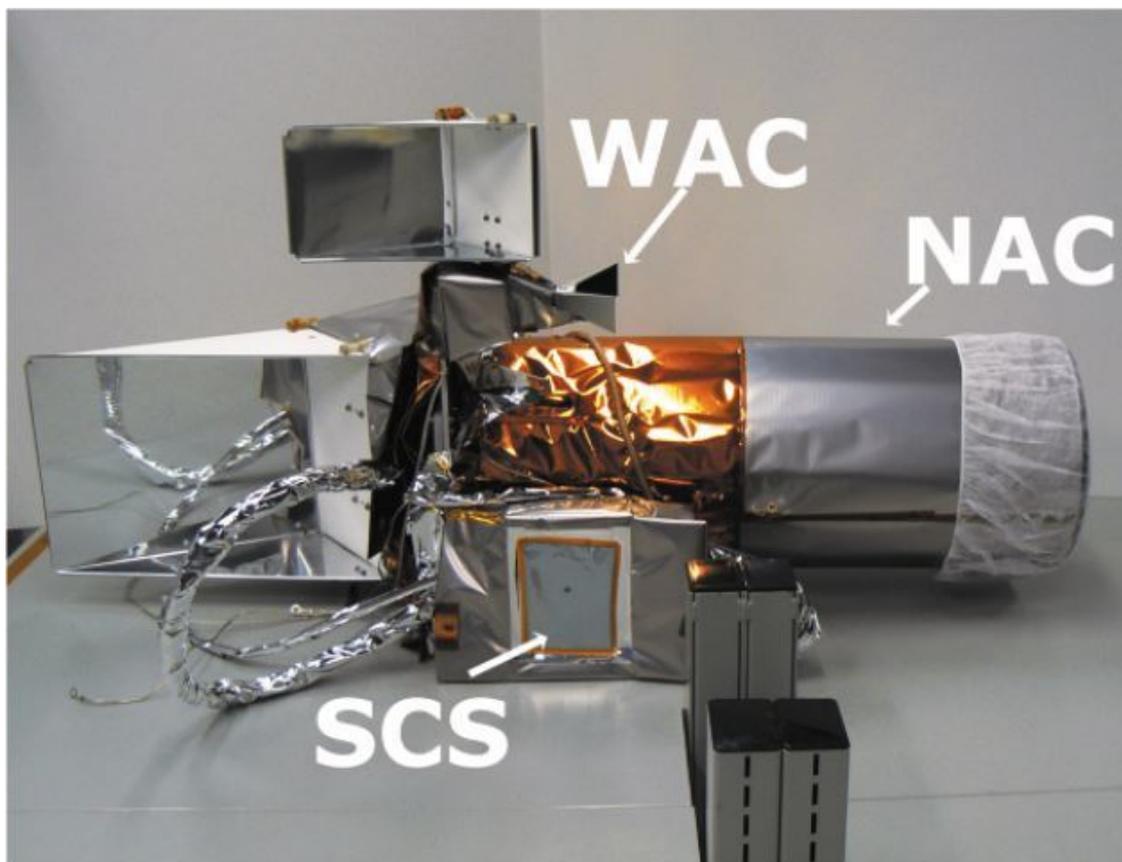
– Камеры LROC были тщательно спроектированы и изготовлены фирмой Malin Space Science Systems (MSSS) из города Сан-Диего, – говорит Робинсон. – В самом деле, именно благодаря целеустремленности, заботливости и вниманию к мелочам сотрудников MSSS комплекс LROC приобрел качества выдающейся системы фотосъемки.



*Впечатляющий вид на кратер Джордано Бруно, на котором хорошо различима высота и острота кромки вала кратера, а также расположенные на его изрезанном дне цепочки холмов. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

Петро соглашается, но добавляет, что есть еще один фактор успеха: этот комплекс камер так хорошо работает благодаря тем людям, которые управляют инструментом.

– Наша команда великолепна, а Марк Робинсон – замечательный человек, – говорит Петро. – Он умеет предвидеть возможность сделать чудесные снимки. Например, он может предсказать, что если мы развернем наш аппарат к такой-то точке, то получим снимок кратера с центральным пиком, который освещен особым образом. Несмотря на то что в первую очередь он думает о научных результатах, которые мы можем получить при помощи нашего инструмента, ему удастся делать неповторимые снимки, и каждый из них по-своему прекрасен.



*На схеме показаны стрелками одна из длиннофокусных камер (NAC, Narrow Angle Camera), широкоугольная камера (WAC, Wide Angle Camera) и подсистема SCS (Sequence and Compressor System) – небольшой электронный компонент, который управляет всеми тремя камерами. Источник: Университет штата Аризона / программа LROC*

Изменения угла падения солнечных лучей выделяют детали лунного ландшафта за счет резкого контраста между освещенными и затененными областями. Тени ведут затейливую игру в заполненных валунами местностях, озаренные солнцем горные пики вырисовываются на фоне затененных окрестностей, кратеры зияют и манят заглянуть в них – так детально вы можете лицезреть Луну, «пойманную» на снимках LROC. Глядя на них, вы понимаете, что Луна сама по себе – мир завораживающей красоты, мир, живущий своей жизнью. Приходит осознание того, насколько прав был Баз Олдрин, сказав о лунном пейзаже: «Величественное запустение».

Изучая глобальные виды, полученные широкоугольной камерой при различных условиях освещения, можно увидеть даже плохо заметные детали. Даже при том что LRO мчит над Луной со скоростью около 1600 м/с, все фотографии исключительно четкие. Время экспозиции камер LROC составляет 0,3 миллисекунды, что в три раза короче, чем у самых быстродействующих потребительских фотоаппаратов.

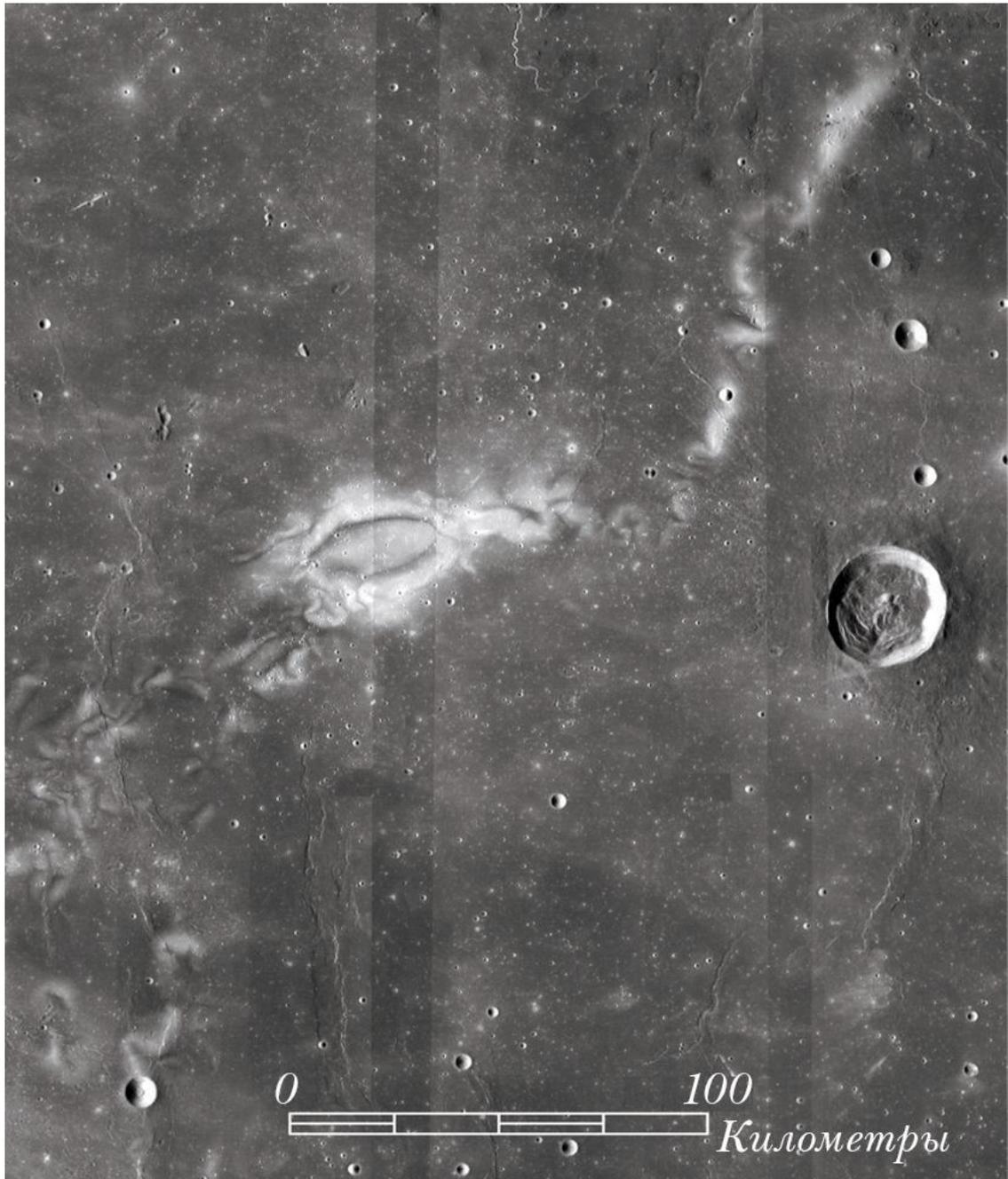
Каждые сутки LROC выполняет примерно 400 сеансов наблюдений, причем 300 приходится на длиннофокусные камеры и 100 – на широкоугольную. Объем собранных данных составляет 50 Гбайт, которые ежедневно пересылаются на Землю. Имеющаяся на борту LRO электронная Sequence and Compressor System<sup>102</sup> поддерживает обработку изображений, получаемых с обеих камер.

Около 90 % всех действий, необходимых для наведения камер на цель, передачи данных и обработки изображений выполняется автоматически. Как говорит Робинсон, без автоматизации они бы никак не смогли совладать с таким огромным потоком данных. Но даже при глубокой автоматизации процесса требуется, чтобы 20–30 специалистов из группы построения изображений LROC управляли этим инструментом из выделенного Центра управления в Университете штата Аризона.

LRO не фотографирует постоянно все, что попадает на его пути. Планетологи выбирают на лунной поверхности определенные цели, наблюдение которых может помочь им ответить на определенные вопросы. Когда планируется программа съемок, требуется учитывать несколько разных факторов: условия освещения, температуру, различные углы, время. По словам Лилиан Острах, которая начала работать в научной группе LROC еще как студентка-выпускница Аризонского университета и теперь является научным сотрудником Центра имени Годдарда, решения о выборе целей принимаются коллективно.

---

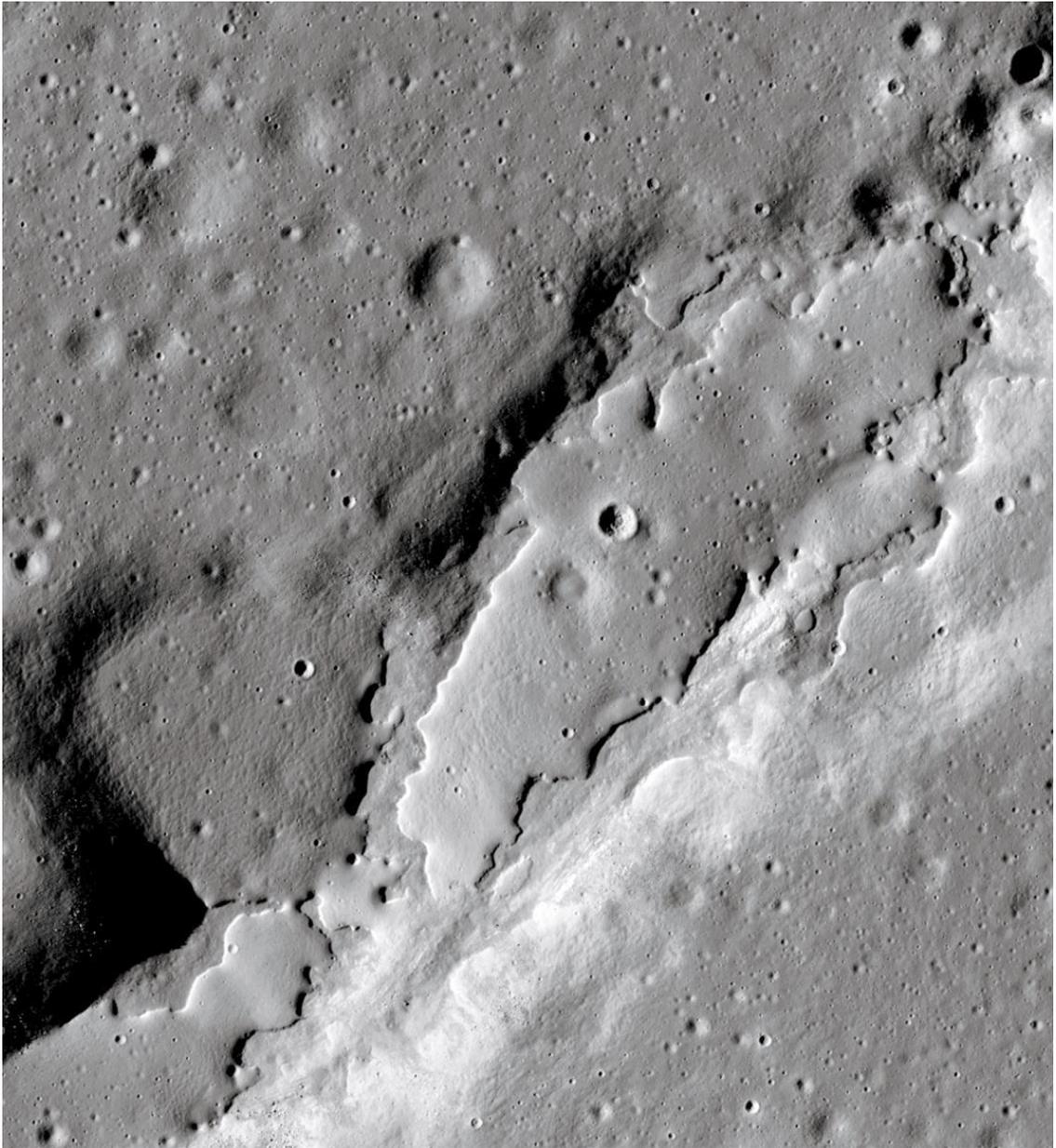
<sup>102</sup> SCS, «Система оцифровки и сжатия». – *Прим. пер.*



*Сделанная аппаратом NASA Lunar Reconnaissance Orbiter фотография светлой структуры с завихрениями под названием Рейнер Гамма. Источник: научная команда широкоугольной камеры LRO (NASA)*

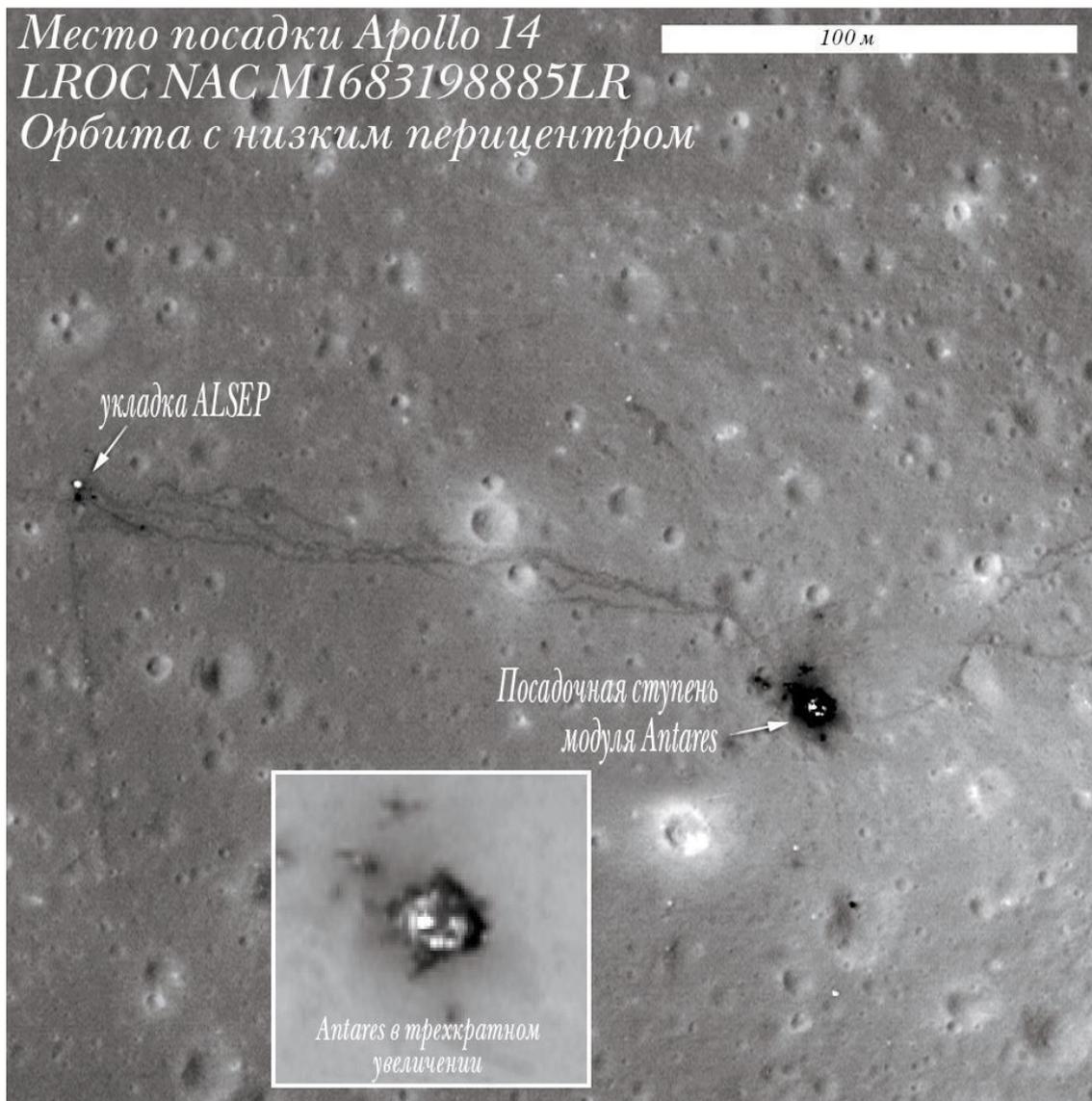
– Есть международная команда ученых, которые дают нам задание, а оперативная группа помогает нам определить, какие места на Луне можно будет снять, – говорит она. – В нашей же группе все заняты процессом наведения инструмента на цель, получением и обработкой изображений.

Когда полет аппарата LRO только начинался, одной из главных задач, поставленных перед ним, было изучение поверхности естественного спутника Земли в метровом разрешении, чтобы определить расположение возможных будущих мест посадки различных аппаратов. Это включало поиск волнующих геологов мест на Луне, которые в то же время представляли бы собой безопасные посадочные площадки.



*Потоки лавы когда-то растеклись по котловине этого большого провала. Отсутствие ударных кратеров и крутые склоны доказывают, что извержение происходило довольно недавно. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

Но в настоящее время цели группы LROC изменились, и этот инструмент помогает познавать геологическую историю Луны путем изучения свойств лунного реголита, составления минералогических карт лунной поверхности при помощи широкоугольной камеры, создания детальных цифровых моделей поверхности при комбинации стереоскопических съемок длиннофокусными камерами с данными лазерного альтиметра LOLA, а также определения интенсивности идущей сейчас метеоритной бомбардировки поверхности через измерение частоты появления новых кратеров.



Тропинки, оставшиеся в тех местах, где ходили астронавты Алан Шепард и Эдгар Митчелл из экипажа Apollo 14 во время выходов на лунную поверхность, видны на этом снимке места их посадки, сделанном LRO с самой низкой рабочей орбиты<sup>103</sup>. Также видно посадочную ступень лунного модуля, который назывался Antares<sup>104</sup>. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона

При помощи анализа снимков LROC было установлено, что в очень недавнем прошлом на Луне действовали вулканы. Ранее ученые считали, что лунный вулканизм закончился около миллиарда лет назад. Но данные фотографий, полученных про помощи LROC, помогли исследователям лучше датировать время лунных извержений и понять, что они не прекратились резко, а постепенно сошли на нет. Многие из характерных отложений вулканических пород на снимках LROC имеют возраст менее 100 млн лет, а некоторые области могут быть моложе 50 млн лет.

Места прилунения экспедиций Apollo всегда вызывали особый интерес, и в определенный момент программы рабочая орбита LRO была снижена так, что часть ее пролегла

<sup>103</sup> В конце второго выхода на поверхность Шепард выполнил знаменитые удары клюшкой по двум мячикам для гольфа. – Прим. авт.

<sup>104</sup> В честь звезды Антарес. – Прим. пер.

всего лишь в 21 км над некоторыми участками лунной поверхности. На этой крайне низкой орбите представилась возможность получить более отчетливые виды исторических мест посадок Apollo.

– Для меня эти более поздние снимки были волнующими не меньше, чем первые, и даже, может быть, больше, – говорит Робинсон. – Мы теперь находились гораздо ниже, и Солнце стояло выше над горизонтом, поэтому следы и оборудование получились на фото гораздо более отчетливыми. Кроме того, мы повторили фотосъемку много раз при различных углах освещения Солнцем. Сравнение вида мест посадок при разных условиях освещения позволило как следует разглядеть их и заново интерпретировать геологический контекст каждого места забора проб.

Например, глядя на серию снимков мест прилунений Apollo, специалисты смогли понять, что все флаги, поставленные астронавтами, до сих пор стоят, за исключением флага экспедиции Apollo 11, который упал.

– Баз Олдрин говорил, что он наблюдал, как флаг Apollo 11 повалился под ударом струи газов, истекающих из двигателя лунного модуля, – сказал Вондрак, – и мы подтвердили этот факт на снимках LRO – они согласуются с кинокадрами, снятыми с борта лунного модуля. На снимках с борта LRO виднеются тени от стоящих флагов на других точках посадки, но, вероятно, флаги эти выцвели и покособились от воздействия радиации и жесткого ультрафиолета.

Вондрак говорит, что снимки LROC помогли понять контекст находок лунных камней, привезенных астронавтами, и к тому же разрешить несколько загадок.

– Одной из самых больших странностей, связанных с полетом Apollo 14 с высадившимся на Луну экипажем из Эдгара Митчелла и Алана Шепарда, – рассказывает Рич Вондрак, – стали те пробы камней, которые они набрали во время похода к небольшому кратеру под названием Конус. Им так и не удалось дойти до вала кратера, и они не знали, насколько близко подошли. Те места, где астронавты подобрали камни, были не очень хорошо документированы. Митчелл и Шепард делали фотографии, но никому не удавалось найти детали рельефа, которые были на их фотоснимках, среди других орбитальных данных. И для геологов было загадкой, какое происхождение имели эти камни из экспедиции Apollo 14.

Острый взгляд LRO позволил понять, куда ходили астронавты, фотографии зафиксировали их следы, ведущие к точкам маршрута около больших глыб, где астронавты останавливались.

– Так что теперь мы очень хорошо понимаем, откуда именно взялись те камни, – говорит Вондрак. – И еще знаем, что астронавты могли бы дойти до края того кратера, если бы продвинулись еще на 30 м вперед. Они выполнили свою научную задачу и привезли пробы со склона кратера вблизи кромки его вала, но упустили возможность полюбоваться живописным видом котловины кратера Конус.

Астронавт экспедиции Apollo 17 Харрисон Шмитт (по прозвищу Джек), единственный геолог, побывавший на Луне, просматривал данные, полученные с орбиты камерами LROC, потому что оставался нерешенным вопрос, в пределах каких образований он со своим товарищем по полету Юджином Сернаном собрал пробы грунта и камней. Шмитт работает совместно с Робинсоном и Петро, и они написали научную статью о своей находке.

– Был проведен повторный анализ окрестностей места посадки Apollo 17 в свете данных LROC и некоторых других полученных недавно данных, – говорит Петро. – То, что сумел обнаружить Джек и с чем, я думаю, мы все согласны: возраст поверхности в этом районе иной, чем мы считали предыдущие 45 лет. У нас не было всей полноты описания ситуации, но с помощью LROC удалось получить новую информацию, и это заставляет поставить под вопрос некоторые заключения и предположения, ранее сделанные по поводу экспедиционной площадки. Это было невероятно.

Все снимки LROC определенно говорят о том, что Луна – место завораживающее. В 2016 году они были выставлены на специальной экспозиции под названием «Восход новой Луны» в Смитсоновском национальном авиационно-космическом музее в Вашингтоне, округ Колумбия, США. Мне выпал шанс посетить эту выставку, и на меня произвели неизгладимое впечатление огромные, во всю стену, панорамы Луны, показывающие мельчайшие детали. На больших снимках видны даже самые маленькие изменения оттенков лунной поверхности, и суровая прелесть Луны становится еще более явной. Эти снимки вы можете сами посмотреть на веб-сайте программы LROC (<http://lroc.sese.asu.edu/>), где хранится больше миллиона фотографий архива LROC.

Робинсон сказал, что надеется: красота таких фотографий пробудит интерес к Луне, а виды мест прилунения экспедиций Apollo, быть может, вдохновят людей на возвращение туда.

– Для меня фото, полученные камерами LROC, открыли, каким таинственным и прекрасным местом может быть Луна – целый мир всего лишь в трех днях пути от нас.

## Будущее Луны

Пока неясно, сколько еще будет продолжаться вахта спутника Lunar Reconnaissance Orbiter на орбите Луны, и появятся ли рядом с ним новые орбитальные аппараты или, быть может, люди-исследователи. Двумя новыми проектами NASA, в рамках которых недавно были запущены к Луне автоматические аппараты, стали парные аппараты GRAIL<sup>105</sup>, они провели тщательные измерения гравитационного поля Луны (проект закончился в 2012 году), и спутник LADEE (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer, Исследователь лунной атмосферы и пылевой среды). Последний детально изучал лунную атмосферу до момента прекращения работы в 2014 году.



*С точки на орбите Луны, где находился тогда аппарат, LRO удалось запечатлеть этот уникальный вид Земли, пробуждающий воспоминания о легендарном снимке «Голубой шар», который сделали астронавты одной из экспедиций Apollo. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / Университет штата Аризона*

---

<sup>105</sup> Gravity Recovery and Interior Laboratory, Лаборатория по восстановлению картины гравитационного поля и внутреннего строения. – Прим. пер.

Все ученые и инженеры, с которыми я общалась в процессе создания этой книги, надеются, что программа NASA по исследованию Луны автоматами продолжится без отклонений и что американскому космическому агентству удастся задумать и реализовать продолжительную программу освоения Луны с ясными целями и задачами, где будет предусмотрена совместная работа автоматических аппаратов и людей, что даст толчок к развитию изобретений и новой техники. Это принесет пользу всем жителям Земли, так же как и поощрение тяги к исследованию новых пространств и выход за рамки ранее сдерживавших нас границ – в научном, технологическом и философском смыслах.



*Ноа Петро. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда*

С точки зрения некоторых, Луна – это наши «ворота», пройдя которые мы сможем исследовать всю остальную Солнечную систему. Кроме государственных космических агентств, интерес к изучению Луны проявляют и коммерческие компании, примером чего является инициатива Google Lunar XPRIZE. Компания учредила приз в 30 млн долларов для частной команды, которая сумеет посадить аппарат-луноход собственного изготовления на Луну, пройти по поверхности 500 м и передать оттуда фото и видеокadres высокого разрешения. Согласно нынешнему расписанию конкурса, до конца 2016 года команды-участники должны объявить о подтвержденном контракте на запуск, а в 2017 году выполнить полет<sup>106</sup>.

– Я мечтал о полете на Марс, – говорит Вондрак. – Я надеялся, что к тому моменту я еще буду жив и буду аплодировать перед телевизором, когда наши астронавты пройдут по Марсу. Но эта планета очень далеко, добираться туда дорого и еще слишком рискованно. А Луна – наша ближайшая соседка, и теперь благодаря LRO мы хорошо изучили ее и знаем, где можно безопасно сесть и куда отправляться в поисках ресурсов. Программа Apollo позволила нам

<sup>106</sup> Конкурс Google Lunar XPRIZE окончился 31 марта 2018 года: ни одна из команд-участников не сумела доставить свой аппарат на Луну в заявленные сроки, и первая премия осталась неприсужденной. – Прим. пер.

посетить Луну, а наш следующий шаг должен состоять в том, чтобы научиться жить и работать на ней. Сделав это, мы будем готовы двигаться к Марсу и дальше в глубины космоса.

Автоматические аппараты, наподобие LRO, продолжают свои исследования, но управляет ими человеческое любопытство.

– Все проекты, в конечном счете, выполняют люди, – говорит Петро. – В нашем проекте LRO участвуют все научные группы каждого инструмента, а также команда в Центре Годдарда, которая осуществляет все, что ученые пожелают, и без них наша работа не состоялась бы. У нас был бы просто кусок металла, летающий вокруг Луны. Я благодарен за то, что принимаю участие в таком проекте и имею возможность работать в этой прекрасной команде. Это действительно особая компания людей.

## Глава 10

### Глядя в будущее: проекты и открытия, которые нельзя пропустить

#### Космические тягачи

– То, что я вам сейчас покажу, это и есть будущее, – сказал Фрэнк Сеполлина, с проворством ведущий меня в глубину Центра роботизированных операций при отделе обеспечения обслуживания спутников в Центре космических полетов имени Годдарда. – Но только не прямо-таки предмет из будущего, а шаг на пути к нему.

В этой внушительной лаборатории имеется несколько зон, где идет отработка операций различных промышленных роботов-манипуляторов с макетами спутников.

Техники возились с одним из манипуляторов, а специалисты, которых здесь прозвали «робоводами», работали у компьютерных терминалов. В одном конце обширного помещения выделялась солидных размеров модель пятиметрового валуна, которая играла роль части астероида, – ее со всех сторон охватывали огромные металлические «ноги».

Сеполлина показался мне одновременно и овеянным ореолом легенды, и простым, теплым в общении, своим человеком, напомнившим мне отца. Он старался, чтобы я чувствовала себя почетным гостем в, как он выражался, «его» лаборатории. «Я хочу показать вам все мои игрушки», – улыбнулся он. Когда Сепи проходил мимо рабочих мест, специалисты и техники бросали все, чем бы они ни занимались, и взволнованно приветствовали своего шефа.

В этой гигантской лаборатории «ребятки» Сепи, как он их называет (и неважно, сколько им лет), работают над технологиями и операциями, которые могут потребоваться для разнообразных типов космических программ, включая дозаправку при помощи робота и проекты по ремонту спутников на орбите. Они же занимаются испытаниями оборудования для предлагаемого NASA проекта по перенаправлению астероидов (Asteroid Redirect Mission), в ходе которого автоматический аппарат поднимет многотонный валун с поверхности какого-нибудь астероида и доставит его на устойчивую окололунную орбиту.



*Центр роботизированных операций является площадкой для испытаний технологий обслуживания космических аппаратов, которые помогают и научным, и исследовательским программам. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / отдел обеспечения обслуживания спутников*

Как вы помните из главы 3, Сеполлина возглавлял экспедиции по ремонту «Хаббла». Теперь он заместитель директора отдела обеспечения обслуживания спутников и, в частности, внес свой вклад в разработку нового проекта Restore-L<sup>107</sup> (в ходе которого аппарат-робот, оснащенный специальными инструментами и техникой, будет заниматься операциями по продлению срока службы различных спутников, даже таких, которые не задумывались с учетом возможности их ремонта на орбите).



*В будущем так может выглядеть космический аппарат Restore-L, который будет построен с применением инструментов, технологий и методик, необходимых, чтобы продлить сроки эксплуатации различных спутников, даже если они и не проектировались с учетом возможности ремонта на орбите. Источник: NASA*

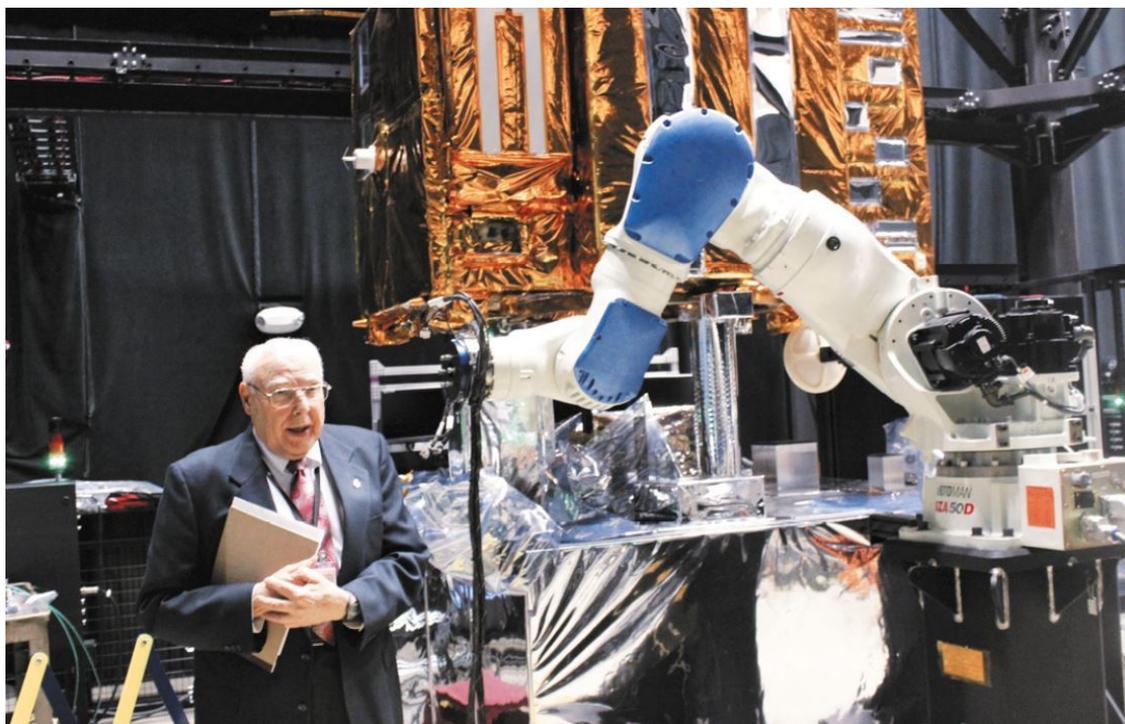
– Когда была прекращена эксплуатация космических шаттлов, – объясняет Сеполлина, – первое, чем мы занялись, – это размышлениями о том, как бы мы могли выполнять орбитальные операции вроде ремонта, обслуживания или научных изысканий как раньше, но без астронавтов и космического корабля. Весь предыдущий путь развития привел нас к идее создать робота, который мог бы действовать как космический тягач, только без водителя. Он сможет добираться до спутников, которые «заболели», – таких, каким требуется ремонт, или, может быть, неправильно раскрылась антенна, или они нуждаются в дополнительном топливе.

---

<sup>107</sup> От слова «починить» в переводе. – Прим. пер.

В отделе обеспечения обслуживания спутников были разработаны интеллектуальные программы, которые смогут управлять таким «тягачом», чтобы он мог в автономном режиме догнать потерявший управление спутник или вращающийся метеороид.

– Даже если наш объект, космический аппарат или метеороид, будет кувыркаться, поворачиваться и вращаться, – говорит Сеполлина, – роботизированные манипуляторы нашего тягача достаточно умны, чтобы понять характер движения такого объекта, рассчитать скорость вращения и ухватить его.



*Фрэнк Сеполлина с роботом-манипулятором фирмы Motoman в Центре роботизированных операций. Источник: Нэнси Аткинсон*

Хотя идея заключается в том, что аппарат будет автономно сближаться и стыковаться с нужным объектом в космосе, замечательная особенность этой системы, говорит Сеполлина, в том, что операторы на Земле смогут управлять роботом-манипулятором удаленно, выполняя, таким образом, тончайшую работу. На случай необходимости ремонта спутника в космосе этой командой разработаны схемы операций, не зависящие от вида и конструкции спутника-цели.

Чтобы обеспечить эту возможность, NASA начало сотрудничать с инженерами, разработавшими хирургический робот «да Винчи», который может выполнять сложные хирургические вмешательства в телеоператорном режиме – от крошечных, производимых компьютером разрезов для кардиохирургии до удаления раковых опухолей. И хирургический, и космический роботы используют систему трехмерной визуализации, чтобы их действиями можно было управлять издалека.

В лаборатории роботизированных операций стены выкрашены в черный цвет, а окна задернуты плотными шторами, поэтому, когда выключается свет, в помещении сгущается настоящая космическая тьма.

– У нас есть искусственные источники света, которые имитируют сияние, отблески и мерцание, характерные для космоса, – объясняет Сеполлина, – и этот зал превращается в тренажер с погружением, где находятся полноразмерные макеты частей нескольких разных спутников, и наши «робоводы» могут практиковаться с ними в довольно схожих с реальностью условиях, видя на экранах своих компьютеров то же самое, что они наблюдали бы, если бы наш

«тягач» уже работал на спутнике, летящем в космосе. Мы тренируемся, тренируемся и тренируемся, чтобы быть уверенными, что те сложные навыки, которые мы стараемся выработать, действительно доступны для освоения.

Недостатком, присущим телеуправляемым роботам, является то, что они действуют медленнее, чем мог бы находящийся на их месте человек.

– Но зато они не просят есть и не хотят спать, – улыбается Сеполлина. – И мы можем организовать посменную работу «робоводов» здесь, на Земле.

Какие же спутники можно будет таким образом починить?

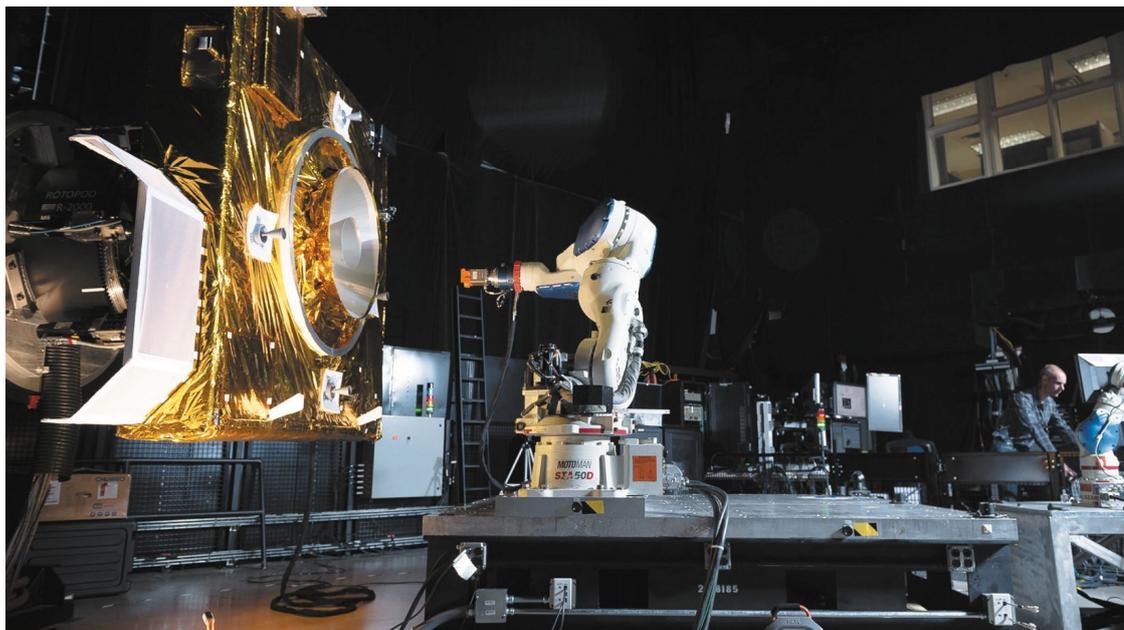
– На высоких геосинхронных орбитах накоплено оборудования на миллиарды долларов, – говорит Сеполлина об орбитах, высота полета спутника на которых примерно составляет 35 786 км над Землей<sup>108</sup>. Орбиты такого типа представляют собой идеальное расположение для приблизительно четырехсот<sup>109</sup> метеорологических, связных и наблюдательных спутников. – Там, куда вообще не мог долететь шаттл, находятся аппараты NASA, Национального управления США по исследованию океанов и атмосферы, военные и коммерческие спутники. Это большое количество наших потенциальных клиентов.



*Камеры, мониторы и компьютерные рабочие станции – это глаза и мозг испытательного центра, и операторы, такие как запечатленный на снимке Джо Изли, могут с их помощью без помех наблюдать в деталях, что делают роботы, которым они отдают команды. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / отдел обеспечения обслуживания спутников*

<sup>108</sup> Главная характеристика геосинхронной околоземной орбиты – равенство большой полуоси 42 164 км. В том случае, когда эксцентриситет и наклонение такой орбиты равны нулю, орбита приобретает вид геостационарной – это частный случай геосинхронной орбиты. При движении по геостационарной орбите все время спутник остается на высоте 35 786 км над одной и той же точкой земного экватора. – Прим. пер.

<sup>109</sup> Речь идет о работающих на момент написания книги спутниках. С учетом вышедших и выведенных из строя аппаратов их количество на геосинхронных орбитах в данный момент превышает тысячу. – Прим. пер.



*Набор роботов и макетов оборудования в Центре роботизированных операций при отделе обеспечения обслуживания спутников в Центре космических полетов имени Годдарда помогает имитировать и отрабатывать на практике задачи обслуживания спутников, такие как операция по безопасному захвату спутника-клиента. Источник: NASA / Центр космических полетов имени Годдарда / отдел обеспечения обслуживания спутников*

Запуск космического аппарата Restore-L запланирован на 2019 год, и его задачей станет встреча, стыковка, дозаправка и перевод на другую орбиту с целью продления срока службы правительственного спутника, чье название пока не разглашается. Если этот проект окажется успешным, то можно надеяться, что технологии орбитального обслуживания космических аппаратов будут использоваться в других проектах NASA, в том числе научно-исследовательских. Кроме того, при том что эта техника разрабатывается в NASA, есть надежда, что она сумеет дать начало новой технологической отрасли обслуживания спутников.

Именно об этом и мечтает Фрэнк Сеполлина.

– Меня всегда поражало, как же так мы просто бросаем сломавшиеся спутники на орбите, – расстраивается Фрэнк. – Мне казалось, должен быть способ их чинить, ради как экономической выгоды, так и той пользы, которую научные аппараты могут принести ученым. Мне хотелось отыскать возможность чинить и совершенствовать спутники в полете.

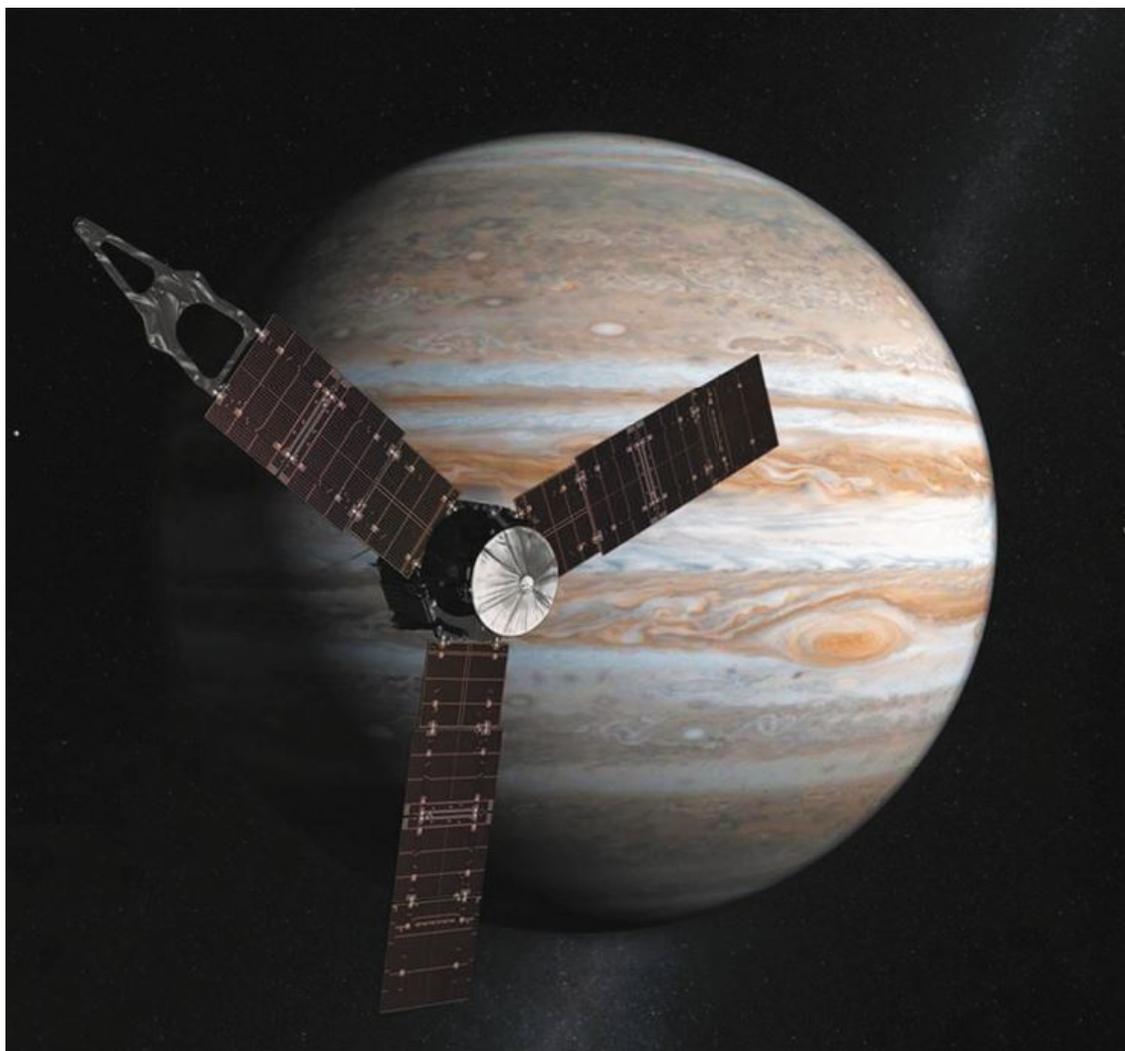
При помощи транспортной пилотируемой системы Space Shuttle Сеполлине и его команде удалось выполнить шесть экспедиций обслуживания (пять к «Хаббл» и одну – для ремонта спутника Solar Max). Так что, несмотря на то что идея не новая, отдел обеспечения обслуживания спутников разрабатывает телеоператорную технологию, которая необходима для ее успешной реализации.

– Шаттлов теперь нет, но из опыта работы с астронавтами мы взяли все самое лучшее и адаптировали применявшиеся ранее инструменты для того, чтобы их могли использовать роботы, – объясняет Сеполлина. – Мы надеемся, что достигнем той точки, когда, как это было с «Хабблом», мы сможем продлить срок работы спутника на много-много лет.

Начиная с 2011 года на Международной космической станции проводится эксперимент Robotic Refueling Mission<sup>110</sup>, который демонстрирует возможности средств, технологий и методик для обслуживания спутников, разработанных в отделе обеспечения. В его рамках опе-

<sup>110</sup> Дозаправка при помощи робота». – Прим. пер.

раторы из Космического центра имени Джонсона в Хьюстоне, США, управляют сконструированной канадскими инженерами рукой-манипулятором и большим двуруким роботом под названием Dextre<sup>111</sup>, которые располагаются на борту МКС снаружи. На станцию будет доставлена новая экспериментальная база для проверки и испытаний новых режимов использования роботов. Идея, опять же, состоит в том, чтобы в конечном итоге разработать технологию для обслуживания спутников, а затем предоставить ее коммерческим компаниям, которые смогут развить на ее основе бизнес.



*Стартовавшая в 2011 году автоматическая межпланетная станция *Junо* («Юнона». – Прим. пер.) прибыла на орбиту Юпитера в июле 2016 года с целью изучения планеты-гиганта с эллиптической полярной орбиты. *Junо* совершает близкие «нырки» к планете и ее мощным радиационным поясам, состоящим из заряженных частиц. Путь от одного полюса Юпитера до другого занимает у станции примерно час, и в точке наибольшего сближения она подходит к облачному слою планеты на расстояние до 5000 км. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

– Мы делаем все что угодно, и суть того, что мы делаем, заключается в том, что мы развиваем наши возможности изобретения новых технологий и получения новых знаний о Вселенной, – говорит Сеполлина.

---

<sup>111</sup> В переводе «Ловкий». – Прим. пер.

Даже отметив восьмидесятилетний юбилей, Фрэнк Сеполлина продолжает мечтать, как мальчишка. Последняя экспедиция обслуживания к «Хаббл» породила у него идею о том, что большой телескоп можно построить прямо на околоземной орбите.

– Museo Galileo (музей Галилео Галилея) в итальянской Флоренции изготовил точную копию самого первого сделанного Галилеем 400 лет назад телескопа, чтобы астронавты взяли его с собой в тот полет, – вспоминает Сеполлина. – Когда все работы были закончены, астронавты достали его и сфотографировали на полетной палубе шаттла на фоне окна, за которым виднелся «Хаббл». Я сказал тогда: «Смотрите, что это значит: прошло 400 лет, а мы увеличили апертуру лишь с одного дюйма (25 мм) до ста дюймов (254 см). Это слишком мало! Пора уже нам двигаться дальше».

Замысел Сеполлины заключается в сооружении 1000-дюймового (с диаметром зеркала свыше 25 м) телескопа, сегменты гигантского зеркала которого будут совместно монтироваться людьми и роботами в космосе.

– Так мы можем получить действительно новые возможности и заняться поисками жизни в нашей Галактике, – страстно уверяет меня Сеполлина. – Это и есть моя конечная цель – раздвинуть пространство воображения нашего народа. Я смотрю на это как на воссоединение роботов и астронавтов, которое должно случиться вновь, и тогда роботы займутся трудоемкими работами, а люди – сложными, трудоемкими решениями. Когда мы соединим то и другое, результат получится исключительно успешным!

## **На горизонте**

Давайте рассмотрим несколько недавних и предстоящих межпланетных космических проектов, каждый из которых является образцом уникального и интересного использования автоматов в исследованиях космического пространства.

## Изучение Юпитера вблизи: Juno

**Запуск: Август 2011 года.**

**Прибытие к цели: Июль 2016 года.**

**Окончание работы: Февраль 2018 года<sup>112</sup>.**

Юпитер – самая массивная планета в Солнечной системе, вокруг него обращается целый зоопарк спутников, и он обладает сверхмощным магнитным полем – словом, он похож на Солнечную систему в миниатюре. Ученые говорят, что если понять, как устроен Юпитер и как он сформировался, то можно ответить на многие вопросы не только об этой гигантской планете, но и о том, как образовалась планетная система, в которой мы живем.



*АМС Juno во время одного из проходов на малой высоте над Юпитером, в представлении художника. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Новая программа исследования Юпитера началась в июле 2016 года, когда на орбиту планеты вышел космический исследователь-автомат Juno (назван в честь римской богини Юноны, супруги бога-громовержца, тогда как полное название проекта Jupiter Polar Orbiter<sup>113</sup>). Juno раскрывает тайны планеты-гиганта и стремится выяснить детали ее происхождения, внутреннего строения, атмосферы и магнитосферы, работая на принципиально новой и необычной орбите. Научный арсенал станции составляют семь различных инструментов. В дополнение к ним имеется фотокамера под названием JunoCam, которая делает снимки Юпитера для студентов, учащихся и всех интересующихся, – именно этой камерой были впервые получены фотографии полярных районов Юпитера.

– Juno есть результат сочетания нескольких инновационных научных подходов и концепций проектирования полетов, – говорит менеджер проекта Рик Найбеккен из лаборатории реактивного движения. – Это самый изящный и наилучшим образом спроектированный проект из всех, в которых мне доводилось принимать участие.

---

<sup>112</sup> Работа аппарата была продлена до июля 2018 года. – Прим. пер.

<sup>113</sup> Полярный искусственный спутник Юпитера. – Прим. пер.

Найбеккен говорит, что, когда он прочитал проектное предложение, он решил: это головокружительно. Там было все: от исследований Юпитера с беспрецедентно близкого расстояния до невиданного ранее использования солнечных батарей, и эта вращающаяся АМС обладала полным комплектом инструментов, открывающих возможности для изучения планеты-гиганта так, как это еще не делалось.

Конструкторы Juno создавали проект, исходя из необходимости использовать для электропитания солнечные батареи, которые до этого еще ни разу не применялись на космических аппаратах, так далеко уходящих от Солнца. Juno обращается вокруг Юпитера так, что ее солнечные батареи постоянно развернуты к Солнцу, и станция никогда не попадает в тень планеты. Задуманная специальным образом орбита аппарата не только позволяет осуществлять этот полет исключительно на солнечной энергии, но и представляет собой уникальную с точки зрения научных возможностей траекторию движения.

– У Juno орбита в виде эллипса, в нижней точке которого она проходит между крайней внутренней границей юпитерианского радиационного пояса и планетой в 5000 км выше границы облаков, – говорит Найбеккен. – Никто еще не подбирался к Юпитеру настолько близко и не проводил научные исследования из такой точки. Мы, можно сказать, оседлали Юпитер.

Зачем же нужно так приближаться к планете, когда известно, что в ее окрестностях жесткая радиационная обстановка?

– Чтобы станция Juno могла провести по-настоящему революционные научные наблюдения, для которых она задумана, нам нужно подойти к Юпитеру ближе, чем все аппараты до нее, – говорит Найбеккен. – Конечно, есть риск в том, что мы заходим в неизвестную доселе область, но мы много размышляли о рисках и о том, как их можно свести к минимуму.

На один виток вокруг Юпитера у Juno уйдет четырнадцать земных суток, и такая особая орбита<sup>114</sup>, по замыслу авторов плана полета, сведет к минимуму дозу радиации, которую получит аппарат, по крайней мере на раннем этапе программы. Кроме того, большая часть бортовой электроники помещена в специальный титановый радиозащитный контейнер-«убежище».

– Добавление радиационной защиты для электроники значительно снизило требования к специальному проектированию схем, которые обычно выдвигаются к оборудованию для работы в зонах интенсивной радиации вокруг Юпитера, – рассказывает Найбеккен. – Меньшее количество конструкторской работы означало, что можно затратить более значительные средства на мощное научное оборудование для Juno. Я считаю этот аппарат проявлением чуда научного мастерства, в нем множество новых концепций спаяны в единый революционный для науки и в то же время связный проект.

Специальные приборы занимаются изучением радиационных поясов и магнитосферы Юпитера, его внутренней структуры и турбулентной атмосферы, а также проводят съемку поблизости от планеты, благодаря чему в нашем распоряжении есть эффектные снимки планеты-гиганта вблизи.

– Juno является проектом, в котором коренную роль играет информация, – говорит участник научной команды Стив Левин, сотрудник лаборатории реактивного движения, – и его движущая сила – наша потребность получить данные отовсюду, куда мы можем добраться.

Juno сможет работать на орбите Юпитера лишь около двадцати месяцев (это примерно 37 орбитальных витков)<sup>115</sup>, потому что радиация рано или поздно выведет оборудование аппарата из строя.

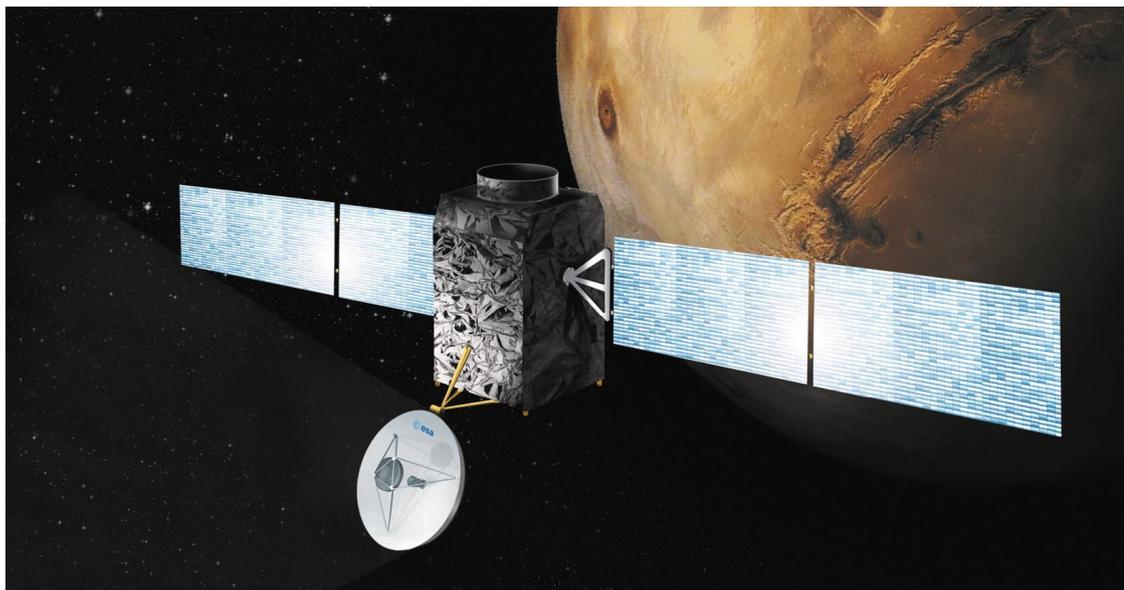
---

<sup>114</sup> Изначально предполагалось, что на орбиту периодом 14 суток АМС Juno будет переведена в октябре 2016 года, но возникла проблема с клапанами, регулирующими подачу гелия в двигательную систему. В результате было принято решение не рисковать с проведением маневра, и аппарат остался на считавшейся сначала промежуточной орбите с периодом 53,5 суток, на которой и проводит все научные наблюдения. – *Прим. пер.*

<sup>115</sup> Согласно изначальному плану. По актуальным на начало 2018 года планам аппарат совершит 13–14 долгопериодических витков в течение двух лет. – *Прим. пер.*

– Юпитер порождает много проблем и не очень-то по-доброму обходится с инструментами, – говорит Левин. – Но это та цена, которую мы платим за возможность провести нужные нам исследования.

Больше всего Левин ожидает поступления данных о глобальном распределении концентрации воды на Юпитере. Автоматическая межпланетная станция «Галилео», которая исследовала Юпитер с 1995 по 2003 год, так и не смогла ответить на этот вопрос. Тогда было сделано много открытий, но кое-что осталось непонятным. В программу полета «Галилео» входил сброс спускаемого аппарата в атмосферу Юпитера.



*Иллюстративное изображение автоматической межпланетной станции ExoMars / Trace Gas Orbiter (ЭкзоМарс / Спутник для исследования малых газовых составляющих. – Прим. пер.). Источник: NASA / Европейское космическое агентство*

– Тот зонд не обнаружил каких-то следов воды, – говорит Левин, – и почему именно, мы не знаем – это тайна, которая ждет своего разрешения, потому что информация о том, сколько Юпитер содержит воды, – ключевая для понимания того, как сформировалась эта планета. Может быть, спускаемый аппарат случайно попал в точку, где воды не оказалось. Поэтому Juno будет использовать микроволновый инструмент, измеряющий концентрацию воды во всей атмосфере, а не в каком-то одном или нескольких местах. Это дает ей большое преимущество.

Другие инструменты предназначены для изучения магнитного поля, внутренней структуры планеты и иных факторов. По словам Левина, он предвкушает возможность наблюдать картину, которую не видел еще никто: полюса Юпитера.



*Космический аппарат OSIRIS-REx погружают с помощью подъемного крана в термовакуумную камеру на испытательной базе компании Lockheed Martin в штате Колорадо для проведения проверок в условиях, близких к условиям полета. Источник: Lockheed Martin*

– Будет здорово узнать, на что они похожи, – говорит он, – и меня вдохновляет качество изображений, которые мы получаем при помощи фотокамеры видимого диапазона. Мы решили сделать камеру JunoCam инструментом, который, насколько возможно, принадлежит общественности. Мы привлекаем энтузиастов космоса к выбору целей съемки и стараемся выпустить готовые снимки настолько быстро, насколько можем.

Снимки, сделанные автоматической станцией Juno, доступны по интернет-адресу [www.missionjuno.swri.edu/media-gallery/junocam](http://www.missionjuno.swri.edu/media-gallery/junocam).

В конце полета, как предполагается, в феврале 2018 года, Juno будет сведена с орбиты и направлена в Юпитер для того, чтобы избежать возможности заражения земными микроорганизмами спутника Юпитера Европы, по поводу которой есть гипотеза о потенциальной обитаемости. Как и в случае проекта «Кассини», выполнение управляемого схода с орбиты требуется согласно инструкции NASA о планетарной биологической защите.

## Следующий полет на Марс: ExoMars

**Запуск: Март 2016 года.**

**Прибытие к Марсу: Октябрь 2016 года.**

ExoMars-2016<sup>116</sup> – это совместный проект Европейского и Российского (Роскосмос) космических агентств, которые отправляют в полет пару построенных европейцами космических аппаратов для изучения Марса: орбитальный Trace Gas Orbiter<sup>117</sup> и демонстрационный посадочный модуль «Скиапарелли»<sup>118</sup>. Орбитальный аппарат будет искать характерные признаки присутствия газа метана, который может означать наличие жизни или не связанных с живыми организмами геологических процессов, активных на Марсе в наши дни. Наземные телескопы, а также марсоход Curiosity обнаружили таинственное присутствие метана, и данная научная программа может пролить свет на то, почему этот быстроразлагающийся газ, как предполагается, имеет свои источники на Марсе, действующие в наше время. Также новый искусственный спутник Марса будет изучать природную среду планеты, искать признаки наличия воды и наблюдать за поверхностью.

Посадочный блок служит для проверки возможности сажать на Марс большие грузы, но, кроме этого, он должен собрать образцы породы при помощи бура и обеспечить проверку других бортовых средств для поддержки будущих европейских марсианских проектов<sup>119</sup>.

Изначально этот проект был совместным с участием Европейского космического агентства и NASA, но Соединенные Штаты вышли из него в 2012 году по причине необходимости экономить бюджет.

Пока в силе планы дополнить полет этих аппаратов в 2018 году новым посадочным модулем конструкции и изготовления предприятий Роскосмоса (Посадочная платформа ExoMars-2018. — *Прим. авт.*)<sup>120</sup>, который доставит построенный Европейским космическим агентством ровер ExoMars на поверхность Марса.

---

<sup>116</sup> «ЭкзоМарс-2016». – *Прим. пер.*

<sup>117</sup> Спутник для исследования малых газовых составляющих. – *Прим. пер.*

<sup>118</sup> Назван в честь прославленного исследователя Марса, итальянского астронома XIX века Джованни Скиапарелли. – *Прим. пер.*

<sup>119</sup> Потерпел аварию и разбился при попытке посадки 19 октября 2016 года. – *Прим. пер.*

<sup>120</sup> Запуск этого аппарата был отложен до следующего стартового окна в июле 2020 года, и сам аппарат был, соответственно, переименован в ExoMars-020. – *Прим. пер.*

## OSIRIS-REx: полет к астероиду

**Запуск: Сентябрь 2016 года.**

**Цель: Астероид Бенну.**

**Прибытие к цели: Октябрь 2018 года.**

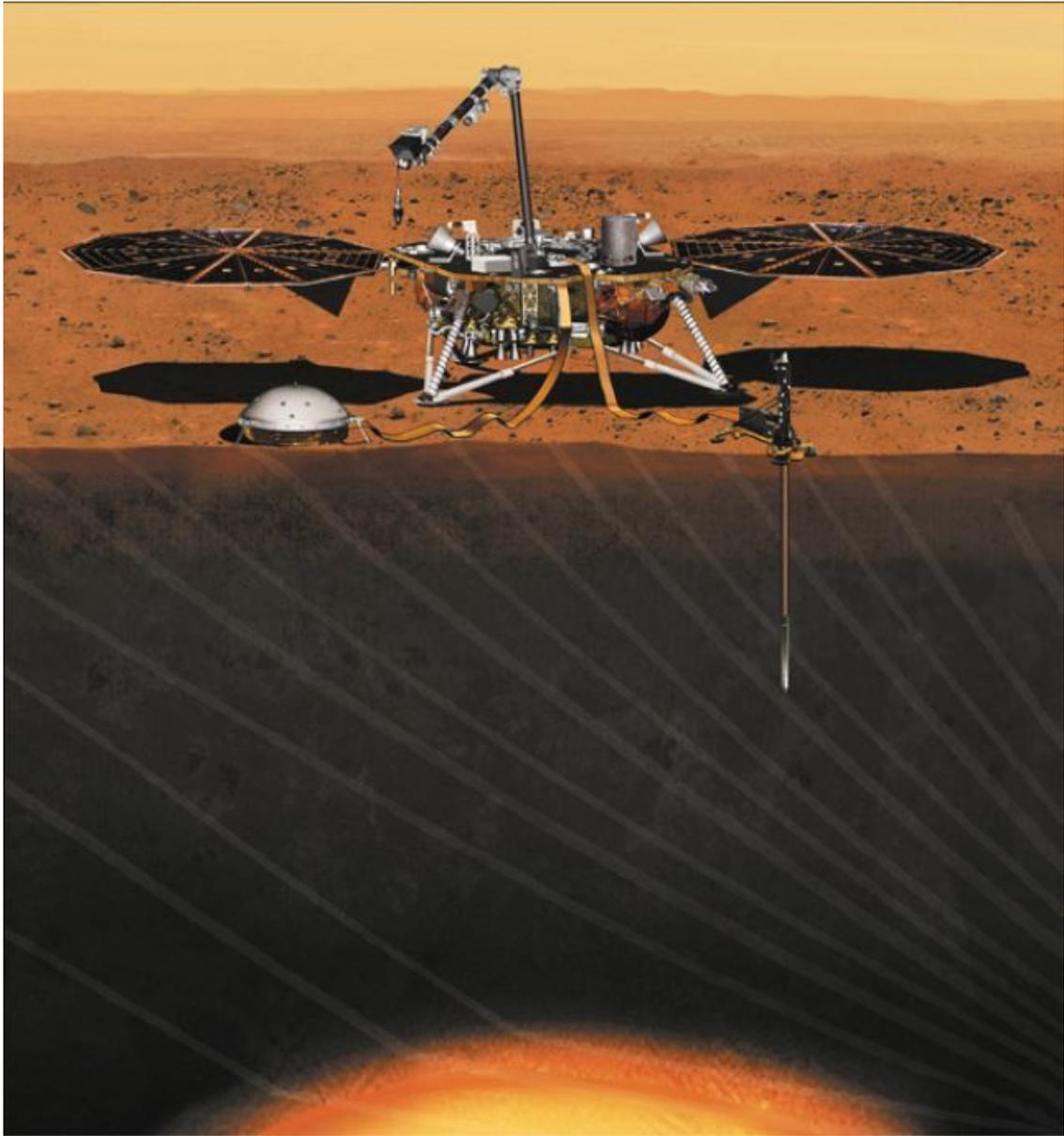
**Возвращение образца породы на Землю: 2023 год.**

Общая цель проекта OSIRIS-REx (Origins Spectral Interpretation Resource Identification Security Regolith Explorer<sup>121</sup>) – поиск ответов на вопросы, которые много веков занимают человечество: откуда мы появились? Какова наша судьба? Ученые надеются, что эти ответы поможет получить астероид под названием Бенну.

Эта АМС отправилась в полет в сентябре 2016 года и по плану достигнет пункта своего назначения в 2018 году, будет изучать астероид на месте в течение года, возьмет образец реголита с его поверхности и возвратится на Землю в 2023 году.

---

<sup>121</sup> Трудно кратко перевести связной фразой составные части сокращения OSIRIS-REx, которое является созвучным с именем древнеегипетского бога Озириса перечислением задач программы, поэтому представляем их здесь в виде списка. • Origins – «Истоки»: доставка на Землю и изучение на месте материала богатого углеродом тела, относящегося к классу, который может быть связан с появлением органических веществ на Земле. • Spectral Interpretation – «Интерпретация спектров»: получение материала, пригодного для сравнительного спектрального анализа астероидов. • Resource Identification – «Идентификация ресурсов»: многофакторное картирование астероида. • Security – «Безопасность»: оценка опасности смещения орбит астероидов за счет светового давления, а также возникновения угрозы Земле. • Regolith Explorer – Контактное изучение свойств реголита в месте забора пробы. – *Прим. пер.*



*Эта схема, нарисованная в августе 2015 года, показывает, как будет выглядеть посадочный аппарат NASA InSight в полностью развернутом виде, готовый к изучению недр Марса. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института*

Астероиды являются обломками, оставшимися после формирования Солнечной системы свыше 4 млрд лет назад, и эти древние тела могут многое рассказать об истории Солнца и планет. По мнению исследователей, на Бенну (диаметром около 490 м) могут оказаться молекулы – предшественники органических элементов жизни, а также вода и редкие металлы.

Необходимо отметить, что Бенну считается одним из самых потенциально опасных астероидов, потому что он обладает относительно большой вероятностью столкновения с Землей в двадцать втором веке. OSIRIS-REx определит физические и химические свойства Бенну, которые важны для ученых, собирающихся разработать методику предотвращения его попадания в Землю, – возможно, это будет сделано при помощи аппарата – «гравитационного тягача», или Бенну уведут с нынешнего курса при помощи управляемого столкновения.

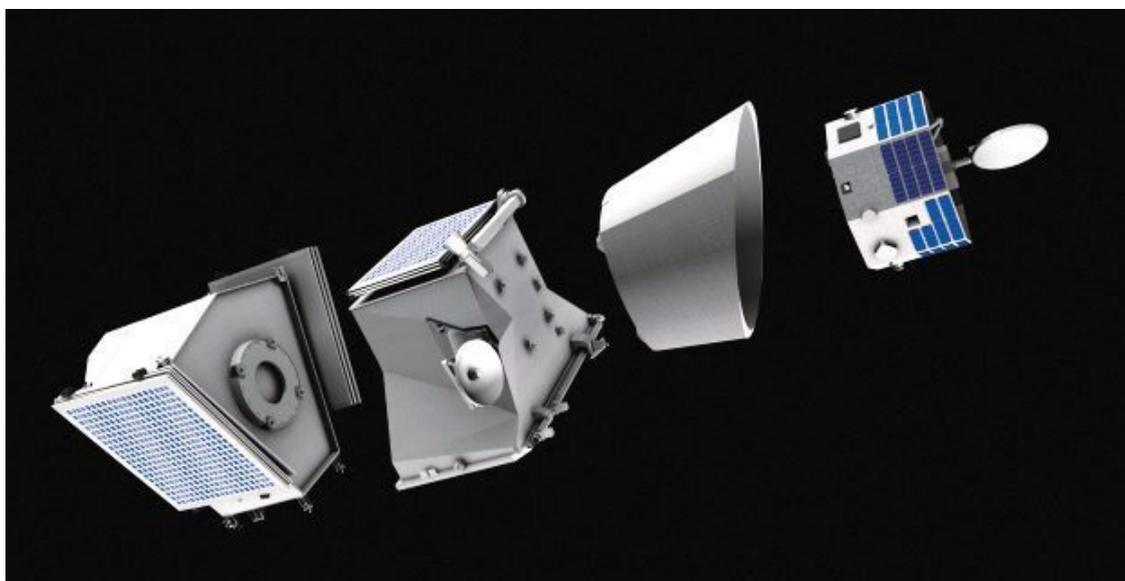
## Задержавшийся марсианский посадочный аппарат: InSight

**Запуск: Май 2018 года.**

**Посадка на Марс: Ноябрь 2018 года.**

Полет этой автоматической исследовательской станции, наименование которой InSight расшифровывается как Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport<sup>122</sup>, должен был начаться в марте 2016 года, но задержался на два года из-за обнаруженной в одном из главных научных инструментов утечки. Совершив посадку на Марс, InSight займется изучением недр Красной планеты.

Основная задача аппарата InSight – помочь ученым выяснить, как формировались и развивались каменные планеты с твердой поверхностью, включая Землю. Конструкция посадочного модуля основана на успешном проекте Phoenix – посадка этого аппарата на Марс состоялась в 2008 году.



*Составные части модульного космического аппарата для исследования Меркурия BepiColombo. Слева направо: меркурианский перелетный модуль, модуль-спутник Меркурия, защитный экран и переходник и, наконец, модуль-спутник для магнитосферных исследований Меркурия. Источник: Европейское космическое агентство*

Новый посадочный аппарат оснащается буром, сейсмометром и подповерхностным зондом для изучения процесса теплопереноса; он будет исследовать поверхность и недра Марса и поможет понять процессы, происходившие в ранней геологической истории планеты. Это международный проект с участием ученых из Австрии, Бельгии, Канады, Франции, Германии, Японии, Польши, Испании, Швейцарии, Великобритании и Соединенных Штатов Америки.

---

<sup>122</sup> Изучение недр сейсмическими методами, геодезии и переноса тепла, сокращение читается как фраза «в поле зрения». – Прим. пер.

## **Vericolombo: первый европейский аппарат к Меркурию**

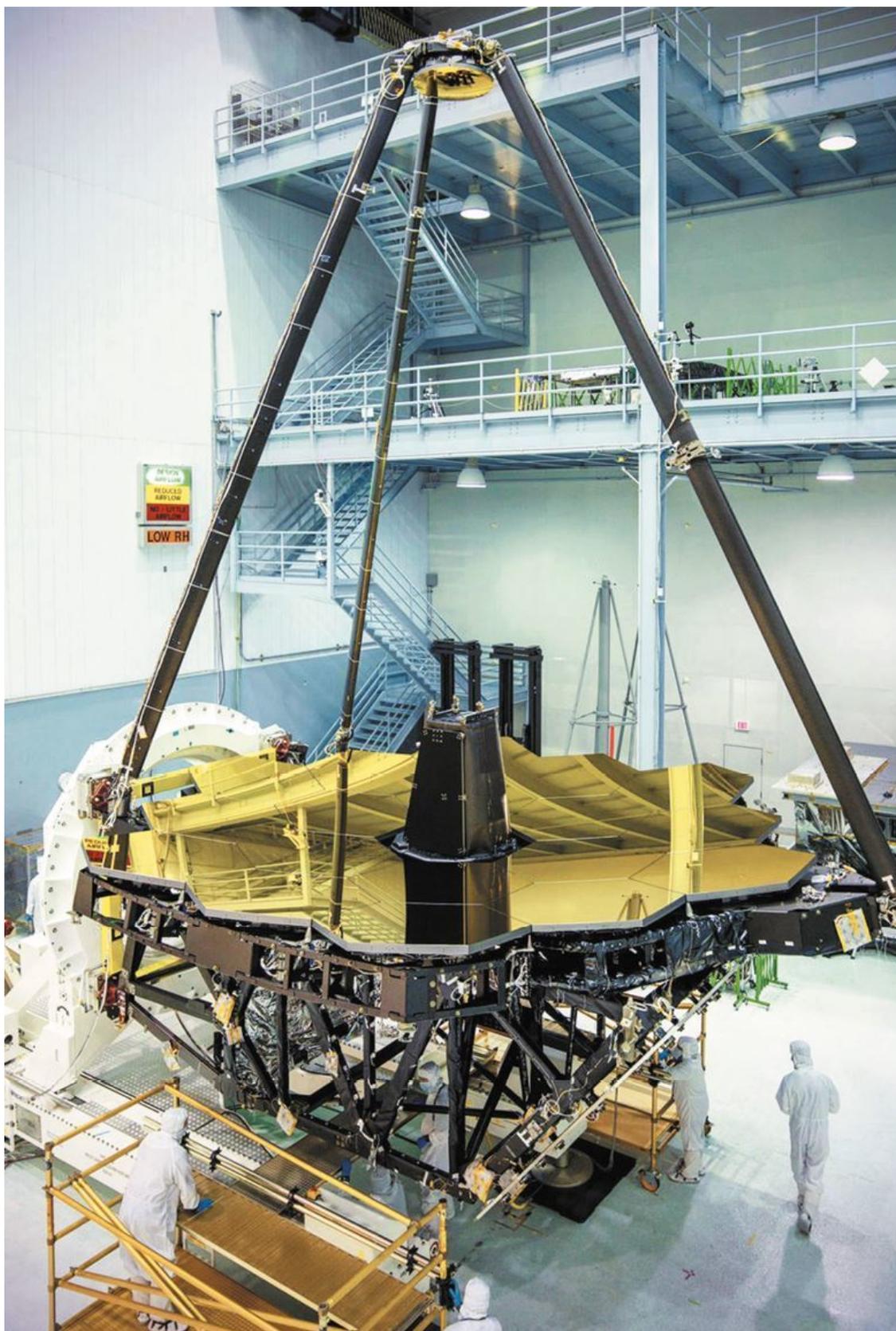
**Запуск: 2018 год.**

**Прибытие: 2024 год.**

Аппарат VeriColombo<sup>123</sup> должен стать первым посланцем Европы к Меркурию. Его запуск планируется на 2018 год, а прибытие на орбиту Меркурия, который некоторые называют самой малоизученной планетой Солнечной системы, – на конец 2024 года.

---

<sup>123</sup> Назван в честь итальянского математика и инженера XX века Джузеппе Коломбо. – *Прим. пер.*



*В мэрилендском городе Гринбелт, в «чистом зале» подразделения NASA – Центра космических полетов имени Годдарда, – висит и блистает золотом главное зеркало космического телескопа «Джеймс Уэбб». Считается, что это самый большой и мощный космический телескоп из готовившихся к космическому полету. Источник: NASA / Крис Ганн*

На самом деле, это составная межпланетная станция, которая несет два отдельных аппарата: модуль-спутник Меркурия (Mercury Planetary Orbiter, МРО) для изучения поверхности и внутреннего строения планеты и модуль-спутник для магнитосферных исследований Меркурия (Mercury Magnetospheric Orbiter, ММО), предназначенный для проведения научных измерений в области космоса вокруг Меркурия, подверженной влиянию его магнитного поля. BepiColombo – совместный проект Европейского космического агентства и Японского аэрокосмического исследовательского агентства (JAXA), и продолжительность его работы у цели оценивается в два года.

## Новое поколение космических обсерваторий: космический телескоп «Джеймс Уэбб»

**Запуск: Октябрь 2018 года**<sup>124</sup>.

**Продолжительность программы: От 5 до 10 лет.**

**Местоположение: На расстоянии 1,5 млн км от Земли.**

Начало работы космического телескопа «Джеймс Уэбб»<sup>125</sup>, астрономического прибора нового поколения, многие предвкушают с нетерпением. Запуск запланирован на октябрь 2018 года<sup>126</sup>, и «Джеймс Уэбб» может заменить космический телескоп «Хаббл». С его помощью астрономы надеются заглянуть в то далекое время, когда Вселенной было лишь 200 млн лет от роду, чтобы увидеть самые первые звезды и галактики.

«Джеймс Уэбб» представляет собой большой инфракрасный телескоп с покрытым слоем золота главным зеркалом размером 6,5 м: золото является прекрасным отражающим материалом для инфракрасного излучения, в отличие от алюминия, которым амальгамировано зеркало «Хаббла». Имея статус международного проекта, новый телескоп начнет свой полет при помощи ракеты-носителя Ariane 5 с территории Французской Гвианы. Этот космический телескоп станет главной обсерваторией нового десятилетия и принесет пользу тысячам астрономов по всему миру. Он сможет изучать любую фазу истории нашей Вселенной, начиная от первого свечения материи после Большого взрыва до формирования планетарных систем, способных стать домом для жизни на планетах наподобие нашей Земли. Кроме того, он сможет изучать и эволюцию нашей Солнечной системы. «Джеймс Уэбб» будет универсальной обсерваторией: это означает, что астрономы смогут использовать его, чтобы исследовать «горячие темы», которые могут появиться в любой момент, как это часто делается с «Хабблом». По сути, его будут эксплуатировать в том же режиме, что и «Хаббл», и астрономы смогут запрашивать наблюдательное время на новом космическом телескопе.

Располагаться он будет на расстоянии 1,5 млн км от Земли в так называемой второй точке Лагранжа, или L2, – она находится позади Луны по отношению к нам, и в этой точке совместное действие сил притяжения Земли, Луны и Солнца образует стабильную область, где любое тело может оставаться продолжительное время. С другой стороны, это значит, что телескоп нельзя будет отремонтировать или обслужить, как это проделывалось с «Хабблом». После старта ему потребуется месяц, чтобы достичь заданного расположения, а к работе он будет готов лишь примерно спустя полгода.

Для «Джеймса Уэбба» было создано несколько новых технологий, включая: главное зеркало из восемнадцати отдельных сегментов, которые после запуска будут разворачиваться и в результате тонкой регулировки принимать точную форму составного отражателя; пятислойную тепловую защиту от избыточного тепла и света Солнца, по размерам напоминающую теннисный корт; наконец, четыре научных инструмента – камеры и спектрометры, способные зарегистрировать крайне слабые и далекие сигналы.

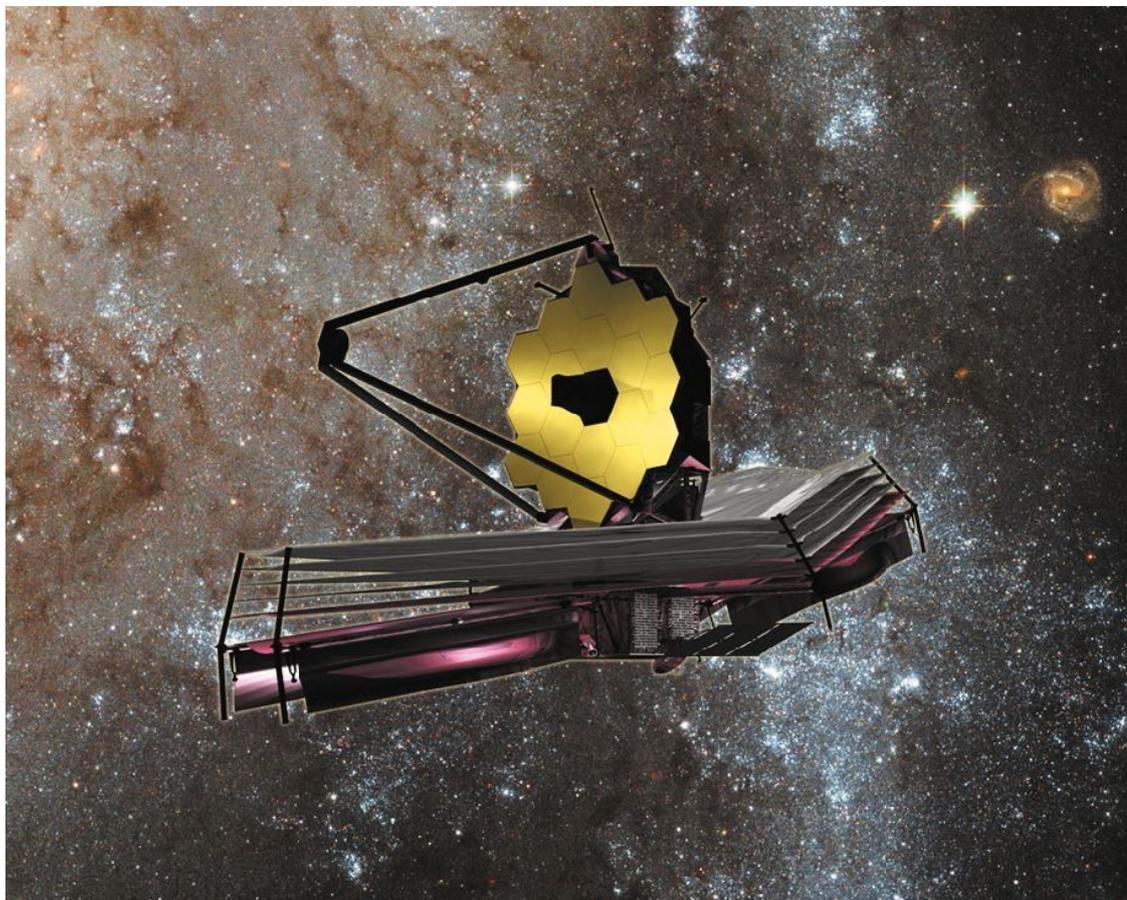
Космическому телескопу довелось пройти долгий путь. Впервые его предложили создать в начале 1990-х годов, проект был одобрен в 1996 году. Как и в случае с «Хабблом», стали появляться задержки и превышения запланированных расходов по той причине, что шла работа над уникальными компонентами и системами. Запуск откладывался то на 2007 год, то на 2011-й, а затем и на 2013-й. На данный момент можно надеяться, что запуск состоится в 2018 году. Зер-

<sup>124</sup> По актуальным сведениям, запуск «Джеймса Уэбба» отложен как минимум до мая 2020 года. – *Прим. пер.*

<sup>125</sup> James Webb Space Telescope, JWST, назван в честь Джеймса Уэбба, администратора NASA в 1961–1968 годах. – *Прим. пер.*

<sup>126</sup> См. примечание выше.

кало было полностью собрано в начале 2016 года. Полная стоимость создания космического телескопа «Джеймс Уэбб» возросла от первоначальной оценки в 1 млрд долларов до нынешних 8 млрд.



*Так «Джеймс Уэбб» может выглядеть в космосе. Источник: NASA*

Поскольку это не телескоп оптического диапазона, как «Хаббл», его снимки будут выглядеть несколько иначе. Но на эту обсерваторию возлагаются большие надежды, что она сможет многое нам рассказать о Вселенной.

## И снова Марс: ровер «Марс-2020»

### Запланированный старт и прибытие: 2020 год.

Основой этого проекта стал крайне успешный в работе марсоход Curiosity, прибывший на Марс в 2012 году. Новый аппарат будет использовать такие же шасси и основные агрегаты, как и Curiosity, но набор его инструментов будет приспособлен к новым научным задачам. После того как NASA вышло из проекта EхоMars, проводимого Европейским космическим агентством, оно решило отправиться на Марс самостоятельно (однако в проекте предусмотрено и международное участие со стороны Испании, Франции и Норвегии).

По плану ровер «Марс-2020» должен собрать коллекцию образцов камней и грунта, которая будет храниться у него на борту для последующей доставки на Землю каким-либо будущим специальным аппаратом, а также искать характерные признаки существования в прошлом жизни на Марсе и испытать способы, как будущие участники пилотируемых экспедиций могли бы использовать местные ресурсы, чтобы «жить на планете в полевых условиях».

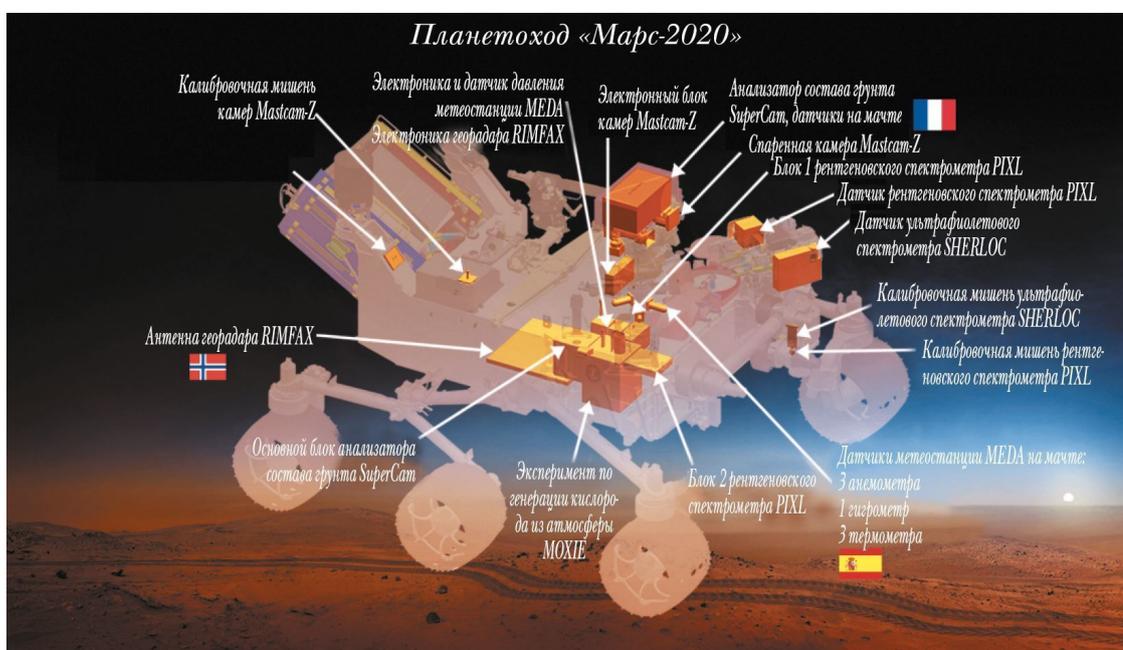
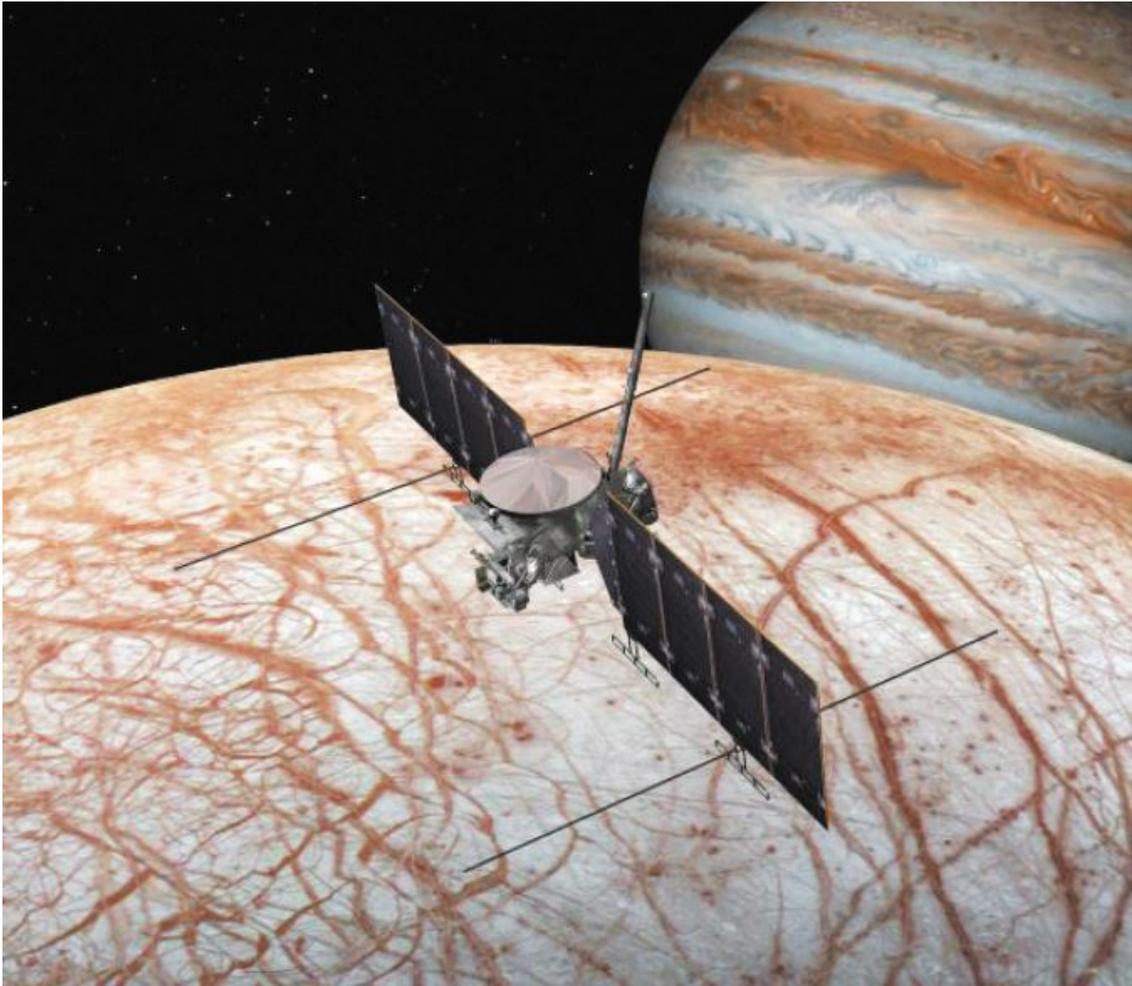


Диаграмма предложенных для проекта ровера «Марс-2020» научных инструментов с указанной национальной принадлежностью стран-изготовителей (помимо США. – Прим. пер.). Источник: NASA / лаборатория реактивного движения

Эти эксперименты включают в себя изучение вредного воздействия марсианской пыли и проверку технологии переработки углекислого газа из атмосферы в кислород, пригодный для производства из него топлива. Этот ровер будет оснащен несколькими улучшенными камерами, модернизированным оборудованием и новыми инструментами для проведения геологических изысканий в районе его посадки, определения потенциальной пригодности окружающей среды для жизни и прямого поиска следов, которые могла оставить древняя марсианская жизнь.



*Так художник изобразил перспективный аппарат для изучения Европы. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения*

Сара Милкович, инженер научных систем в проекте ровера «Марс-2020», рассказывает, что одной из задач в подготовке этой программы стало обеспечение простоты управления ровером.

– Для этого марсохода у нас очень смело поставленные и непростые задачи, – говорит она, – и мы хотим автоматизировать как можно больше рабочих процессов и сделать так, чтобы ровер мог самостоятельно принимать решения, а команда управления могла сконцентрироваться на уровне стратегических решений, который доступен только человеку.

## Полет на спутник Юпитера Европы

**Запуск: Дата обсуждается (середина 2020-х годов).**

Искусственный спутник Европы сможет провести детальную разведку этой манящей воображение исследователей луны, чтобы понять, могут ли на ней существовать пригодные для жизни условия. Есть гипотеза, что под ее ледяной корой скрывается подповерхностный океан, и ученые много размышляют о том, может ли среда в нем быть благоприятной для живых организмов.

Согласно плану, устойчивый к сильной радиации космический аппарат будет выведен на вытянутую орбиту вокруг Юпитера, которая позволяет неоднократно выполнять близкие пролеты Европы. Для его оснащения уже выбраны девять научных инструментов, в том числе камеры и спектрометры, способные получить изображения поверхности Европы в высоком качестве и определить состав этой поверхности. Пригодный для зондирования толщи льда радар сможет вычислить толщину ледяной коры спутника и обнаружить подповерхностные озера, подобные тем, которые скрываются под ледяным покровом Антарктиды. Кроме этого, на автоматической станции будет установлен магнитометр, чтобы измерить величину и направленность магнитного поля Европы, что поможет ученым определить глубину и соленость ее океана.

Прибор, измеряющий температуру, сможет исследовать замерзшую поверхность Европы и найти места недавних извержений более теплых вод на поверхность или в неглубокие подповерхностные слои, а другие инструменты займутся поиском воды и микрочастиц в окружающей спутник разреженной атмосфере. Космический телескоп «Хаббл» обнаружил наличие воды над южным полярным районом Европы в 2012 году, что может быть косвенным свидетельством существования водяных гейзеров. Если этот факт подтвердится и гейзеры окажутся связаны с подповерхностным океаном, то изучение их выбросов поможет планетологам определить химический состав потенциально обитаемых глубин Европы без острой необходимости пробиваться бурением сквозь слои льда.

## Эпилог

### Зачем исследовать космос?

Как я упоминала в прологе, эта книга, по сути, мгновенный снимок современности в том, что касается исследований космоса автоматами. Как это всегда бывает при появлении нового, в этой области все быстро меняется, потому что делаются очередные открытия или происходят какие-либо непредвиденные события. Как журналистка, посвятившая себя космосу, я всегда знала, что это так, но, пока я писала эту книгу, та же истина ярко подтвердилась снова. Мне приходилось возвращаться к пройденному и переписывать некоторые главы, потому что аппараты, которым они были посвящены, делали новые замечательные находки или в ходе их программ случались неожиданные изменения. Например, в мае 2016 года команда проекта «Кеплер» объявила о подтверждении 1284 новых планет – это стало самым большим на данный момент групповым открытием планет, а лишь за несколько недель до того участники проекта Dawn предложили непредвиденный вариант продолжения полета с исследованием дополнительной цели.

Но есть в этом то, что, я думаю, не изменится никогда: преданность делу и самоотдача тех людей, кто осуществляет проекты исследования космоса и работает с ними. Я с трепетом и восторгом брала интервью у тридцати пяти ученых и инженеров, которые согласились поделиться своими историями для этой книги. Раз за разом меня потрясал энтузиазм и моральный подъем, с которыми они делают свое дело. Я от души надеюсь, что мне удалось ухватить и передать невероятный дух первооткрывателей и искателей приключений, царящий в их среде.

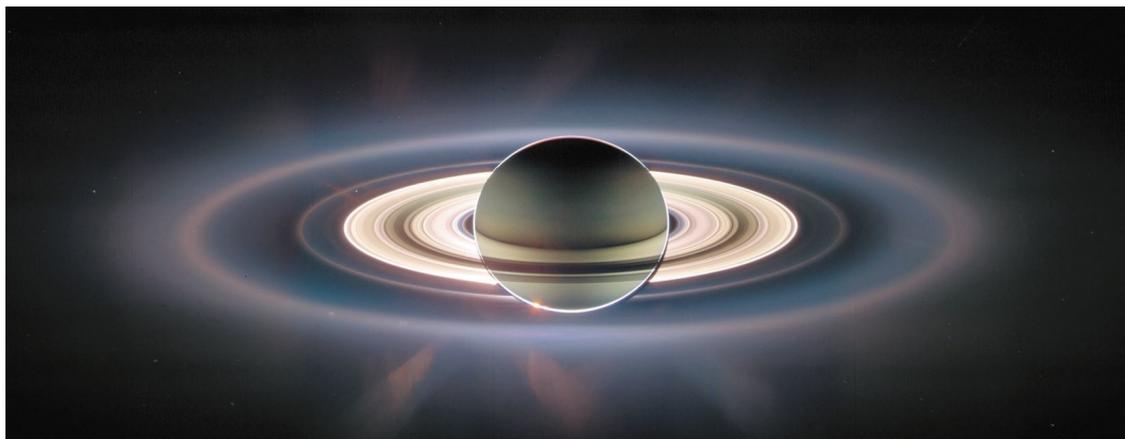
Но почему, зачем мы исследуем космос? В те далекие времена, когда такие первооткрыватели, как Магеллан, Васко да Гама или даже Пифей, отправлялись в свои путешествия, несомненно, многие люди думали, как же глупо вот так рисковать жизнями и тратить огромные средства ради того, чтобы узнать, что скрывается за горизонтом. Но эти пионеры находили там не то, что они ожидали увидеть, и их путешествия и открытия в конце концов изменяли картину мира.

Подобным же образом исследования космоса при помощи научных автоматов и телескопов, а также наземной астрономии помогают нам изучать новые миры на расстоянии и узнавать множество фактов о Вселенной, о которых мы раньше не подозревали и не ожидали того, что наткнемся на них.

Отчасти открывателями и исследователями движет нематериальный интерес: желание раздвинуть наши горизонты, удовлетворить любопытство, найти что-нибудь неожиданное и попытаться ответить на исконные вопросы, о которых я уже упоминала в предыдущих главах книги: что положило начало нашей Вселенной? Как зародилась жизнь? Одиноки ли мы?

Но от освоения и изучения космоса есть и осязаемая польза, которая выражается в развитии технологий и совершении новых открытий в науке, медицине, улучшении систем связи и транспорта и во многих других областях. Дух первооткрывателей помогает нам создавать и изобретать новое для того, чтобы мы могли продолжить путь за знаниями и, может быть, снова изменить мир. Мы еще не знаем, что откроем, когда люди полетят на Марс, Европу или в другие миры, но если мы останемся в нашей земной «колыбели», то так и не выясним этого.

Исследовательская деятельность требует затрат, и очень часто противники изучения космоса приводят аргумент, что те же деньги с гораздо большей пользой могут быть потрачены на решение земных проблем. Но те, кто так говорит, не понимают, что NASA или другие космические агентства не просто запихивают миллионы долларов в ракету и зашвыривают их в космос.



*Гигантский Сатурн, повисший в черноте пространства, загораживает межпланетную станцию «Кассини» от ослепительного сияния Солнца, и в этот момент для «Кассини» открывается невиданная картина колец планеты-гиганта, позволяющая различить ранее не известные тусклые кольца. Эта великолепная панорамная фотография была собрана из 165 отдельных фотоснимков, сделанных широкоугольной камерой «Кассини» в течение трех часов 15 сентября 2006 года. Цветовой контраст усилен за счет цифрового слияния снимков в ультрафиолетовом, инфракрасном диапазонах и отдельных полосах видимого спектра, а затем сбалансирован для большего сходства с естественными цветами, воспринимаемыми человеческим зрением. Белая точка, которую можно заметить внутри второго снаружи кольца, – это планета Земля. Источник: NASA / лаборатория реактивного движения / Научный институт космических исследований*

Все эти деньги расходуются на Земле, ими оплачивается труд выдающихся умов планеты, чтобы они могли использовать свои таланты на благо человечества и, может быть, изменить мир к лучшему. Космические исследования порождают изобретения, плодами которых мы пользуемся каждый день, а многие из них помогают спасти человеческую жизнь и улучшать ее качество. Придуманная когда-то для работы в космосе технология может лечь в основу новых отраслей, что создаст еще больше новых рабочих мест и вакансий. NASA и другие космические агентства проводят важнейшие исследования и разработки, из которых каждая успешная компания потом сможет извлекать прибыль.

Опросы общественного мнения показывают, что у большинства американцев имеется превратное представление о том, сколько денег NASA получает от правительства США. На 2017 финансовый год проект бюджетных ассигнований NASA предусматривает выделение 19 млрд долларов. Эта сумма кажется очень большой, и таковой она и является, но если посмотреть на федеральный бюджет Соединенных Штатов на 2017 год целиком, то мы увидим, что его полный объем равен 4,2 трлн долларов. Таким образом, доля потребления NASA в общем объеме бюджетных ассигнований составляет всего лишь половину процента (точнее, 0,45 %), а это меньше, чем полпенни на каждый налоговый доллар. Для сравнения, в том же проекте бюджета на 2017 год на нужды образования выделяется 2 % средств (85 млрд долларов), на военные расходы 15 % (632 млрд), а в области государственной социальной защиты, помощи безработным и поддержки рынка труда затраты равняются 33 % от всего бюджета (1,39 трлн долларов).

Надо отметить, что исследования космоса не просто помогают нам больше узнать о Вселенной, они расширяют наши знания о нашем собственном мире и нас самих. Существует очень известное открытое письмо, которое в 1970 году написал доктор Эрнст Штулингер, работавший тогда в должности заместителя директора по науке в подразделении NASA Центре космических полетов имени Маршалла, когда он получил послание, где ему задали вопрос:

как может NASA думать о том, чтобы тратить миллиарды долларов на исследования Марса, когда на Земле так много голодающих детей?

*«Хотя кажется, что программа освоения космоса уводит нас прочь от нашей Земли к Луне, Солнцу, другим планетам и звездам, я думаю, что ни одно из этих тел не получает и доли внимания, сравнимого с тем, которое оказывают работающие в области космической науки ученые нашей Земле, – писал Штулингер. – Земля изменится к лучшему, и не только потому, что мы применим для улучшения жизни на ней все новые технологические и научные достижения, но и потому, что мы на этом пути учимся выше ценить нашу планету Земля, жизнь на ней и Человека».*

Возможность смотреть вдаль и вглубь, как и жизнь с ощущением чуда, необходимы нам, чтобы сделать мир лучше уже сейчас и построить светлое будущее для поколений, которые придут вслед за нами.

## Благодарности

Считаю своим долгом выразить мою благодарность всем ученым и инженерам NASA, которые смогли найти время в плотном потоке своих чрезвычайно важных дел, чтобы встретиться со мной, организовать для меня экскурсии по рабочим пространствам, ответить на возникшие у меня вопросы и провести редактуру в части технических деталей. Их доброе восприятие и энтузиазм в отношении моего проекта потрясли меня, и я не могу переоценить, как много значат для меня их усилия, – и как человек, и как писатель.

Мои благодарности в лаборатории реактивного движения: Ашвину Васаведе, Джону Майклу Морукяну, Марку Рейману, Кери Бин, Линде Спилкер, Эрлу Мейзи, Ричу Зареку, Дэну Джонстону, Уэсли Траубу, Риду Найбеккену, Стиву Левину и Нилу Моттингеру.

В Центре космических полетов имени Годдарда: Дину Песнеллу, Алексу Янгу, Ричу Вондраку и Фрэнку Сеполлине.

В лаборатории прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса: Халу Уиверу и Элис Боумен.

В Научно-исследовательском институте космического телескопа: Кену Сембаху, Золту Левею, Гельмуту Йенкнеру и Кэрол Кристиан.

Мне удалось взять интервью по телефону и электронной почте у Алана Стерна (Юго-западный научно-исследовательский институт), Альфреда Мак-Ивена, Марка Робинсона, Кристиана Шаллера и Кристин Блок (все работают в Университете штата Аризона), Роберта Уэста и Сары Милкович (лаборатория реактивного движения), Натали Батальи, Тома Баркли, Тони Колаприта и Дженнифер Хелдман (Научно-исследовательский центр NASA имени Эймса), Ноа Петро и Лилиан Острах (Центр Годдарда), а также у Тома Вудса (лаборатория атмосферной и космической физики). Я вновь хочу поблагодарить вас всех за то, что вы поделились своими историями и опытом, а также позволили заглянуть в свой увлекательный рабочий процесс.

Моя сердечная благодарность Марку Рейману за наши продолжительные обсуждения проблематики ионных двигателей, а также Ноа Петро и Ричу Вондраку за дополнительные дискуссии по поводу проекта LRO.

Отдельно хочется поблагодарить сотрудников офиса лаборатории реактивного движения по связям со СМИ, в особенности Марка Петровича, Гая Уэбстера, заместителя секретаря Эйгла и Элизабет Ландау за помощь в координации различных интервью и сопровождение в прекрасном кампусе лаборатории. Побывать там для меня было исполнением мечты. Еще я хочу сказать большое спасибо всем тем, кто работает в управлении по связи Центра космических полетов имени Годдарда, в особенности Карен Фокс, за организацию моего визита, а также Саре Фрейзер, Нэнси Нил Джонс, Де-Уэйну Вашингтону и Адриенн Алессондро за то, что так ловко провели повсюду визитершу из медвежьего угла Миннесоты, от которой неизвестно чего можно было ожидать. Особенно я благодарна Майклу Бакли, который организовал для меня чудесный, незабываемый визит в лабораторию прикладной физики Университета имени Джонса Хопкинса, и безмерна моя благодарность Черил Ганди за потрясающую серию организованных для меня поездок и интервью в знаменитый Научно-исследовательский институт космического телескопа. Спасибо, я почувствовала себя Особо Важной Персоной! Также спасибо Рэю Уилларду из института космического телескопа за возможность встретиться и поболтать о труде научно-популярного писателя. Отдельная моя благодарность Мишель Джонсон из Центра имени Эймса за организацию серии интервью по проекту «Кеплер».

Благодарю Джима Макклюра из лаборатории реактивного движения за экскурсию в Центр управления полетами и Джима Вонга, который показал мне «Марсианский двор». Отдаю должное и Ариесу Кеку, который включил меня в участники неофициальной встречи

NASA с общественностью в Центре Годдарда, и всем, кто во время нее показывал и рассказывал различные вещи.

Привет моим друзьям из лаборатории реактивного движения: спасибо моему давнему другу Нилу Моттингеру за особую экскурсию, за компанию во время ланча и за то, что согласился стать героем этой книги; Крису Поттсу спасибо за то, что не упустил шанс наконец встретиться лично; Кей Феррари из программы Solar System Ambassador – просто за то, что она замечательная.

И, как всегда, я выражаю бесконечную благодарность и уважение моему учителю, начальнику и другу, основателю и главному редактору ресурса Universe Today Фрейзеру Кейну. Спасибо вам, что вы много лет назад дали шанс никому не известной писательнице и доверили мне быть «попутчицей» во всех космических проектах и путешествиях. Вы лучше всех! На моем пути я повстречала и других наставников: Памелу Гей, Фила Плэйта, Иэна О'Нейла, Национальную ассоциацию научно-популярных писателей и Совет по развитию научно-популярной литературы, а также всех замечательных писателей, с которыми я сотрудничала в Universe Today с 2004 года. Я неизбежно рискую забыть упомянуть кого-нибудь, но я должна вспомнить своих давних соавторов Джейсона Мейджора, Дэвида Дикинсона, Кена Кремера, Элизабет Хауэлл, Мэтта Уильямса и покойную Тэмми Плотнер. Отдельное мое сердечное спасибо автору Universe Today Бобу Кингу, написавшему вышедшую в издательстве Page Street книгу «Ночное небо невооруженным глазом», за воодушевление и приятную компанию, которую он составлял мне, когда мы занимались созданием «параллельных вселенных» в наших рукописях. Skål!<sup>127</sup>

Хотя большинство помещенных в этой книге фотографий было сделано различными космическими аппаратами NASA, исследующими Солнечную систему и Вселенную, я должна отметить работу талантливых фотографов NASA, которые знают толк в мастерских съемках ракетных пусков и закулисных событий, а также снимают людей, вносящих вклад в развитие проектов. В частности, я очень благодарна Биллу Инголсу, несколько фотографий авторства которого вошли в мою книгу. Еще я признательна мастерам графики, трудящимся в NASA и Европейском космическом агентстве, за те прекрасные образы космоса и отличные графические схемы, которые они создают для лучшего понимания сложных аспектов космической программы. Особая моя благодарность – художнику Кевину Джиллу, который составил схему сравнительных размеров объектов пояса Койпера, Джейсону Мейджору за фотографию-«селфи» ровера Curiosity, сделанную на 612–613-м солах программы, и Бобу Кингу за потрясающую картину с полярным сиянием.

Всем, кто работает в издательстве Page Street: высший класс, вы все просто блестящи! Я не могу забыть тот день, когда я впервые поговорила с издателем Уиллом Кистером и редактором Элизабет Сайс. Спасибо вам, Уилл, за эту неправдоподобную возможность, которую вы мне предоставили, и вам, Элизабет, за то, что вы руководили мной на каждом шагу моей деятельности; с вами непередаваемо хорошо работать вместе! Моя особая благодарность выпускающему редактору Рут Стросер за то, что она сумела убрать все шероховатости из текста и всегда предлагала самый лучший вариант написания, а также команде верстальщиков и дизайнеров, сумевших замечательным образом совместить текст с иллюстрациями. Спасибо Джилл Браунинг за ее работу по маркетингу и рекламе.

Что же мне сказать моей семье и друзьям? Спасибо вам, мои дорогие, за всю вашу поддержку, одобрение и интерес, который вы проявляете к моему чудаческому увлечению космонавтикой. Моей милой, чудесной мамочке Артис и в память о моем покойном отце Кене я должна сказать: спасибо вам за то, что я всегда чувствую себя способной на все что угодно. Дорогие братья и сестры Элис, Мик и Линда, я так благодарна вам за то, что вы не оставляете

---

<sup>127</sup> Ваше здоровье! (норвежск.) – Прим. пер.

свою самую младшую сестренку в любые моменты ее жизни и всегда поддерживаете меня. Еще я говорю спасибо своей сказочной свекрови Маргарет и всем моим чудесным родственникам со стороны мужа, в особенности Лавон, за замечательные подушки и веселую атмосферу во время моих интервью.

Энди, Нейт, Ник, а теперь еще Лори и Джен: моя любовь всегда с вами, вы постоянный источник моего вдохновения и самые лучшие в мире люди, с которыми я люблю проводить время. «Как я всегда тебе говорю, если ты на чем-то сосредоточишься, у тебя все непременно получится!» Коллин, Коннор, Лондри, Эрин и все, кто еще прочитает это: вам принадлежит будущее; пусть вас не покидает дух, заставляющий следовать вашим мечтам и идти туда, куда они ведут вас.

И, Рик, моя неизменная путеводная полярная звезда, моя надежная скала, мой спутник жизни. Я не сумела бы написать эту книгу без твоей любви и поддержки. Я влюблена в тебя раз и навсегда.

## Об авторе

**Нэнси Аткинсон** – редактор и автор интернет-ресурса Universe Today<sup>128</sup>, веб-сайта, посвященного популяризации новостей о космонавтике и астрономии, член общества научно-технических популяризаторов деятельности NASA и лаборатории реактивного движения Solar System Ambassadors. Она написала тысячи статей об исследованиях космоса, ведя ежедневную хронику, начиная с 2004 года. Ранее она была главным редактором веб-сайта Space Lifestyle Magazine<sup>129</sup>, а также публиковала статьи на ресурсах Wired.com, Space.com, действующем под эгидой NASA интернет-ресурсе Astrobiology Magazine<sup>130</sup>, ресурсе Space Times<sup>131</sup> и в некоторых газетах, выходящих на Среднем Западе США. Нэнси участвовала в нескольких подкастах (интернет-радиотрансляциях) на тему космонавтики, включая Astronomy Cast, 365 Days of Astronomy, и сама организовывала подкаст для Института селенологии NASA. Нэнси Аткинсон проживает в штате Миннесота, США.

---

<sup>128</sup> «Вселенная сегодня». – *Прим. пер.*

<sup>129</sup> «Журнал об образе жизни в стиле космоса». – *Прим. пер.*

<sup>130</sup> «Астробиологический журнал». – *Прим. пер.*

<sup>131</sup> «Космическая Таймс». – *Прим. пер.*

## Рекомендованные дополнительные источники и литература

**Национальное агентство США по авиации и исследованию космического пространства (NASA):** [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov), каналы @NASA в Twitter и Instagram.

**Европейское космическое агентство (ЕКА, ESA):** [www.esa.int](http://www.esa.int), канал @ESA в Twitter, @europeanspaceagency в Instagram.

**Японское агентство аэрокосмических исследований (JAXA):** [global.jaxa.jp](http://global.jaxa.jp), канал @JAVA\_en в Twitter.

**Индийская организация космических исследований (ISRO):** [www.isro.gov.in](http://www.isro.gov.in), канал @ISRO в Twitter, канал @isro\_india в Instagram.

**Роскосмос (Российская государственная корпорация по космической деятельности):** [www.roskosmos.ru](http://www.roskosmos.ru), канал @roskosmos в Twitter, канал @roskosmosofficial в Instagram.

**Карта и список мировых космических агентств:** [pillownaut.com/spacemap/spacemap.html](http://pillownaut.com/spacemap/spacemap.html)

**Лаборатория реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory):** [www.jpl.nasa.gov](http://www.jpl.nasa.gov), канал @NASAJPL в Twitter, канал @nasajpl в Instagram.

**АМС New Horizons:** [pluto.jhuapl.edu](http://pluto.jhuapl.edu), [www.nasa.gov/mission\\_pages/newhorizons/](http://www.nasa.gov/mission_pages/newhorizons/), Twitter-каналы @NASANewHorizons и @NewHorizons2015, канал @newhorizonsmission в Instagram.

### Книги

• Браун, Майк. Как я убил Плутон и почему это было неизбежно (оригинал: *How I killed Pluto and Why It Had it Coming* by Mike Brown).

*The Case for Pluto: How a Little Planet Made a Big Difference* by Alan Boyle.

*The Pluto Files: The Rise and Fall of America's Favorite Planet* by Neil deGrasse Tyson.

*Chasing New Horizons: Inside Humankind's First Mission to Pluto* by Alan Stern and David Grinspoon.

**Марсоход Curiosity (Mars Science Laboratory):** [mars.nasa.gov/msl](http://mars.nasa.gov/msl), каналы @marscuriosity в Twitter и Instagram.

### Книги

*Mars Rover Curiosity: An Inside Account from Curiosity's Chief Engineer* by Rob Manning and William L. Simon.

*The Right Kind of Crazy: A True Story of Teamwork, Leadership, and High-Stakes Innovation* by Adam Steltzner and William Patrick.

*Mars Up Close: Inside the Curiosity Mission* by Marc Kaufman.

*Curiosity Rover: Design, Planning, and Field Geology on Mars*, by Emily Lakdawalla.

**Космический телескоп «Хаббл»:** [hubblesite.org](http://hubblesite.org), [www.spacetelescope.org](http://www.spacetelescope.org), канал @HubbleTelescope в Twitter, канал @hubble\_space в Instagram.

### Книги

*Expanding Universe: Photographs from the Hubble Space Telescope* by Owen Edwards and Zoltan Levay.

*The 4 Percent Universe: Dark Matter, Dark Energy, and the Race to Discover the Rest of Reality* by Richard Panek.

*The Hubble Cosmos: 25 Years of New Vistas in Space* by David H. DeVorkin and Robert W. Smith.

**АМС Dawn:** [dawn.jpl.nasa.gov](http://dawn.jpl.nasa.gov)

**Хроника межпланетной станции Dawn от Марка Реймана:** [dawn.jpl.nasa.gov/mission/journal.asp](http://dawn.jpl.nasa.gov/mission/journal.asp), канал @NASA\_Dawn на Twitter.

**Проекты «Кеплер» и К2:** [kepler.nasa.gov](http://kepler.nasa.gov), [www.nasa.gov/mission\\_pages/kepler](http://www.nasa.gov/mission_pages/kepler), канал @NASAKepler на Twitter.

Книга

• Биллингс, Ли. 5 000 000 000 лет одиночества. Поиск жизни среди звезд (оригинал: *Five Billion Years of Solitude: The Search for Life Among the Stars* by Lee Billings).

**АМС «Кассини»:** [saturn.jpl.nasa.gov](http://saturn.jpl.nasa.gov), [www.nasa.gov/mission\\_pages/cassini](http://www.nasa.gov/mission_pages/cassini), каналы @CassiniSaturn в Twitter и Instagram.

Книга

*Titan Unveiled: Saturn's Mysterious Moon Explored* by Ralph Lorenz and Jacqueline Mitton.

**Проект Solar Dynamics Observatory:** [sdo.gsfc.nasa.gov](http://sdo.gsfc.nasa.gov), [www.nasa.gov/mission\\_pages/sdo](http://www.nasa.gov/mission_pages/sdo), канал @NASASunEarth в Twitter.

Программы Heliviewer и проект The Sun Now: [sdo.gsfc.nasa.gov/data](http://sdo.gsfc.nasa.gov/data).

Научный блог проекта SDO: [sdoisgo.blogspot.com](http://sdoisgo.blogspot.com).

**АМС Mars Reconnaissance Orbiter:** [mars.nasa.gov/mro](http://mars.nasa.gov/mro).

Фотографии HiRISE: [hirise.lpl.arizona.edu](http://hirise.lpl.arizona.edu).

Проект HiWish: [uahirise.org/hiwish](http://uahirise.org/hiwish).

Проект HiView: [uahirise.org/hiview](http://uahirise.org/hiview).

Проект Beautiful Mars: [uahirise.org/epo](http://uahirise.org/epo).

Канал @HiRISE в Twitter.

**АМС Lunar Reconnaissance Orbiter:** [lunar.gsfc.nasa.gov](http://lunar.gsfc.nasa.gov), [nasa.gov/mission\\_pages/LRO](http://nasa.gov/mission_pages/LRO), канал @LRO\_NASA в Twitter.

Фотографии LROC: [lroc.asu.edu](http://lroc.asu.edu).

Лаборатория планетологии и селенологии: [www.lpl.arizona.edu](http://www.lpl.arizona.edu).

Книги

*The Once and Future Moon* by Paul Spudis.

• Чайкин, Эндрю. Человек на Луне (оригинал: *A Man on the Moon* by Andrew Chaikin).

**АМС Juno:** [www.nasa.gov/mission\\_pages/juno](http://www.nasa.gov/mission_pages/juno), канал @NASAJuno в Twitter.

Фотографии JunoCam: [missionjuno.swri.edu/junocam](http://missionjuno.swri.edu/junocam).

**Отдел обеспечения обслуживания спутников:** [ssco.gsfc.nasa.gov](http://ssco.gsfc.nasa.gov).

**Проект Restore-L:** [ssco.gsfc.nasa.gov/restore-L.html](http://ssco.gsfc.nasa.gov/restore-L.html).

**Космический телескоп «Джеймс Уэбб»:** [jwst.nasa.gov](http://jwst.nasa.gov), [jwst.stsci.edu](http://jwst.stsci.edu).

**Некоторые другие книги на тему космических исследований, которые рекомендует Нэнси:**

Уайт, Фрэнк. Эффект общего обзора: исследования космоса и эволюция человечества (оригинал: *The Overview Effect* by Frank White).

• Саган, Карл. Голубая точка. Космическое будущее Человечества (оригинал: *Pale Blue Dot and Cosmos* by Carl Sagan).

*Death From the Skies and Bad Astronomy* by Phil Plait.

*Space: A History of Space Exploration in Photographs* by Andrew Chaikin.

*Breaking the Chains of Gravity: The Story of Spaceflight Before NASA* by Amy Shira Teitel.

• Мэй, Брайан, Мур, Патрик, Линтотт, Крис. Большой взрыв. Полная история Вселенной (оригинал: *Bang! The Complete History of the Universe* by Chris Lintott, Brian May and Patrick Moore).

• Хэдфилд, Кристофер. Руководство астронавта по жизни на Земле (оригинал: *An Astronaut's Guide to Life on Earth: What Going to Space Taught Me About Ingenuity, Determination, and Being Prepared for Anything* by Chris Hadfield).

• Клюгер, Джефффри, Ловелл, Джеймс. Аполлон-13: Потерянная Луна (оригинал: *Lost Moon (Apollo 13)* by James Lovell and Jeffrey Kluger).

*Rise of the Rocket Girls: The Women Who Propelled Us, from Missiles to the Moon to Mars*  
by Nathalia Holt.