



Роботизированная рука космического корабля OSIRIS-REx собирает образцы грунта на поверхности астероида

Мягкий и пористый

Изучение небольших околоземных астероидов стало одним из ведущих направлений космических исследований. Японский аппарат Хаябуса уже доставил на Землю образцы грунта астероида Рьюгю. Американский космический зонд OSIRIS-Rex в следующем году привезет грунт, взятый на астероиде Бенну.

Поверхность Бенну покрыта кратерами, по ней разбросаны крупные куски его пород. При взятии нескольких десятков граммов грунта аппарат коснулся поверхности механическим манипулятором. Это дало возможность получить интересные сведения, касающиеся ее физических свойств.

Недавно опубликована работа большой группы ученых, которая

впервые прямым измерением выяснила механические параметры приповерхностного слоя астероида. Группой руководил доктор Кевин Волш (Kevin Walsh) из Юго-Западного исследовательского института штата Техас. Ранее физики миссии уже измерили тепловые свойства пород, а также оценили механические свойства грунта по крутизне стенок кратеров.

Процесс забора грунта фиксировала специальная камера. Смещения окружающего материала вокруг места касания были настолько велики, что в радиусе нескольких десятков сантиметров сдвинулась или повернулась почти каждая его частичка. Из-за давления манипулятора на грунт поднялся его кусок диаметром около 40 см, а также откололся маленький кусочек. Это позволило оценить прочность породы. Кроме того, манипулятор при заборе

грунта создал эллиптический кратер в десятки метров диаметром. На дне кратера исследователи нашли темно-красный мелкодисперсный грунт с плотностью вдвое меньшей средней.

Оказалось, что пористость приповерхностного грунта в два раза выше средней пористости астероида. Кевин Волш говорит, что небольшая сила тяготения околоземных астероидов, которые считаются просто компактными «грудками щебенки», не способна сильно прижать друг к другу частицы их грунтов, поэтому они слабо взаимодействуют друг с другом. Из этого доктор заключает, что рыхлый слабосвязанный слой есть не только в месте забора, но должен покрывать всю поверхность астероида.

Астрофизики считают, что Бенну образовался после космической катастрофы с участием более крупного космического тела из главного пояса

астероидов. Ученые всесторонне сравнили Бенну с подобными ему астероидами. Обработка результатов миссии продолжается. (*Science Advances* 8, 27, 2022)

Террасы на астероиде

Вблизи астероида Бенну чуть больше полукилометра диаметром зонд OSIRIS-REx находился с 2018-го по 2020 год. В это время с помощью видеокамер и лазерного локатора ученые создали детальную цифровую карту этого малого небесного тела.

Бенну имеет форму волчка. Он выглядит как две округлых четырехгранных пирамиды с углами около 90° при вершинах, склеенные основаниями. Ось симметрии этого волчка проходит через его вершины, северный и южный полюса. Астрофизики уверены, что исследование формы и рельефа астероида способно пролить свет на историю его происхождения и формирующие его процессы.

Детальный анализ карты показал, что на астероиде существуют террасы, то есть многочисленные ступени рельефа, примерно параллельные географической широте. Это показано в работе, выполненной под руководством профессора Аризонского университета Данте Лауретта (Dante S. Lauretta), руководителя миссии OSIRIS-Rex. Геометрию террас можно представить, если вообразить детскую игрушку пирамидка, составленную из тонких блинов, насаженных на вертикальную ось. Переход от блинчика одного диаметра к другому и создает небольшой и почти незаметный перепад высот.

Террасы не везде явно выражены. Они расположены в северной и южной полусферах, но не вблизи экватора. Они огибают астероид и заметны в нескольких крупных регионах поверхности от средних до высоких широт (более 30°). Величина ступеней террас невелика, от 1 до 5 метров. Часто на них есть оползни, которые в некоторых местах имеют форму буквы V.

Куски породы проявляют тенденцию собираться у ступеней террас. Валуньи же размером 5–10 метров сами формируют террасы, делая их более заметными. Склоны крупных валунов большего размера часто покрыты такими же кусками породы, как и террасы.

Анализ механической стабильности склонов астероида при известной гравитации позволил астрофизикам сделать вывод, что его поверхность нестабильна — материал склонен к ползучести. Авторы уверены, что террасы на астероиде формируются постоянно, так как поверхность медленно разрушается при ускорении его вращения, которое астрофизики считают надежно установленным фактом. (*Journal of Geophysical Research: Planets*, 127, e2021JE006927)

Планета? Нет, звезда

Первые планеты вне Солнечной системы были открыты три десятилетия назад. Сейчас астрофизики уже достоверно знают о существовании пяти тысяч экзопланет. Одним из основных способов их обнаружения стал метод транзитов.

Если при обращении вокруг своей звезды планета проходит между нею и Землей, то общая освещенность наведенного на нее телескопа падает. Величина падения излучения и дает возможность оценить радиус планеты.

На этом принципе работал космический телескоп «Кеплер», открывший тысячи экзопланет, существование которых обычно подтверждают независимыми способами. Другие пять тысяч объектов пока остаются кандидатами, и к ним могут возникнуть большие вопросы.

Недавно в «Астрономическом журнале» США появилась статья, в которой астрономы Массачусетского технологического института сообщают, что несколько открытых «Кеплером» планет на самом деле маленькие звезды. Команда ученых

во главе с аспирантом факультета Земли, атмосферы и планетных наук Праджвалом Нираула (Pranjwal Niraula) уточнила параметры материнских звезд, от которых зависят оценки размеров планет. Астрофизики нашли, что три космических объекта слишком велики, чтобы быть планетами.

Ученые оценили размеры Kepler-854b, Kepler-840b, and Kepler-699b в два — четыре диаметра Юпитера. Большинство экзопланет имеют диаметр Юпитера (дюжина земных или чуть меньше). Уже двойной размер вызывает подозрения, а больше — тем более. Четвертый подозрительный объект Kepler-747b примерно в 1,8 раза больше Юпитера, но расположен далеко от своей звезды. Его статус пока под вопросом.

Новое уточнение, несомненно, повышает качество статистических данных, приведенных в международных базах данных. Это очень важно, поскольку такая статистика необходима для разработки и проверки теорий образования планет.

Выявления чужаков не было изначальной целью авторов работы. Нираула выделял системы звезда — планета, где они обе приобретали эллиптическую форму из-за приливного взаимодействия. При исследовании каталогов аспирант и наткнулся на Kepler-854b, которая была подозрительно большой. Уточненные данные о звездах, полученные за последние пять лет работы телескопа «Гайя», позволили выявить и других чужаков среди двух тысяч экзопланет, открытых «Кеплером».

Величины поправок к прежним массам дают уверенность, что впредь исключений из списков не будет. Стоит заметить, что результаты работы базируются на общепринятых представлениях о происхождении планет, которые предполагают аккрецию, то есть слипание космического вещества в крупное тело. Вместе с тем существуют работы, которые утверждают, что между планетами и звездами нет резкой границы ни по их параметрам, ни по их происхождению. (*The Astronomical Journal*, 163, 4, 172, 2022)

Трехмерная система

Астрометрия — один из известных способов обнаружения двойных звезд и экзопланет. Он состоит в длительном отслеживании траектории движения звезды на небе. Если у звезды есть спутники, звезды или планеты, то траектория ее движения будет волнистой. Но пока этим методом обнаружено всего три экзопланеты. Однако если планета существует в двойной звездной системе, никакой другой метод не позволит полностью восстановить взаимное расположение орбит всех трех тел системы.

Таким восстановлением для одной планеты у двух звезд GJ 896A и GJ 896B занялась группа астрофизиков под руководством доктора Сальвадора Куриэль (Salvador Curiel) из Национального автономного университета Мексики. Два красных карлика находятся в 20 световых годах от Земли. Первая звезда имеет массу 44% от солнечной, вторая — 17%. Разделены они расстоянием в орбиту Нептуна и обращаются друг вокруг друга за 229 лет.

Это самый распространенный вид звезд в Галактике. Для их изучения астрономы свели воедино телескопические наблюдения 1941–2017 годов с данными 2006–2011 годов, полученными на Антенной решетке со сверхдлинной базой. Точность измерения позиций звезд на этом знаменитом американском радиointерферометре беспрецедентна. Ученые также провели на нем целевые наблюдения в 2020 году.

Детальное изучение движения большей звезды обнаружило, что на ее волнистую траекторию наложены небольшие колебания с периодом меньше года. Эти модуляции свидетельствуют о существовании планеты.

Оказалось, она имеет массу примерно вдвое больше, чем у Юпитера, и обращается вокруг звезды за 284 дня, то есть на расстоянии чуть меньшем радиуса орбиты Венеры вокруг Солнца. Плоскость планетарной орбиты наклонена на 148° к плоскости орбиты звезд. Планета движется в

направлении, противоположном обращению звезд-компаньонов.

Такую орбитальную конфигурацию в компактной двойной звездной системе астрономы обнаружили впервые. Принято считать, что планеты и двойные звезды формируются в аккрецирующем диске, вращающемся в одну сторону, поэтому противодвижение ставит под сомнение теории образования как звезд, так и планет.

Авторы планируют начать систематическое и массовое изучение экзопланетных систем методом астрометрии. Этому будет способствовать введение в строй усовершенствованного интерферометра нового поколения, который позволит находить планеты размером с Землю. (*The Astronomical Journal*, 2022; 164 (3): 93)

Самая тяжелая звезда

Астрономы до сих пор не понимают, как образовались самые массивные звезды, масса которых более чем в сто раз превышает массу Солнца. Такие гиганты обычно находят в центрах самых плотно заселенных звездами кластеров. Они закрыты облаками пыли, поэтому наблюдать за ними сложно.

По современным представлениям гиганты живут недолго. Они умирают молодыми, так как выжигают ресурсы своего ядерного горючего всего за несколько миллионов лет. Для сравнения: наше Солнце не прожило и половины своей жизни длиною в десяток миллиардов лет.

Недавно на восьмиметровом телескопе международной Южной обсерватории «Джемини» в Чили наблюдатели получили лучшее на сегодня изображение R136a1. Это самая массивная из известных астрофизике звезд, которая находится на расстоянии около 160 световых лет от Земли. Яркость звезды оценили с помощью спеклинтерферометра телескопа ученые из Ассоциации университетов по исследованию в области астрономии под руковод-

ством доктора Венью Калари (Venu M. Kalari) из Центра исследований и разработок в области наземной, ночной оптической и инфракрасной астрономии.

Гигантскую звезду окружают центральные звезды туманности Тарантул, которые раньше надежно разрешить телескопам не удавалось. Туманность принадлежит Большому Магелланову облаку, карликовой галактике и спутнику нашего Млечного Пути. Ранние наблюдения звезды давали ее массу в диапазоне 250–320 солнечных. Вновь оцененная яркость оказалась меньше установленной ранее. Это значит, масса гиганта лежит в диапазоне 170–230 масс Солнца. Но даже такие числа означают, что звезда остается самой массивной из известных.

Ранее за кластером наблюдали орбитальный телескоп «Хаббл» и различные наземные телескопы, но ни один из этих приборов не смог разрешить все центральные звезды. «Джемини» это удалось за счет специальной статистической обработки тысяч отдельных фотографий и адаптивной оптики телескопа. Его угловое разрешение превзошло не только телескоп «Хаббл», но и недавно запущенную инфракрасную обсерваторию «Джеймс Вебб».

Из статьи следует, что верхний предел звездных масс не так велик, как принято считать. Этот наблюдательный результат подрывает теоретические представления о происхождении в звездах элементов тяжелее гелия. Эти элементы по нынешним представлениям возникают во время взрывных катаклизмов сверхновых звезд с массами, в полторы сотни раз превышающими массу Солнца. Теперь их придется считать более редкими.

Наблюдения бросают еще один вызов многим теоретическим концепциям современной астрофизики, касающимся ключевых представлений о функции распределения звезд по массам. Впрочем, эти концепции уже давно трещат по швам. (*ArXiv: 2207.13078*)

Выпуск подготовил
А. Гурьянов