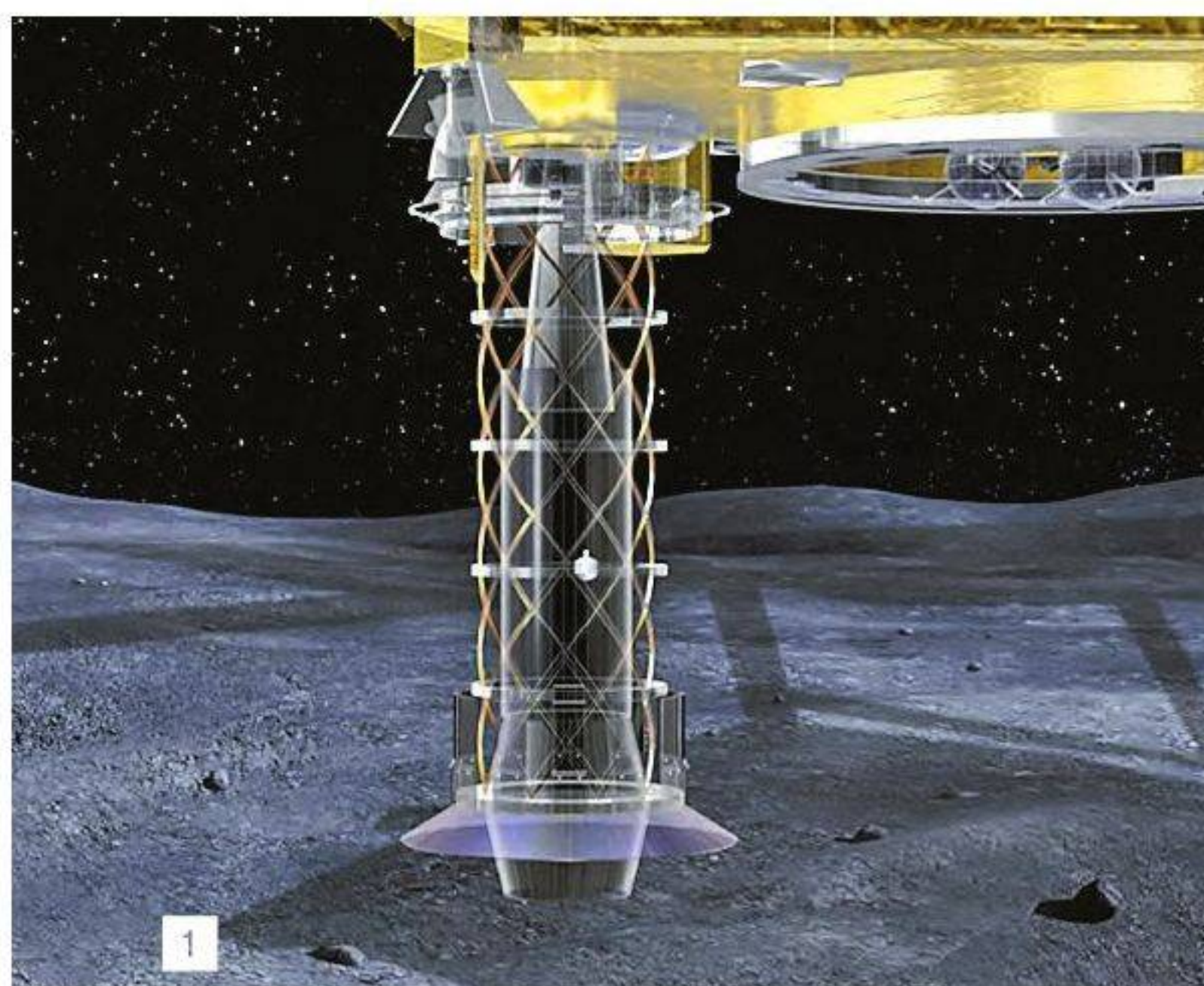


СОКОЛИНАЯ ОХОТА

ТОНКАЯ ОГНЕННАЯ ПОЛОСА ПРОЧЕРТИЛА НОЧНОЕ НЕБО АВСТРАЛИИ 13 ИЮНЯ 2010 ГОДА. В АТМОСФЕРУ ВРЕЗАЛСЯ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, ПОХОЖИЙ НА ЛЕТАЮЩУЮ ТАРЕЛКУ. ПОЛЕТ ЗА ДРАГОЦЕННЫМ ГРУЗОМ ДЛИЛСЯ ЦЕЛЫХ СЕМЬ ЛЕТ

ИГОРЬ АФАНАСЬЕВ,
ДМИТРИЙ ВОРОНЦОВ



ОСНАЩЕНИЕ

Научная обвеска японского «Сокола»

«Хаябуса» разработан японским Институтом космических исследований *ISAS*, основателем которого был пионер ракетно-космической техники Хидэо Итокава. Научная аппаратура «Хаябусы» включала: многодиапазонную камеру для картографии и навигации, многолучевой инфракрасный лазерный дальномер, спектрометр ближнего инфракрасного диапазона для определения минерального состава поверхности, флуоресцентный рентгеновский спектрометр для изучения элементного состава поверхности, грунтозаборное устройство, посадочный зонд «Минерва».

Через полчаса диск — все, что осталось от японского межпланетного зонда «Хаябуса», — под парашютом приземлился на ракетном полигоне Вумера в пустынной Южной Австралии. Когда-то здесь был космодром, но лишь дважды, в ноябре 1967-го и октябре 1971 года, с него удалось успешно запустить спутники. Посадка «Хаябусы» на миг вернула Вумере причастность к Большому космосу. Так завершилась одиссея зонда, сражавшегося семь лет подобно бесстрашному самураю за свою жизнь и трофеи, которые он нес хозяевам. Пожалуй, это самая яркая страница японской космонавтики и едва ли не самая драматичная в истории межпланетной миссии.

Сравнительно небольшой космический аппарат массой чуть больше полутонны был запущен 9 мая 2003 года с космодрома Утиноура на острове Кюсю. Основными задачами полета было испытание новых электрореактивных двигателей и системы автономной навигации аппарата вдалеке от Земли. При этом перед экспериментальным аппаратом поставили амбициозную цель — впервые в мире доставить на Землю образцы грунта с астероида. Взять их предстояло с недавно открытой малой планеты номер 25 143, которая уже после старта официально получила имя в честь пионера японской ракетно-космической техники Хидэо Итокавы.

«Хаябуса» в переводе с японского означает «сокол». Космический «Сокол» на птицу ничем не походил — это был параллелепипед с основанием $1,5 \times 2$ м и высотой 1 м, на котором закреплены панели солнечных батарей и остронаправленная антенна диаметром 1,5 м. На борту было запасено 50 кг гидразина для жидкостных маневровых двигателей и 65 кг ксенона для маршевого электроракетного двигателя, а точнее — системы из четырех двигателей. По принципу действия электроракетные двигатели представляют собой компактные ускорители ионов. Атомы ксенона ионизируются, а затем разгоняются электромагнитным полем до скорости в несколько десятков километров в секунду. Поэтому такие двигатели также называют ионными. Скорость истечения вещества у них составляет 20–40 км/с — на порядок выше, чем у химических ракетных двигателей, что позволяет во столько же раз сократить запасы топлива на борту. Однако масса выбрасываемого вещества у ионных двигателей на несколько порядков меньше, и потому тяга чрезвычайно мала — меньше грамма, и чтобы заметно изменить траекторию аппарата, им надо работать месяцами, а то и годами. Зато они позволяют совершать очень точные маневры.

Первая проблема возникла сразу после старта, когда из-за нестабильной работы пришлось отключить один из четырех ионных двигателей. Остальные три функционировали исправно, но с ноября 2003 года их мощность пришлось снизить: колоссальная вспышка на Солнце повредила солнечные батареи, и аппарат лишился значительной части энергии. И все же

АВТОРЫ



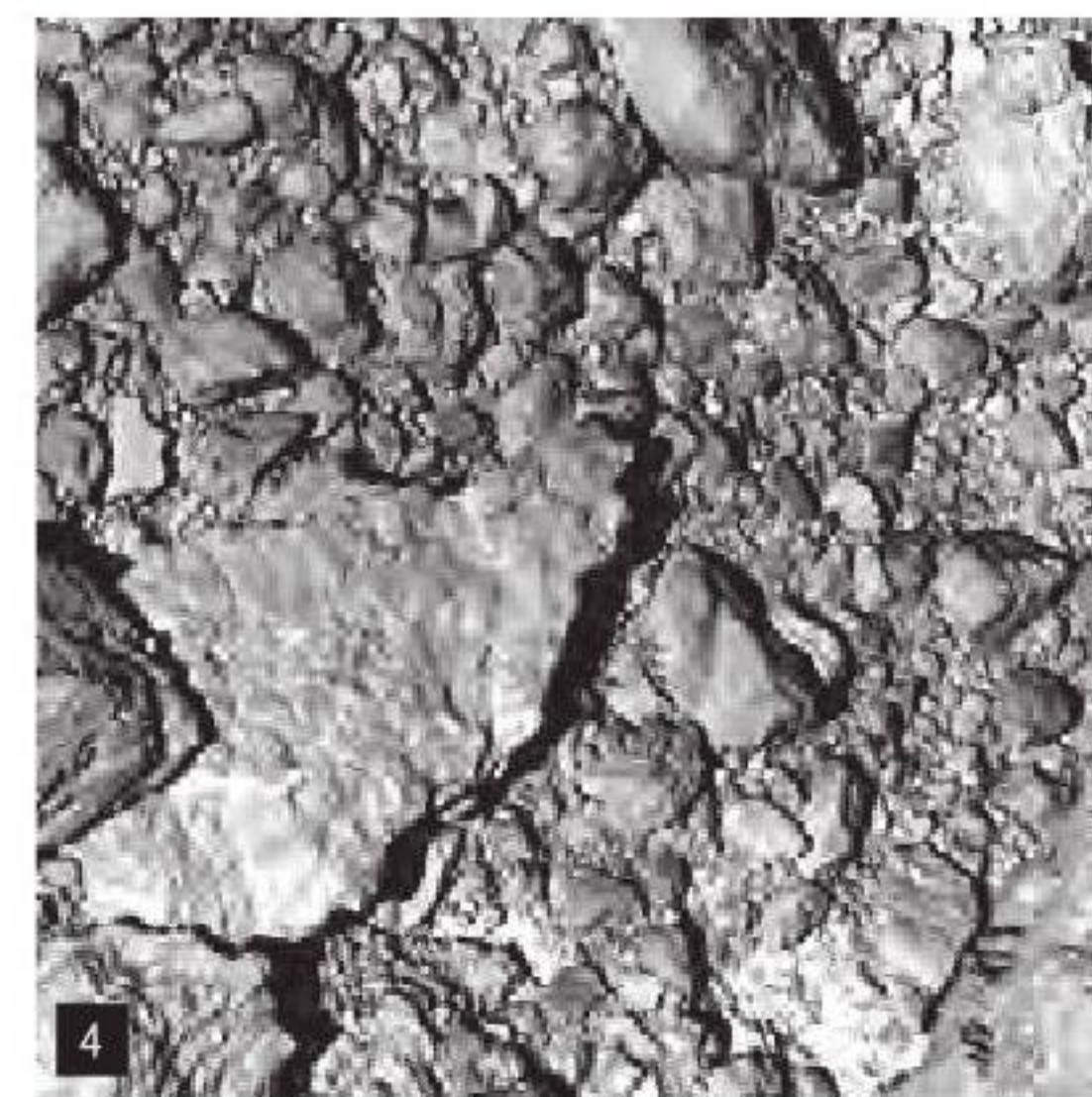
**ДМИТРИЙ
ВОРОНЦОВ**

1965 — Родился в Душанбе.
1988 — Окончил КуАИ-СГАУ им. С.П. Королева. Участвовал в программе «Энергия-Буран», автор публикаций по космонавтике и ракетной технике.



**ИГОРЬ
АФАНАСЬЕВ**

1962 — Родился в Горьком.
1986 — Окончил МВТУ имени Н.Э. Баумана.
1986–2000 — Работал на предприятиях авиакосмической отрасли. Известный эксперт в области истории и перспектив ракетно-космической техники.



1 2 Так виделось взятие проб с астероида: пыль возле грунтозаборника, робот «Минерва» на заднем плане. Но все оказалось сложнее
3 Зонд «Хаябуса» прибыл к астероиду Итокава в сентябре 2005 года
4 На поверхности астероида непросто

найти подходящее место для посадки
5 20 ноября 2005 года при посадке случилась авария — зонд упал на поверхность Итокавы
6 Руководитель проекта Дзюньитиро Кавагути в центре управления «Хаябусой», пожем на обычный офис



ПЕРСПЕКТИВА

Астероидная органика

На базе опыта, полученного при полете «Хаябусы», японские инженеры и ученые уже приступили к разработке зонда «Хаябуса-2». Его масса будет вдвое меньше, чем у предшественника, но он сможет решать не менее сложные задачи. По плану в 2014-м «Хаябуса-2» отправится к безымянному пока астероиду 1999JU3, чтобы около 2020 года доставить с него образцы, причем взятые не с поверхности, а с некоторой глубины.

Для этого специальный 30-сантиметровый импактор произведет на поверхности взрыв, образуя метровую воронку. На ее дне станет доступен внутренний материал астероида, который до взрыва был укрыт от разрушительного воздействия солнечной радиации. Астероид 1999JU3 относится к редкому классу С и, как считается, сохранился без изменений со времен формирования Солнечной системы. Если в доставленных с него образцах обнаружатся молекулы аминокислот, это послужит укреплению гипотезы о том, что химический фундамент жизни мог быть заложен вне Земли.

Для надежности аппарат оснастят двумя системами сбора астероидного вещества — механической и на основе особой липкой субстанции. «Хаябуса-2» также получит более надежные двигатели и обновленные системы ориентации и связи. Правительство Японии уже выделило около 200 миллионов долларов на реализацию этого амбициозного научного проекта.

к июню 2005 года, с опозданием на три месяца, он достиг астероида Итокава и начал осторожное неторопливое сближение. Тут «Хаябусу» поджидала еще одна неприятность: в последний день июля забарахлил и был остановлен один из трех маховиков в системе ориентации. Это увеличило нагрузку на два оставшихся, но не мешало продолжению программы.

СУЖАЯ КРУГИ

Зонд вышел на орбиту вокруг астероида и приступил к составлению его карты для выбора места посадки и взятия образцов. Итокава, как оказалось, имеет сильно вытянутую неправильную форму, и прогнозировать движение аппарата вблизи него сложно, поскольку нет точных данных о том, как распределена масса астероида.

Постепенно сужая круги, аппарат изучал форму астероида и свойства его поверхности. 12 сентября «Хаябуса» зависает в 20 км над астероидом, к концу месяца переходит на 7-километровую орбиту. Казалось, еще немного, и цель миссии будет достигнута. И тут 3 октября 2005 года отказывает второй маховик. Оставшегося одного уже недостаточно для поддержания правильной ориентации аппарата. Между тем это ключевое условие для успешной работы. Солнечные батареи — источник энергии — должны быть повернуты к свету, антенна — к Земле, а научная аппаратура — к астероиду. Чтобы компенсировать отказавшие маховики, пришлось задействовать маневровые двигатели и тратить запасы гидразина. Но невзирая на все повреждения «Хаябуса» продолжил идти к цели.

На поверхности астероида наметили две области для забора грунта. Первую назвали Море Муз по первоначальному кодовому обозначению «Хаябусы» — *MUSES-C*, вторую — Пустыня Вумера по планируемому месту возвращения на Землю. 4 ноября с высоты 3 км над астероидом японский «Сокол» начал первый осторожный спуск к поверхности. В слабом поле тяготения астероида все движения выполняются очень медленно, скорость аппарата составляет всего несколько сантиметров в секунду, и спуск растягивается на целый день. Касаться поверхности в этот раз не планировалось, целью было сбросить на астероид небольшой прыгающий робот «Минерва». Однако на высоте около 700 м обнаружилось, что навигационная система ведет аппарат к поверхности неверным курсом. Пришлось вмешаться земным операторам и выдать команду ухода на безопасное расстояние. И все же польза от этого прерванного спуска была — на полученных крупномасштабных снимках видно, что Пустыня Вумера покрыта беспорядочно наваленными крупными камнями, и садиться здесь опасно.

Несколько дней ушло на решение проблем с навигацией и проведение тестового спуска до высоты 70 м, в ходе которого обследовалась поверхность Моря Муз. Новая попытка высадить на поверхности робот «Минерва» состоялась 12 ноября и закончилась полным провалом. Из-за ошибки в выборе направления робот, похожий на консервную банку, покрытую солнечными батареями, не попал в астероид и, медленно вращаясь, затерялся в «бездонных глубинах космоса», как любят выражаться газетчики.

КОМАРИНЫЙ УКУС

Вновь уйдя на безопасную высоту, «Хаябуса» стал готовиться к забору грунта. Сделать это планировалось так: при контакте с поверхностью выстрелить в нее танталовой пулей, собрать разлетающиеся песчинки в небольшую капсулу и сразу уйти вверх на маневровых двигателях. Спуск начался ночью 19 ноября. Постепенно снизив скорость, аппарат сбросил на поверхность светоотражающий маркер (кстати, внутри него находилась алюминиевая пластинка с именами 880 000 человек со всего мира, которые по Интернету выразили поддержку проекту). Наконец зонд завис

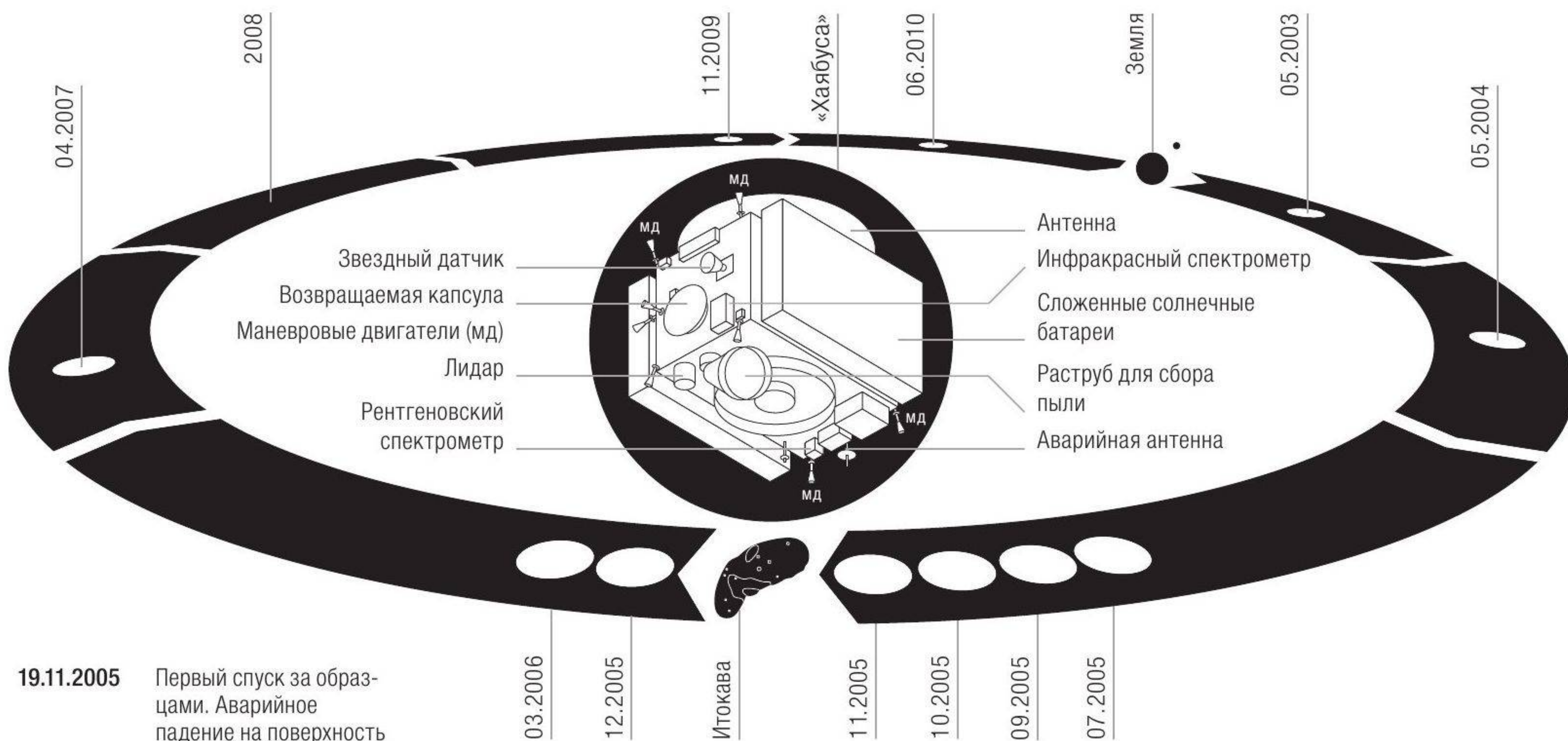
ТАЙМЛАЙН

Миссия длинной в семь лет

- 09.05.2003 Старт, включение ионных двигателей
- 05.2004 Встреча с Землей, гравитационный маневр
- 07.2005 Приближение к Итокаве. Вышел из строя маховик
- 09.2005 Прибытие к Итокаве. Расстояние 20 км
- 10.2005 Изучение астероида с расстояния 7 км. Отказ второго маховика
- 04.11.2005 Первая попытка спуска
- 12.11.2005 Вторая попытка. Потерян робот «Минерва»

в 25 м над Морем Муз. Затем двигатели были выключены, и началось медленное свободное падение. Тяготение астероида столь слабое, что падение должно было занять около получаса, а скорость соударения составила бы лишь несколько сантиметров в секунду. На Земле такая скорость развивается при падении с высоты всего полмиллиметра. Но даже столь медленным движением невозможно управлять в реальном времени с расстояния 300 миллионов км, ведь сигнал идет туда-обратно почти 40 минут. Поэтому заключительной фазой взятия грунта управляла автоматика.

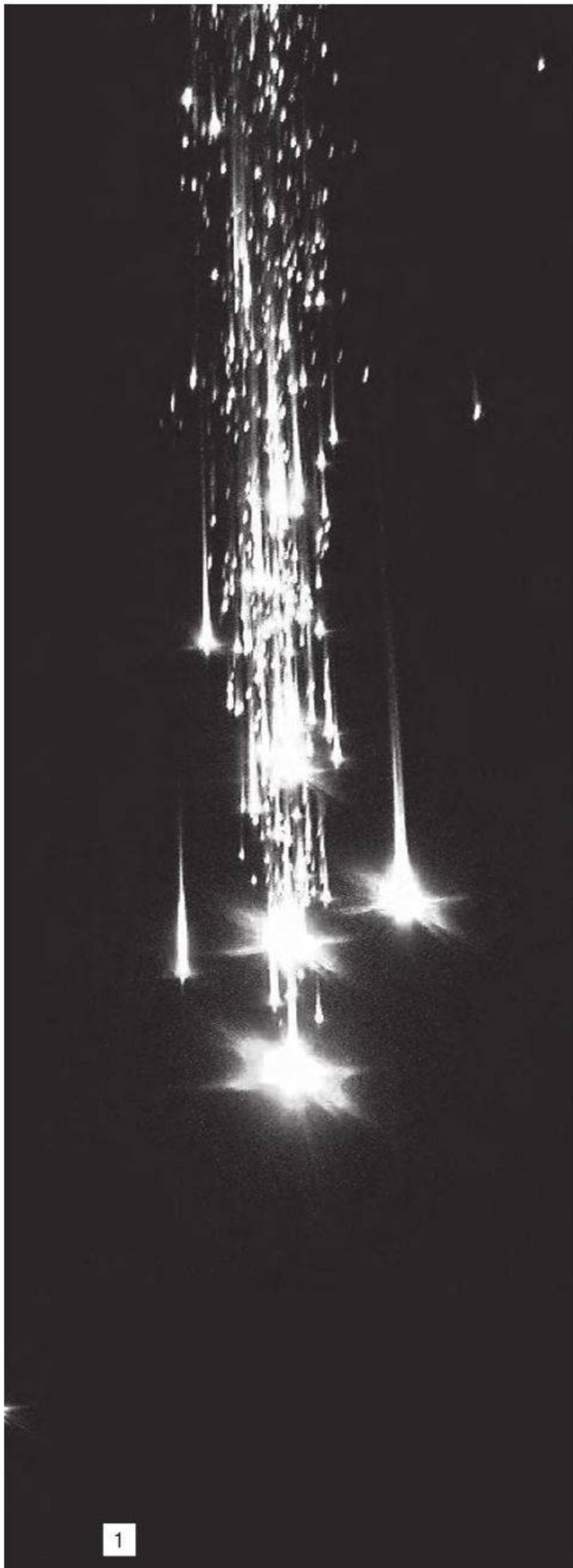
Как показал потом анализ данных, в нескольких метрах от поверхности датчик препятствий выдал сигнал тревоги, прерывающий операцию. Должны были включиться двигатели, уводящие аппарат вверх, но этого не случилось из-за того, что еще раньше нарушилась ориентация аппарата. Как это часто бывает в аэрокосмической технике, причиной аварии становится сочетание двух и более неблагоприятных факторов. Аппарат упал на поверхность, ударившись, как



- 19.11.2005 Первый спуск за образцами. Аварийное падение на поверхность и взлет с нее
- 25.11.2005 Второй спуск за образцами. Грунтозаборное устройство не сработало. Утечка топлива, отказ маневровых двигателей
- 27.11.2005 Связь потеряна. Электропитание отключилось
- 12.2005 Спасательные операции. Связь по аварийному каналу
- 03.2006 Восстановлено управление зондом
- 04.2007 Начало обратного пути
- 2008 Полет в спящем режиме
- 11.2009 Отказ одного из ионных двигателей. Запуск двигателя, скомбинированного из частей отказавших
- 13.06.2010 Посадка возвращаемой капсулы

и планировалось, подпружиненным грунтозаборным устройством, но оно не сработало — ведь по сигналу тревоги все операции были отменены. Отскочив от поверхности, «Хаябуса» пытался восстановить ориентацию, но безуспешно. Описав дугу высотой около 20 м, он упал и остался лежать на астероиде, чудом не повредив хрупкие солнечные батареи. Лишь полчаса спустя операторы, поняв, что произошло, дали команду на включение двигателей, и «Хаябуса» совершил первый в истории космонавтики взлет с поверхности астероида.

Предпринятая через семь дней повторная попытка оказалась более успешной. На этот раз вся навигация отработала безупречно, но вот труба грунтозаборника лишь коснулась поверхности, а выстрела, который должен был поднять облачко пыли, так и не случилось. Правда, известно об этом стало не сразу, поскольку, едва поднявшись на безопасную высоту, «Хаябуса» стал терять ориентацию, и, как следствие, начались перебои в связи и электропитании. Попытки стабилизировать аппарат двигателями ориентации успеха не принесли, и вскоре связь была потеряна.



1



2

1 Чтобы не столкнуться с горящими обломками «Хаябусы», возвращаемая капсула вошла в атмосферу с небольшим упреждением

2 Капсула и парашют в пустыне Вумера

ТРАВИ КСЕНОН!

Казалось бы, полное фиаско, но упрямые японцы не привыкли сдаваться. Контакт с «Хаябусой» восстановили через несколько дней по аварийному каналу — периодически включая и выключая передатчик. На помощь японским коллегам пришла сеть дальней космической связи NASA. Ее мощный 70-метровый радиотелескоп позволил в несколько раз поднять скорость обмена информацией. Так, по одному биту, можно сказать, морзянкой, на борт передали новую программу управления ориентацией аппарата с помощью вовсе для этого не предназначенных устройств — нейтрализаторов ионных двигателей.

Когда ионный двигатель выбрасывает положительно заряженные атомы ксенона, сам аппарат заряжается отрицательно. Чтобы предотвратить это, нейтрализатор готовит отрицательно заряженные ионы и подмешивает их в истекающий поток. В критической ситуации специалисты по двигателям предложили понемногу стравливать ксенон через нейтрализаторы и таким способом заставить аппарат медленно поворачиваться. Ориентация стала постепенно восстанавливаться, и с аппарата начали скачивать данные о последнем спуске к астероиду. Частично они были утрачены из-за многократных перебоев с питанием, но из того, что сохранилось, следовало, что грунт со второй попытки взять, скорее всего, не удалось. Осталась, правда, надежда, что несколько крупинок астероидного вещества удалось захватить при первой попытке, когда аппарат больше получаса провел у поверхности астероида. Предпринимать третью попытку при столь многочисленных отказах было нереально, и «Хаябусу» стали готовить в обратный путь. Баллистики просчитали: чтобы вернуться на Землю в 2007 году, надо стартовать не позднее 15 декабря 2005 года.

В ходе подготовки стало ясно, что отказ двигателей ориентации связан с разгерметизацией топливного трубопровода. Гидразин стал испаряться в космос, что и вызвало закрутку аппарата, а вдобавок еще и охлаждение, повредившее аккумуляторные батареи. Причина утечки так и осталась неясной. Возможно, к этому привела нештатная посадка на астероиде, хотя инженеры в этом сомневаются — скорость удара была совсем невелика, а пробитый трубопровод находился на верхней стороне аппарата. Попытка хотя бы частично восстановить работу жидкостных двигателей привела к новой утечке и потере ориентации. Пришлось на полтора месяца оставить аппарат на «проветривание», чтобы испарились все остатки топлива. Сроки старта к Земле были сорваны, а новая возможность вернуться назад была лишь через три года.

Инженеры потратили появившееся время на тщательную подготовку к полету многострадального «Сокола». За год удалось восстановить 7 из 11 аккумуляторов. Грунтозаборный контейнер был перемещен в возвращаемый аппарат. Доработанное бортовое программное обеспечение поддерживало ориентацию за счет совместного использования оставшегося маховика, ионных двигателей и давления света на солнечные батареи. И в конце апреля 2007 года «Хаябуса» начал разгон к Земле.

«ДВИГАТЕЛЬ-ФРАНКЕНШТЕЙН»

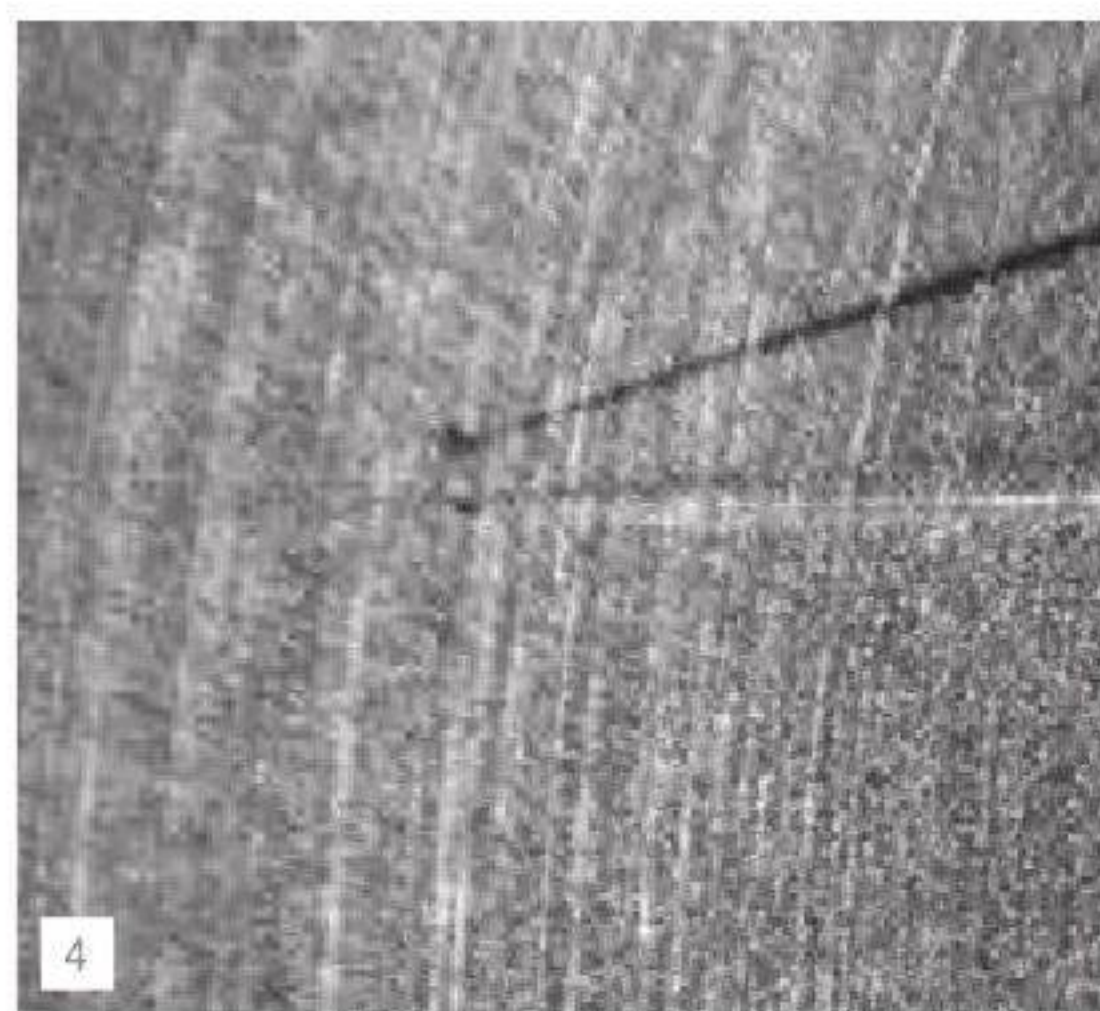
Электроракетным двигателям предстояло проработать около 10 000 часов. Но лишь один из них удалось запустить вовремя. Второй «оживили» только к концу лета. Когда в середине октября 2007 года закончился первый этап разгона, зонд прибавил в скорости около 1700 м/с и... был на полтора года «усыплен». Режим ожидания позволял экономить ксенон, который в данных обстоятельствах был в буквальном смысле дороже золота. Второй этап разгона начался 4 февраля 2009 года. Сначала два двигателя работали попеременно, а с сентября — вместе, развивая тягу около полуграмма, и так до тех пор, пока 4 ноября наиболее активно используемый



3 Поисковая группа обнаружила возвращаемую капсулу с образцами

4 Микроманипулятор извлекает астероидную пылинку из капсулы «Хаябусы»

5 В сентябре 2010 года после извлечения образцов возвращаемая капсула «Хаябусы» была выставлена на всеобщее обозрение в супермаркете города Осака



двигатель не отказал из-за износа. Другой тоже находился на грани отключения, а надо было проработать еще несколько месяцев.

В такой ситуации любой опустит руки, но не таковы потомки самураев. Несколько дней размышлений над устройством двигателей принесли решение: а что если попробовать использовать исправные элементы разных камер? От этой возьмем ускоритель ионов, а от той — нейтрализатор. Правда, при этом расход ксенона получался выше нормы, но в запасе еще оставалось более 20 кг, а требовалось всего пять. После недельного тестирования предложенной схемы на наземных стендах было принято окончательное решение лететь на «двигателе-франкенштейне», и 19 ноября «Сокол» возобновил разгон.

То включая, то выключая двигатели, инженеры вели зонд к Земле. Последнее длительное включение продолжалось с 12 по 27 марта 2010 года и вывело зонд на траекторию возвращения к родной планете. Потом было еще пять небольших коррекций траектории все тем же электроракетным двигателем, и точно в расчетное время вечером 13 июня «Хаябуса» и отделенная от него дисковидная капсула вошли в атмосферу на скорости 12,2 км/с. На высоте 10 км раскрылся парашют, и к утру капсула уже была обнаружена одной из шести поисковых групп. От расчетной точки посадки она отклонилась чуть больше, чем на километр. Точность фантастическая для столь длительного межпланетного вояжа.

Осталось узнать самое важное: удалось ли взять пробы грунта с астероида? Одну из двух ловушек вскрыли в начале июля. В ней нашлись две крупинки размером около 10 мк и около тысячи пылинок меньшего размера. Осенью вскрыли и вторую ловушку. Увы, часть обнаруженных частиц имела вполне земное происхождение. Неужели неудача? В начале октября японские ученые с «осторожным оптимизмом» сообщили, что найдены две песчинки, чей состав отличается от земного. В середине ноября таких было уже не менее тысячи. Именно ради них «Сокол» и проделал свой путь. 🌐