



Фото: NASA/JPL-Caltech

Вертолет для Марса и Земли?

Телетрансляцию первого сорокасекундного полета первого внеземного вертолета «Инженьюити» (англ. Ingenuity — изобретательность) провел 19 апреля этого года американский марсоход «Персеверанс» (англ. Perseverance — настойчивость). Электрический коптер весом около двух килограммов поднялся на трехметровую высоту. Он вертикально стартовал с ровной площадки, названной в честь пионеров авиации полем Братьев Райт, развернулся в наивысшей точке и так же вертикально спустился вниз. Площадка расположена на дне кратера

Езеро, внутри которого приземлился «Персеверанс» (см. «Химию и жизнь», 2021, 3). Он-то и доставил вертолет на солнечных батареях к месту старта под своим днищем. Затем для удобства панорамной съемки полетов марсоход удалился на шестьдесят с небольшим метров.

Конструкцию коптера разработала Лаборатория реактивного движения НАСА, она же и управляет его полетами на Марсе. Из-за того что сигнал проходит расстояние между Землей и Марсом за несколько минут, все полетные операции коптер выполняет в автоматическом режиме, а земные команды по программированию действий поступают с Земли через ретранслятор марсохода. На «Инженьюити» нет научного оборудования, только цветная и черно-белая навигационная камеры. Внешне он выглядит как полуметровый ящик на четырех

стойках с двумя противовращающимися винтами диаметрами немногим более метра.

Полет прошел на планете, где плотность атмосферы в 60 раз меньше земной, а давление — в 100 раз. Интуитивно кажется, что вертолет для почти отсутствующей атмосферы должен быть чрезвычайно сложным. Однако стоит вспомнить, что сила тяжести на Марсе в 2,5 раза меньше земной, а подъемная сила зависит от формы крыла, плотности атмосферы и, что важно, квадрата скорости набегающего на него потока газа. Снижение подъемной силы из-за разрежения газа до величин, эквивалентных земным высотам в три десятка километров, можно компенсировать примерно восьмикратным увеличением скорости, то есть повышением частоты вращения винта. Это не очень сложная техническая задача.

Вертолет будет экспериментально устанавливать режимы полета на Красной планете, где возможны изменения температуры на многие десятки градусов, а также сильнейшие пыльные бури.

Уже сейчас ясно, что для создания целого флота винтокрылых машин на Марсе принципиальных ограничений нет. Может появиться даже парк научных вертолетов, которые не оставят без внимания самые дальние уголки планеты. Есть у стратосферного коптера и многообещающие земные применения, в том числе в военной области. Например, эта технология позволит создавать функционально близкие мини-спутникам вертолетные рои, несущие самые разные приборы и устройства в разреженных слоях атмосферы. (*nasa.gov от 19.04.21*)

Металлические вулканы

Земные вулканы образуются при извержениях частично расплавленной магмы. На нашей планете это в основном жидкие горные породы с преобладанием кремнезема. Однако не каждое планетарное тело состоит из них, есть тела из замерзших льдов, например спутник Сатурна Энцелад, извергающий в процессе криовулканизма воду в космос и на свою поверхность. Логично предположить, что на металлических космических телах следует ожидать явления ферровулканизма. И такое тело есть: это Психея, астероид размером в сотни километров, входящий в число астероидов главного пояса. По спектральным данным, ее поверхность покрыта никелем и железом.

Интересуясь вулканизмом на телах, состоящих в основном из металлов, четверо физиков Северо-Каролинского университета под руководством профессора Арианны Сольдати решили с помощью модельного эксперимента узнать, как образуются потоки металлической лавы. Исследователи изучили формирование и течение жидких смесей металлов, в основном железа, и скальных пород, помещенной в высокотемпературную

печь. Выливая расплавленную смесь, ученые смогли установить различия в поведении двух компонентов.

При высоких температурах железо отделяется и опускается вниз, как это давно и хорошо известно по доменному производству. Поэтому металлический расплав в основном движется под расплавом скальной породы и языками выползает из-под него на перемещающемся фронте. Плотная и очень текучая металлическая лава движется гораздо быстрее, чем менее плотные и более вязкие скальные расплавы, и распределяется по охлаждающей поверхности тонким слоем. Она также разбивается на мириады мелких ветвящихся струй. В своей динамике два вида потоков практически независимы, турбулентное взаимодействие по границе не приводит к сильному смешиванию.

Все это значит, что на металлической планете извержения должны оставлять специфический ветвящийся рельеф, который легко отличить от толстых и шероховатых слоев застывших лав горных пород. Арианна Сольдати говорит: «Уже первое исследование проблемы позволяет предполагать, что металлические вулканы не будут выглядеть как классический земной вулкан вроде Фудзиямы. Скорее они будут очень покатыми и широкими конусами, так как металл должен легко растекаться».

Дело за малым. НАСА планирует в следующем году запустить к Психее специальную миссию. В начале 2026 года ландшафты металлического астероида станут доступны всему человечеству. (*Nature Communications, 2021, т. 12, № 1*)

Загадка марсианских спутников

Как известно, у Марса есть всего два маленьких спутника, Фобос и Деймос, размерами в десяток-другой километров. Подобно Луне, каждый из них обращен к Марсу одной стороной. Деймос отстает от вращения поверхности планеты, то есть пребывает за синхронной ор-

битой и удаляется. Фобос, наоборот, перед ней и приближается к планете. Происхождение спутников до сих пор остается загадкой для астрономов.

С одной стороны, своим составом, плотностью и внешним видом они очень напоминают астероиды главного пояса, расположенного между орбитами Марса и Юпитера. Это позволяет предположить: именно оттуда Красная планета их и захватила. Такой сценарий, однако, маловероятен: чтобы перейти на околопланетную круговую орбиту, Фобос и Деймос должны были потерять скорость, а механизм такого торможения неясен. С другой стороны, спутники имеют много общего с составом планеты и могли образоваться из ее вещества либо при образовании Марса, либо из осколков, выброшенных при столкновении планеты с каким-то большим небесным телом.

Обсуждение этих вопросов началось сразу после открытия спутников американским астрономом Асафом Холлом без малого 150 лет назад, а спустя век пошло активное изучение спутников автоматическими зондами, ставшее одним из самых популярных направлений в освоении космоса. Написаны тысячи статей, посвященных Фобосу и Деймосу, однако воз и ныне там.

Недавно в журнале «Nature» опубликована еще одна статья о происхождении спутников. Авторы — пятеро ученых из США и Швейцарии под руководством Амирхуссейна Бахери из Института геофизики Швейцарской высшей технической школы в Цюрихе. Основная идея работы — спутники когда-то были частями единого тела — не нова, однако подкреплена точными расчетами, учитывающими самые последние данные, полученные космическими аппаратами.

Авторы проинтегрировали вспять уравнения движения спутников с учетом их формы, эксцентриситетов, наклонов и диссипации энергии из-за приливных взаимодействий. И оказалось, что орбиты Фобоса и Деймоса пересекались в далеком прошлом: 1–2,5 млрд лет назад. Численное решение позволило сделать вывод о том, что тогда общий предок обоих спутников находился вблизи

синхронной орбиты или слегка за ней. По расчетам, Деймос после рождения немного приблизился к синхронной орбите, но никогда не достигал ее. Потом он стал удаляться, в то время как Фобос продолжил спиральное падение и должен будет разрушиться из-за приливных сил примерно через сорок миллионов лет. Попал общий предок спутников к синхронной орбите из пояса астероидов или был выброшен Марсом — пока остается неясным. (*Nature Astronomy*, 2021, 22 февраля)

Первая межзвездная — старейшая из комет

Комету Борисова (21/Borisov) открыл на подлете к Солнцу астроном-любитель Геннадий Борисов в августе 2019 года. Три месяца спустя она приблизилась к своему перигелию, а весной прошлого года, удаляясь от Солнца, развалилась на обломки, которые продолжили путь. Траектория кометы оказалась гиперболической. Согласно законам Ньютона, это означает, что она прилетела извне Солнечной системы.

Это второй после открытого в октябре 2017 года астероида Оумуамуа гость из другой планетной системы, вернее, гостя. Именно поэтому ее характеристики так важны для сравнения с обычными кометами нашей системы и проверки теорий происхождения космических тел. Сегодня общепринято, что они образуются в результате аккреции, то есть слияния мелких частиц протопланетных облаков в более крупные тела.

Стандартом кометных исследований стала поляриметрия. Зависимость поляризации солнечного света, отраженного самой кометой или ее атмосферой (комой) от угла Солнце-комета-Земля, может многое сказать о ее поверхности и/или выбрасываемых ею газах и пыли. Плюс в том, что, благодаря всесторонним исследованиям кометы Чурюмова —

Герасименко зондом Розетта, удалось связать поляриметрические данные с информацией о составе поверхности кометы. Неудивительно, что международная группа астрофизиков под руководством Стефана Багнуло из Арманской обсерватории и планетария Ирландии применили метод к комете Борисова. Данные, полученные в Южной европейской обсерватории, удивили ученых.

Оказалось, что поляриметрические кривые кометы Борисова имеют лишь один аналог среди изученных до сих пор комет. Это комета Хэйла — Боппа. В конце прошлого века она вызвала интерес как астрономического сообщества, так и широкой публики тем, что была заметна на небе невооруженным глазом. Астрономы считают, что прежде она появлялась вблизи Солнца лишь однажды, а значит, имеет поверхность, почти не измененную солнечным светом и потоком его ионов.

Эта аналогия позволила ученым сделать вывод: комета Борисова также должна была сохранить неизменный состав с момента своего рождения. Скорее всего, она образовалась на периферии своей звездной системы и таким образом стала самой «первичной» кометой из когда-либо изученных землянами. В 2029 году Европейское космическое агентство планирует запустить так называемый кометный перехватчик, который среди прочего даст возможность не пропустить следующую гостью и изучить ее вблизи. (*Nature Communications*, 2021, 12, 1)

Юные звезды центра Галактики

Общепринятая в астрофизике теория звездообразования гласит, что звезды рождаются из грандиозных облаков газа и пыли при их сжатии в компактный объект за счет гравитации. Она также указывает на разнообразные причины, которые мешают гравитационному схлопыванию облаков в протозвезды. Это могут быть сильные магнитные поля в облаке, а также перемещающие его турбулентные течения.

Все это имеется вблизи центра нашей Галактики: окружающая черную дыру активная область чрезвычайно насыщена газом (см. «Химию и жизнь», 2020, 10). Теория утверждает, что звездообразование здесь должно быть гораздо слабее, чем в других областях Млечного Пути. Международная команда из полутора десятков ученых, которую возглавил сотрудник Национальной астрономической обсерватории Японии Лу Син, заинтересовалась особенностями механизма рождения звезд у нашей черной дыры.

С помощью Атакамского радиотелескопа астрофизики наблюдали спектры четырех газовых облаков так называемой центральной молекулярной зоны Галактики с прекрасным разрешением в две тысячи астрономических единиц, то есть всего в двадцать раз больше, чем диаметр Солнечной системы. Они с удивлением обнаружили около восьмисот сгущений газа и пыли, которые могут стать звездами. Чтобы выяснить, действительно ли там скрыты звездные зародыши, они стали искать энергичные выбросы газа из сгущений: такие выбросы служат надежным доказательством текущего рождения звезд. А судят о них по спектрам молекул SiO_2 , CH_3OH , H_2CO , HC_3N , HNCO : по смещению линий из-за эффекта Доплера можно рассчитать скорость молекул. Так нашли сорок три слабых газовых потока, истекающих из нескольких сгущений с самыми разными массами. Массы самих потоков варьировались в диапазоне от массы Солнца до нескольких десятых ее долей.

Так что звездообразование оказалось гораздо более гибким процессом, чем предполагали теоретики. По-видимому, теории придется уточнять. Сейчас ученые анализируют данные высокого разрешения и надеются в деталях выяснить механизмы появления выбросов. (*The Astrophysical Journal*, 2021, 909, 2)

Выпуск подготовил
А. Гурьянов