

ПОСЛЕ ТОГО КАК NASA БЫЛО ВЫНУЖДЕНО ОТКАЗАТЬСЯ ОТ ПЛАНОВ ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ, НА ПЕРВОЕ МЕСТО В СПИСКЕ ЗАДАЧ АГЕНТСТВА ВЫШЕЛ ТАИНСТВЕННЫЙ МАРС И АСТЕРОИДЫ, КОСМИЧЕСКИЕ ХУЛИГАНЫ, ТОИ ДЕЛО УГРОЖАЮЩИЕ ЗЕМЛЕ СВОИМИ РИСКОВАННЫМИ МАНЕВРАМИ. ВАЖНЕЙШИМ ЭТАПОМ ИХ ИЗУЧЕНИЯ БУДЕТ МАСШТАБНАЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДКА. ЯСНОЕ ДЕЛО, АЛЬПЕНШТОКАМИ И РУЧНЫМИ БУРАМИ ТУТ НЕ ОБОЙТИСЬ **Текст: Владимир Санников**

БУРОВАЯ НА АСТЕРОИДЕ

Кометы и астероиды относятся к малоизученным объектам Солнечной системы. Отсюда понятен повышенный интерес ученых к этим зачастую непредсказуемым и смертельно опасным космическим бродягам. Первым проектом в истории их освоения, в котором на ведущих ролях выступили астрогеологи, стала миссия к комете Wild-2, стартовавшая зимой 1999 года. Автоматическую межпланетную станцию Stardust инженеры Lockheed Martin Astronautics создали специально для сбора и доставки на Землю кометного вещества.

На пути к галактической страннице Stardust немного покрутился вокруг Луны, заскочил в гости к маленькому астероиду Аннифранк и в ожидании настоящего дела поработал космическим

БОНУС
НА САЙТЕ



пылесосом. Проблема сбора микроскопических образцов была решена весьма оригинально: пылинки, летящие на бешеных скоростях, ловила капсула-сачок со 132 ячейками, наполненными аэрогелем. Эта сверхтехнологичная субстанция с рекордно низкой среди твердых тел плотностью была изобретена американцем Стивеном Кистлером еще в 1931 году. Аэрогелевые ловушки работают настолько мягко, что в них не разрушаются даже хрупкие органические молекулы, "налипшие" на космические частицы. 15 января 2006 года капсула со Stardust вернулась на Землю, доставив исследователям уникальный материал в целостности и сохранности.

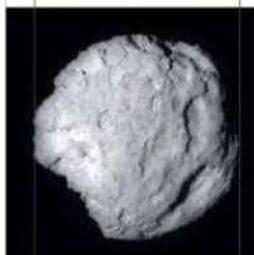
Ученый камикадзе

В случае с кометой Темпеля NASA использовала другой геологический инструмент – довольно грубый, но эффективный. 4 июля 2005 года космический аппарат Deep Impact во время максимального сближения с телом кометы выпустил специальный зонд Impactor, представлявший собой медную торпеду, начиненную исследовательской аппаратурой. Зонд на огромной скорости столкнулся с кометой и разрушился, в результате чего произошел массивный выброс кометного вещества объемом примерно 10 000 т. Тем не менее чувствительные приборы зонда успели сделать экспресс-анализ химического состава ядра кометы. В пробах была обнаружена органика, происхождение которой до сих пор неизвестно.

В июле этого года в Западной Австралии немногочисленные аборигены могли наблюдать феерическое зрелище – огненное шоу возвращения на Землю японского зонда Hayabusa, за семь лет совершившего космическое путешествие протяженностью 2 млрд километров. Железяка размером с двухкамерный холодильник бесследно сгорела в атмосфере, но ее ценный груз – герметичная капсула с несколькими миллиграммами инопланетного вещества – благополучно приземлилась на Зеленом континенте. Японский сокол вошел в историю цивилизации как первый космический аппарат, предпринявший геологические изыскания на астероидах. Как и в случае с кометой Темпеля, японцы выбрали самый простой и единственно возможный на том этапе развития технологии способ получения образцов грунта с затерянного в делях космоса гигантского булыжника под названием Итокава – бомбардировку. Бурение на Итокава было бы весьма проблематичным – гравитация на его поверхности в 60 000 раз слабее, чем на Земле.

КОМЕТА ВИЛЬДА

Отправляя аппарат Stardust к комете Вильде, также известной как Wild-2, ученые ожидали увидеть на фотографиях что-то вроде запыленного черного снежка. Вместо этого перед ними предстало твердое небесное тело со сложным рельефом: пиками высотой до 100 м, кратерами глубиной до 150 м. Диаметр самого большого кратера "Левая нога" достигает километра, а по площади он составляет пятую часть поверхности кометы. В образцах пыли была обнаружена аминокислота глицин и редкий на Земле изотоп углерода ¹³C.



Hayabusa подлетел к астероиду и, как гигантский комар, ужалил его двумя тяжелыми танталовыми пеллетами. Пиротехнический заряд разогнал кусочки металла до 1100 км/ч. Поднявшийся при этом фонтан пыли и камешков должен был оказаться в трубе-ловушке. Правда, при обследовании капсулы в ней оказалось всего 5 мг вещества. Возможно, причина столь скудного улова – твердая кремнистая порода, из которой состоит Итокава. Впрочем, существует и другой тип астероидов, сложенных из рыхлых углистых минералов. Именно на них обратили свои взоры инженеры компании Astrium, подразделения европейского концерна EADS.

Заводной механизм

Группа Лайзы Пикок разрабатывает пенетраторы для будущих миссий в пояс астероидов. Технические решения, найденные во время этой работы, помогут в дальнейшем создать более эффективные инструменты для освоения Марса. На астероидах можно потренироваться и командам, занимающимся технологиями транспортировки космических материалов на Землю. Первоначально работы проводились в рамках миссии Marco Polo, в которой участвовали европейское космическое агентство ESA и японское JAXA.

Задачей, которую поставили перед группой Лайзы Пикок, было создание простого автоматического механизма без внешнего источника энергии, способного осуществить забор пробы грунта массой 40 г в течение короткого пятисекундного контакта с поверхностью астероида. Такой маневр необходимо было повторить по меньшей мере трижды. Далее собранный материал должен был быть законсервирован и доставлен на Землю. Несмотря на то что миссия была отменена, группа Пикок продолжила работу в расчете на новые проекты.

На старте у инженеров Astrium было довольно пухлое портфолио из 20 оригинальных концепций. Для взятия проб предлагались миниатюрные лопаты, конвейерные ленты, щетки, клейкие пластины и т.д. В итоге из них были выбраны три идеи с минимальным риском отказа в экстремальных условиях открытого космоса – дротик с наконечником в виде цветка, лепестки которого смыкаются при углублении; парный совок, загребающий грунт и захлопывающийся в коробочку; коронообразная выколота с внутренней нейлоновой щетиной для задержки пылинок. Источником энергии во всех концепциях – мощная витая пружина.

В результате первичного тестирования было решено соединить все три идеи в гибрид – ти-

титановый лепестково-ударный механизм, снабженный щетиной, находящейся внутри трубки с конической нижней частью. В таком случае во время проникновения в астероидный реголит лепестки должны будут сложиться в горсть, захватывая пробу, а щетина сможет зафиксировать мельчайшие пылинки материала между своими волокнами. Два вращающихся эксцентрика на верхней части трубы с механической заводной пружиной должны обеспечить вибрацию, которая повысит эффективность забуривания.

По словам Лайзы Пикок, пружинный пенетратор отлично работает на материалах, имитирующих углистый реголит. Инженерам осталось лишь настроить мощность пружин, подобрать оптимальную жесткость щетины и довести геометрию отдельных элементов механизма до идеала. Разработка Astrium уже привлекла внимание NASA, и вполне возможно, что мы увидим ее в деле во время будущих американских миссий к Марсу и астероидам. В таком случае пенетратор Лайзы Пикок окажется в нескучной компании с миниатюрным буровым станочком компании Honeybee Robotics.

Принцип зубной щетки

Компания Honeybee Robotics занимается разработкой систем для роботизированного внеземного бурения с 1987 года. В середине 1990-х она построила для NASA уникальную буровую установку SATM для работы на кометах с глубиной бурения до 1,2 м. Тогда же был создан крохотный мобильный агрегат Mini-Coreg для установки на марсианских роверах. Но по различным причинам эти проекты были отклонены. Первым механизмом компании, полетевшим в космос, стал Rock Abrasion Tool (RAT) для руки-манипулятора Robotic Arm (RA) марсианского вездехода Lander, успешно опробованный в 2003 году.

RAT стал первым буровым агрегатом в истории, пробившим шурф на другой планете. Эта машинка, готовая работать годами без ремонта и обслуживания, оснащалась буровой штангой диаметром 4,5 см, титановой коронкой с алмазным напылением и тремя электромоторчиками по 11 Вт каждый. За два-три часа коронка RAT на скорости до 3000 об/мин могла просверлить чрезвычайно твердую породу на глубину 3 см, вынимая из нее столбик керна диаметром 8 мм. И это при массе 685 г и размерах с банку колы! Кроме того, на RA был установлен циркулярный рашпиль с совком-уловителем, предназначенный для получения проб грунта с поверхности.

ПОСЫЛКА

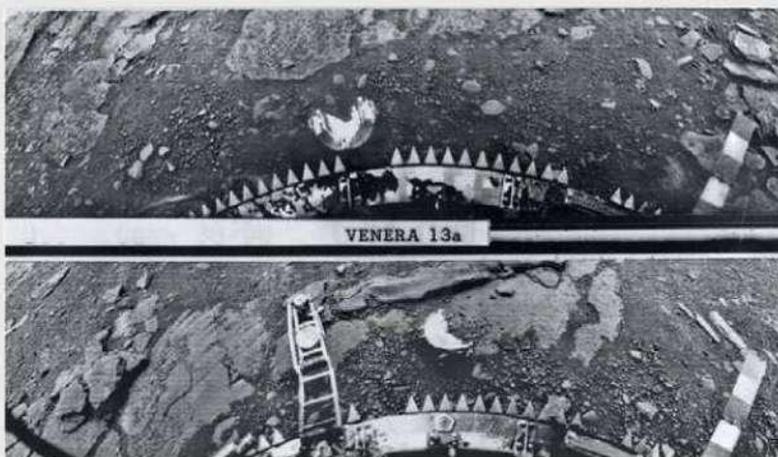
С ВЕНЕРЫ

Образцы грунта, взятые станцией "Венера-13", содержали 45% оксида кремния, 4% оксида калия, 7% оксида кальция. Породы, доставленная на Землю аппаратом "Венера-14", имела несколько иной состав: 49% оксида кремния, 10% оксида кальция и лишь 0,2% оксида калия. На месте посадки "Венеры-14" состав грунта примерно соответствует земному океаническому базальту. Атмосфера Венеры состоит по большей части из углекислого газа (96%) и азота (4%).

! Смеяться тут.

Новый проект Honeybee под названием MARTE напрямую связан с сенсационным открытием ледяных массивов на Северном полюсе Красной планеты, скрытых от наблюдателей под тонким слоем рыхлого грунта. По мнению астробиологов, в толще марсианского льда могут существовать некоторые формы жизни. MARTE – это автоматизированная система бурения с извлечением керна, способная проникнуть в марсианскую вечную мерзлоту на 10 м. Ее манипулятор имеет десять осей подвижности, а коронки бурового механизма усилены алмазным напылением. Извлечение обломков породы из шурфа осуществляется шнековым механизмом. MARTE выдает керн диаметром 2,7 и длиной 25 см. Потребляемая мощность системы не превышает 150 Вт, а давление на бур составляет 450 Н.

Для MARTE инженеры Honeybee протестируют различные виды бурения – ротационное, ротационно-реактивно-акустическое и ротационно-ударное. По словам ведущего инже-



ВЕНЕРА: АДСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Условия на планете, по иронии судьбы издревле символизирующей любовь, можно назвать настоящим адом

Полтысячи и более градусов жары, жуткое давление в 95 атм и тяжелое 50-километровое одеяло ядовитой атмосферы. И все же в 1982 году сразу два советских аппарата – Венера-13 и Венера-14 – достигли поверхности этой раскаленной сковородки и провели на ней уникальные буровые операции. Работы осуществлялись на специальных станках, разработанных в Ташкентском КБ машиностроения.

Создание грунтозаборного устройства для Венеры заняло полтора года, а до этого в течение пяти лет химики готовили для него особые сплавы. Конструкторам потребовался новый эффективный электродвигатель. Алмазная буровая коронка станка за две минуты должна была углубиться в очень твердый скальный грунт почти на 3 см. 120 мотосекунд – это предельный ресурс агрегата в подобных условиях. Транспортировка отдельных колонок керна в герметичный рентгенограф производилась по системе трубопроводов. Для этого

использовались пиропатроны, периодически пробивавшие специальные прокладки, через которые внутрь системы проникали атмосферные газы. Под их напором порции грунта проталкивались в камеру, где давление выравнивалось до 0,06 атм благодаря открытию клапана вакуумного баллона. Уникальность этой установки признали даже американцы из NASA, так и не рискнувшие повторить советский трюк с бурением в космическом аду. В 1985 году ташкентское ГЗУ еще раз побывало на Венере в рамках международной миссии к комете Галлея. **Модернизированная версия оригинального станка, закрепленная на посадочном аппарате Vega-1, успешно произвела бурение в другом районе планеты. В это же время коллектив ТашКБМ закончил разработку прототипов ГЗУ и пенетраторов для исследований геологии Марса и его спутника Фобоса, но грянувший развал Союза похоронил эти проекты в архивах лабораторий.**

нера компании Гейла Полсена, ротационное бурение было отвергнуто сразу. Для него требуется слишком большое давление на буровую колонну, которое манипулятор робота создать не в состоянии, – ведь лед на Марсе имеет твердость кварца. При ротационно-реактивно-акустическом бурении колонна работает, как электрическая зубная щетка: вращающиеся на 300 об/с эксцентрики вызывают в ней высокочастотную вертикальную вибрацию. Вместе с вращением это создает в разы большее давление между поверхностью долота и породой, чем при обычной ротации.

В процессе сборки находится инновационная ротационно-ударная установка. Здесь вместо мелкой вибрации используются удары биты особого пружинного механизма по наковальне, закрепленной на верхнем конце колонны, с частотой 30–40 повторений в секунду. Для финальной версии MARTE будет выбрана одна из этих методик или их сочетание.

НЕЛЕГКАЯ ДОБЫЧА

Три советских лунных разведчика сумели доставить домой лишь 326 г драгоценного лунного грунта. В 1970 году станция Луна-16, оснащенная ГЗУ (грунтозаборным устройством) ротационного бурения, с трудом выгрызла из скальной породы Моря Изобилия 101 г керна. Через два года новую партию реголита массой 55 г удалось добыть Луне-20. В августе 1976 года ГЗУ станции Луна-24 прекрасно отработало на поверхности Моря Кризисов, отобрав три образца реголита с глубин 100, 150 и 190 см общей массой 170 г.

Филиал Марса

Испытания установок Honeybee выделены NASA в специальную программу IceBite, рассчитанную на три года, которой руководит планетолог из исследовательского центра NASA Моффет Филд Крис Маккей. Команда Маккея нашла на Земле несколько мест для проведения тестов, относительно похожих на Марс экстремальными условиями. Это чилийская пустыня Атакама, район станции Мак-Мердо в Антарктиде, заполярный канадский остров Девон и... нью-йоркский Бруклин. Именно в Бруклине инженеры Honeybee сумели построить маленький Марс внутри большой морозильной камеры из нержавеющей стали.

За пятисантиметровыми стенками Mars Simulation Chamber царят жуткий холод (–80°C) и вакуум. В камере находится толстая ледяная глыба, покрытая рыхлым грунтом, в которую поочередно вгрызаются прототипы буровых установок. Тем не менее, по словам Гейла Полсена, создать в Mars Simulation Chamber условия, аналогичные марсианским, не получается. Например, лед на Марсе при бурении не становится водой, как на Земле, а сразу испаряется. Компьютерное моделирование процесса показало, что это будет феерическая картинка – вырывающийся из марсианского шурфа гейзер из пара, частиц породы и мельчайшей пыли. Полсен утверждает, что таким образом сама природа решает серьезную проблему очистки шурфа от лишнего материала.

Когда проект IceBite будет завершен, Mars Simulation Chamber не порежут на металлолом – в ней будут испытываться другие системы бурения для новых миссий на Луну, Марс, астероиды и спутник Юпитера Европы.

ЛУНА: ДЕЛО КРЕПКИХ МУЖСКИХ РУК

Почти пятьдесят лет назад для лунных миссий Apollo было создано целое семейство ручного геологического оборудования – от алюминиевых совочков на телескопической рукоятке до компактной буровой машины.

Первые пробы лунного реголита были собраны при помощи примитивного клещевого захвата астронавтами корабля Apollo 11. Громоздкие шкафобразные скафандры Нила Армстронга и База Олдрина позволили им с трудом наковырять около 22 кг камешков. Процедура предусматривала обязательную фотосъемку образцов и, когда позволяло время, описание места находки. Вторая экспедиция миссии привезла на Землю уже около 35 кг реголита и керна, добытых совком на длинной рукоятке и ручным буром диаметром 2 см, забивавшимся в грунт почти на 0,7 м. Астронавту Чарльзу Конраду для этого при-

шлось изрядно помахать молотком – каждый удар углублял шурф всего на сантиметр с хвостиком. В дальнейшем инструментарий совершенствовался и пополнялся новыми наименованиями. У Юджина Сернана и Харрисона Шмита, последних людей, побывавших на Луне, в арсенале имелся не только хитроумный алюминиевый телескопический совок с захватным устройством и грабли из нержавеющей стали, но и настоящий буровой станок. **Электрический ударный бур** Apollo Lunar Surface Drill (ALSD), разработанный и изготовленный из титана компанией Martin Marietta, мог вынуть столбик керна диаметром 2 см с глубины 3 м.

Буровая коронка ALSD из карбида молибдена была разработана компанией Chicago Latrobe. При весе 13,4 кг агрегат потреблял 430 Вт мощности. Для транспортировки добытых образцов на Землю астронавтами использовались мешочки, которые укладывались в герметичные алюминиевые контейнеры, похожие на чемоданы. Всего же по итогам шести экспедиций в лабораториях NASA оказалось более 380 кг реголита различных фракций. Надо сказать, что вся оснастка для геологических изысканий, привезенная на Луну кораблями Apollo, была там же и брошена – каждый грамм массы возвращаемого модуля был на вес золота.

