

ОТКУДА МЫ ЗНАЕМ?

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЛУНЫ

ДЖАЙЛС СПАРРОУ

Чудовищные столкновения, выброс вещества с Земли, орбитальный захват... Что только не предлагалось для объяснения происхождения нашего естественного спутника!

ЛУНА — САМОЕ ЗАМЕТНОЕ небесное светило после Солнца, вечно меняющееся, исчезающее, но неизменно вновь появляющееся в небе. До недавнего времени происхождение нашего спутника оставалось для астрономов загадкой, и, возможно, она еще не до конца разрешена.

В древних культурах мира есть свои легенды о возникновении Луны. Большинство из них связано с мифологическими представлениями о космосе, в которых Солнце, Луна и звезды выступают в образах богов. Насколько известно, древние греки первыми стали рассматривать Луну как физический объект в космосе, но картина небесного часового механизма, вечно движимого божественными силами, сохранялась более или менее неизменной до позднего Средневековья.

Первой проработанной теорией, объясняющей происхождение Земли и Солнечной системы с научных позиций, стала «небулярная гипотеза», предложенная шведским естествоиспытателем и теософом Эммануэлем Сведенборгом (Immanuel Swedenborg) в 1735 году и развитая французским

математиком и астрономом Пьером-Симоном Лапласом (Pierre-Simon Laplace) в 1796 году. В этой модели межзвездные туманности — облака газа и пыли в открытом космосе — сжимаются и конденсируются в звезды и окружающие их планеты. Тела Солнечной системы, таким образом, растут постепенно, а в их столкновениях выделяется достаточно тепла для плавления вещества и его расслоения на разные фракции в зависимости от плотности. В основных чертах теория Лапласа оказалась верна, хотя большую часть XIX и начало XX века она не пользовалась популярностью.

Для Лапласа самым естественным объяснением происхождения Луны должно было быть ее формирование одновременно с Землей (в процессе, называемом совместной аккрецией). В таком случае Селена была постоянным компаньоном нашей планеты с самых ранних дней ее существования. Но даже Лаплас мог бы заметить, что огромный размер Луны представляет проблему для теории. Диаметр нашего спутника — свыше четверти земного, что намного превосходит относительные размеры спутников всех

остальных планет Солнечной системы. Это значит, что при образовании Земли должно было остаться недопустимо много лишнего вещества.

Интересно, что теория Лапласа временно вышла из моды (ее потеснила теория холодного образования) прежде, чем стала очевидна проблема с диаметром Луны. Тем самым открылась дорога другим теориям. Самая многообещающая альтернатива была предложена в 1878 году астрономом и математиком Джорджем Дарвином (George Darwin), сыном великого натуралиста Чарлза Дарвина.

Дарвин вдохновлялся свежим по тем временам открытием, что Луна удаляется от Земли по раскручивающейся спирали, постепенно замедляя вращение хозяйки, и всё это связано с приливными силами, действующими между двумя небесными телами. Дарвин полагал, что молодая наполовину расплавленная Земля могла вращаться столь быстро, что вызванное этим экваториальное утолщение утратило стабильность и значительное количество выброшенного в космос вещества сконденсировалось в Луну. Четырьмя го-



Согласно импактной теории, объект размером с Марс столкнулся с молодой Землей, что и привело к рождению Луны

> В ДВУХ СЛОВАХ

Когда-то Луна и планеты считались образами богов, фланирующими по ночному небу. С тех пор мы прошли долгий путь в понимании происхождения Солнечной системы, однако история Луны до недавнего времени оставалась загадкой.

→ дами позже британский геолог Осмонд Фишер (Osmond Fisher) украсил теорию своим предположением о том, что огромный бассейн Тихого океана может представлять собой след, оставшийся от этого процесса.

Многие сомневались, что вращение Земли могло столь сильно замедлиться за время ее существования; другие отмечали, что, как ни велик бассейн Тихого океана, по объему он составляет лишь крошечную долю Луны. Однако фатальный недостаток теории Дарвина обнаружился, когда улучшилось понимание динамики жидкости. В 1930 году геофизик Гарольд Джеф-

фри (Harold Jeffrey) показал, что огромное утолщение, возникшее вдоль земного экватора, служило бы для нее естественным тормозом. Оно бы не позволило планете так сильно раскрутиться, чтобы отпочковалась Луна. Вариации дарвиновской теории разделения Земли продолжали рассматриваться как реальные возможности вплоть до 1960-х годов, но вскоре после Второй мировой войны они столкнулись с конкуренцией на трех фронтах.

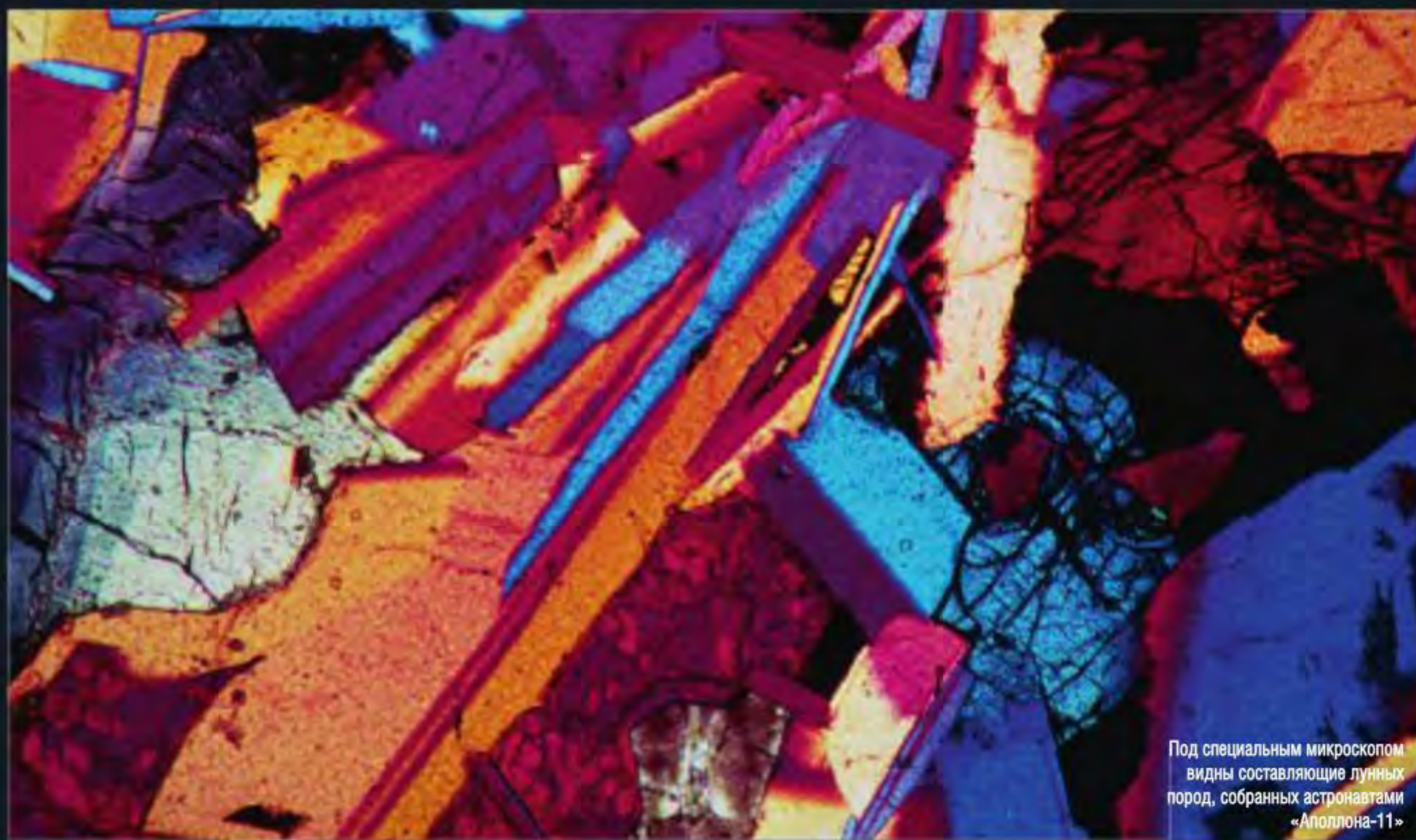
В начале 1950-х химик Гарольд Юри (Harold Urey) и астроном Хорст Герстенкорн (Horst Gerstenkorn) пересмотрели теорию захвата, впервые

предложенную Томасом Джефферсоном Джексон Си (Thomas Jefferson Jackson See) в 1909 году. В этой модели Луна образовалась в другом месте Солнечной системы, а затем была захвачена на околоземную орбиту. Некоторые считали, что относительная скорость двух тел при такой встрече была бы слишком велика, чтобы гравитация с ней совладала, но один из вариантов теории предполагал, что Луна образовалась на орбите очень близкой к земной и захват был очень медленным, постепенным процессом.

Теория Юри оказала влияние на NASA в ранний период планирования

КЛЮЧЕВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

До экспедиций на Луну 1969–1972 годов бытовало несколько теорий происхождения Луны. Всё изменилось после того, как NASA получило образцы лунных пород.



Под специальным микроскопом видны составляющие лунных пород, собранных астронавтами «Аполлона-11»

24 июля 1969 года «Аполлон-11» доставил на Землю 22 кг лунных пород. Группа предварительного анализа образцов времени не теряла. Команда во главе с геохимиком Стюартом Россом Тейлором (Stuart Ross Taylor) состояла из 15 крупных ученых — геологов, физиков и микробиологов. Наряду с тщательным визуальным исследованием наиболее важные результаты дала масс-

спектрометрия. Этот анализ начинается с испарения и ионизации образца в электрической дуге. Затем ионы разгоняются в электрическом поле и попадают в магнитное, где их траектории искривляются. По кривизне этих траекторий можно определить не только элементный, но и изотопный состав образца. Наряду с драгоценными лунными образцами в распоряжении группы

имелись для сравнения многообразные земные породы.

Работа с образцами началась 26 июля, и уже в начале августа группа выпустила предварительный отчет, где отмечалось, что породы содержат относительно высокую концентрацию тугоплавких элементов, таких как титан, иттрий и цирконий, но мало летучих элементов вроде натрия, калия, свинца, никеля

и кобальта. Казалось ясным, что содержание этих элементов с температурой плавления ниже 1500 °С на каком-то этапе сократилось из-за нагревания. Хотя вывод этого первого отчета состоял в том, что факты говорят в пользу теории двойной планеты, в действительности он подталкивал к гипотезе гигантского удара, которая получила широкую известность в следующем десятилетии.

программы «Аполлон», но то же можно сказать и о конкурирующих идеях астронома Джерарда Койпера (Gerard Kuiper). Койпер возродил мысль о том, что Луна могла образоваться рядом с Землей, и показал, скольких проблем, связанных с большим размером Луны, удастся таким образом избежать.

Третья теория прошла почти незамеченной на фоне дебатов между Юри и Койпером. В 1946 году канадский геолог Реджинальд Олдворт Дейли (Reginald Aldworth Daly) предложил вариацию дарвиновской идеи разделения. Он предположил, что мощный удар по молодой Земле другого тела планетных размеров мог обеспечить достаточное количество энергии для выброса вещества, из которого сформировалась Луна. Несмотря на высокую репутацию Дейли как геолога, его соображения о происхождении Луны по большей части не принимались всерьез.

ПОСЛЕ «АПОЛЛОНОВ»

Разрешение спора между конкурирующими гипотезами совместной аккреции, разделения и захвата стало одной из ключевых задач программы «Аполлон» («Аполлон-11» стартовал к Луне в 1969 году). Шесть пилотируемых лунных модулей были направлены в те районы Луны, геологическая история которых с высокой вероятностью должна быть разной. На Землю для анализа доставили 383 кг лунных пород.

Основные теории отличались выводами относительно ожидаемого состава лунных пород и самой Луны. Если Луна образовалась рядом с Землей или верна гипотеза разделения, небесные тела должны быть очень похожи по составу. У захваченной Луны химия и минералогия были бы совсем иными. Если Луна образовалась одновременно с Землей или была захвачена, она должна выглядеть гравитационно «дифференцированным» телом с рядом внутренних слоев и плотным железным ядром. И, наоборот, если Луна возникла по дарвиновской модели разделения, вещество Луны происходило бы из относительно легких мантийных пород. Едва взявшись за дело, геологи обнаружили, что в образцах лунных пород удивительным образом смешано знакомое и незнакомое (см. врезку «Ключевой эксперимент»). Базальты из Моря Спокойствия оказались по минеральному составу очень похожими на земные, но при этом сильно обеднены летучими веществами. Интереснее всего выглядело широкое распространение магматической породы анортита и стеклоподобного оливина. Эти два факта плюс отсутствие

ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЛИЦА

Ученые, заложившие основы нашего современного понимания истории Луны



Джордж Дарвин
(1845–1912)

Джордж, пятый ребенок Чарлза Дарвина, сам стал уважаемым математиком и астрономом. Хотя сегодня его в основном помнят благодаря теории образования Луны путем отделения от Земли, он также выполнил важные исследования приливных сил и так называемой задачи трех тел, описывающей гравитационное взаимодействие Земли, Луны и Солнца.



Реджинальд Олдворт Дейли
(1871–1957)

Этот влиятельный канадский геолог начал карьеру, изучая породы вдоль канадско-американской границы. Тот факт, что он придумал гипотезу гигантского удара, часто затеняется его вкладом в наше понимание магматических пород и его поддержкой теории дрейфа континентов.



Гарольд Юри
(1893–1981)

Этот американский химик рано прославился открытием и выделением дейтерия, тяжелого изотопа водорода, и сыграл важную роль в разработке атомной бомбы. Наряду с развитием теории гравитационного захвата Луны, он также знаменит своими экспериментами совместно со Стэнли Миллером (Stanley Miller) по изучению происхождения жизни на Земле.



Джерард Койпер
(1905–1973)

Датчанин по происхождению, Койпер был одним из величайших планетологов XX века, открывшим спутники Урана и Нептуна и первым обнаружившим углекислый газ в атмосфере Марса. Он был влиятельной фигурой в NASA в период запуска первой волны межпланетных зондов и помогал в выборе мест посадки по программе «Аполлон».



Уильям Хартман
(р. 1939) и **Дональд Дэвис**
(р. 1939)

Два самых заслуженных на сегодня планетологов, не в последнюю очередь благодаря тому, что отстаивали теорию гигантского удара. Хартман [на снимке] специализируется на эволюции поверхности планет, тогда как Дэвис в основном занимается эволюцией малых тел Солнечной системы.

ХРОНОЛОГИЯ

Как на протяжении трех столетий развивались наши представления о происхождении Луны



Объяснение происхождения Солнечной системы, предложенное Пьером-Симоном Лапласом, стало первой научной теорией возникновения Луны. Сегодня оно известно как теория **ко-аккреции (совместной аккреции)**.

1795

Джордж Дарвин выдвинул теорию, по которой Луна отделилась от быстро вращающейся молодой Земли. Эта идея была подсказана его математическими исследованиями приливных сил. Ее стали называть **теорией разделения**.



1878



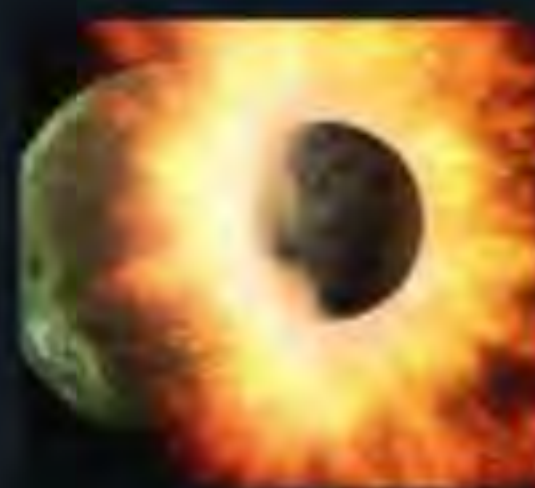
Гарольд Юри опубликовал первые серьезные аргументы в пользу того, что Луна образовалась где-то в другом месте Солнечной системы и была **захвачена на околоземную орбиту** в более поздний период.

1952

Уильям Хартман и Дональд Дэвис предположили, что огромная **планетезималь ударила** по молодой Земле, обеспечив тем самым энергию, необходимую для выброса материала, из которого образовалась Луна.



1975



На конференции в Конне (Гавайи, США) обсуждалось происхождение Луны и был достигнут консенсус относительно **гипотезы гигантского удара**. Однако в ее рамках еще предстоит решить множество частных вопросов.

1984

летучих веществ указывали, что поверхность молодой Луны была в прошлом достаточно горячей, чтобы образовались океаны жидкой магмы.

В начале 1970-х годов сторонники всех трех конкурирующих теорий бились над объяснением данных «Аполлонов», но никому не удалось достичь полного согласия с новыми фактами. К счастью, наготове была еще одна, упущенная ранее идея — гипотеза гигантского столкновения Реджинальда Дейли. Она вернулась в научный оборот в 1975 году в статье Уильяма Хартмана и Дональда Дэвиса (William K Hartmann, Donald R Davis) из Планетологического института в Аризоне (США).

К этому времени возрождение лапласовской небулярной гипотезы шло полным ходом благодаря работам советского астронома Виктора Сафронова. Его вариант теории Лапласа включал стадию, на которой молодая Солнечная система заполнена планетезималями — телами поперечником от сотен до тысяч километров. Сталкиваясь и сливаясь, они формировали планеты. Хартмана и Дэвиса заинтересовала возможность, что удары небольших планетезималей по юной Луне могли породить на ее поверхности огромные импактные бассейны. Не зная о более ранней работе Дейли, они тоже пришли к мысли, что столкновение с Землей более крупной планетезимали могло выбросить на орбиту смесь земных пород с веществом налетевшего тела. На следующий год Аластер Кэмерон и Уильям Уорд (Alastair GW Cameron, William R Ward) из обсерватории Гарвардского колледжа (США) уточнили: если тело было размером с Марс и ударило по касательной, большая часть выброшенного материала должна поступить из земной мантии, что объясняет низкую плотность Луны по сравнению с Землей. При этом выделяется достаточно тепла, чтобы основная часть летучих веществ испарилась в космос.

Теория Хартмана и Дэвиса прекрасно согласовывалась с данными, полученными в ходе программы «Аполлон», и в следующем десятилетии ее научные позиции быстро укреплялись. А вот «большая тройка» теорий встречала всё нарастающие трудности в геологическом анализе и компьютерном моделировании. Но многогранный характер результатов программы «Аполлон» оставлял достаточно пространства для дебатов, так что идея столкновения не могла добиться решающего перевеса до 1984 года, когда состоялась конференция в гавайском городе Конне.



ДЕЙСТВУЙ: **БОЛЬШЕ!**

СТАНЬ ОБЛАДАТЕЛЕМ
СПОРТИВНОГО АВТОМОБИЛЯ



РЕКЛАМА

1. КУПИ

любой
антиперспирант
Rexona Men
или промонабор
Rexona Men +
Clear vita ABE



2. ЗАРЕГИСТРИРУЙ

промокод / штрихкод на сайте

www.rexona.ru

Акция проходит
на территории России

3. ПОЛУЧИ ШАНС

выиграть спортивный
автомобиль,



одну из трех поездок
на двоих на всемирные гонки

и сотни других призов.

Общий период проведения Акции (включая выдачу призов) — с 01.06.2013 г. по 31.10.2013 г. Срок совершения покупки и регистрации кода — с 01.06.2013 г. по 30.09.2013 г. Информация об организаторе Акции, о правилах ее проведения, количестве призов или выигрышей по результатам Акции, сроках, местах и порядке их получения — на сайте www.rexona.ru или по телефону Службы клиентской поддержки 8-800-200-1-200. Звонок по России бесплатный. В Акции могут принять участие граждане РФ, достигшие 18 лет. Внешний вид призов может отличаться от их изображения в рекламных материалах. Количество призов ограничено. Lotus F1 Team является официальным партнером Unilever, оплошание к проводимой акции и призов не имеет.

*Logo LOTUS F1 TEAM Official Partner — официальный партнер команды Lotus F1 Team. Lotus — Lotus; Clear — Clear; Total — Total; Goodwill — Гулливер.

НАДО ЗНАТЬ

Словарь научных терминов, относящихся к истории Луны

1 ИЗОТОПЫ

Разновидности элементов, обладающие одинаковыми химическими свойствами, но имеющие разные атомные массы. Соотношение в веществе изотопов элементов существенно отличается в разных областях Солнечной системы, что дает ценную информацию о месте происхождения вещества.

2 ПЛАНЕТЕЗИМАЛИ

Крупные тела, образовавшиеся на ранней стадии развития Солнечной системы, достаточно массивные, чтобы притягивать газ и пыль окружающего протопланетного диска (этот процесс называется аккрецией) и тем самым быстро расти. Считается, что столкновения планетезималей играли ключевую роль в образовании планет.

3 ЛЕТУЧИЕ ВЕЩЕСТВА

Химические соединения или элементы с относительно низкой температурой плавления, которые легко плавятся или испаряются в геологических процессах. Как именно проводить границу между летучими и тугоплавкими веществами, зависит от контекста, но в лунной геологии летучими считаются металлы с точкой плавления ниже 1500 °С.

ЛУНА СЕГОДНЯ

С конца 1980-х годов число фактов, подтверждающих, что Луна образовалась из вещества, выброшенного при гигантском столкновении, стало быстро расти. Компьютерные модели позволили оценить массы врезавшегося тела, молодой Земли и выброшенного вещества, а в 2000 году геохимик Алекс Холлидей (Alex Halliday) даже присвоил налетевшему на Землю объекту имя Тейя (Theia) в честь матери лунной богини Селены в греческой мифологии. Похоже, это название прижилось.

Тейя — одна из множества планетезималей, рассекавших пространство Солнечной системы в ее ранние годы. По понятным причинам она вызывала у астрономов особое любопытство, и они потратили массу усилий, изучая ее возможные свойства. Однако, к их огромному разочарованию, геологи, продолжающие исследовать состав Луны, вынудили астрономов еще раз пересмотреть свою гипотезу, чтобы

Руководители NASA позируют с первым ящиком лунных образцов, доставленных «Аполлоном-11» в 1969 году



объяснить минералогические факты. На сегодня ясно, что Луна не столь сухая, как считалось прежде, и вода, заключенная в некоторых ее минералах, вряд ли была занесена кометами. Представление о глобальном океане лавы в прошлом уже не выдерживает давления фактов. Модель образования должна позволять Луне сконденсироваться без полного расплавления в ходе этого процесса. При этом соотношения изотопов в некоторых лунных минералах до необъяснимого похожи на земные — без следов предположительно чужеродной Тейи.

Чтобы справиться с этими проблемами, были придуманы три уловки, дополняющие теорию. Согласно одной из них, Тейя образовалась в той же части протопланетного облака, что и Земля, и поэтому у нее почти такой же химический состав. Возможно, она даже обращалась вокруг Земли, пока из-за роста массы ее движение не стало неустойчивым. Другой вариант: Тейя могла быть намного больше, чем

считалось прежде, — возможно, вдвое массивнее Марса, — так что столкновение существенно изменило химию самой Земли. Третья возможность состоит в том, что Тейя была карликовой ледяной планетой, залетевшей из далеких внешних областей Солнечной системы. При ее ударе выделилось достаточное количество энергии, чтобы выбить породы из земной мантии, но ее собственные летучие вещества при этом испарились в космос и почти не повлияли в итоге на состав Луны.

Несмотря на эти трудности, ясно, что ударная гипотеза по-прежнему дает лучшее на сегодня объяснение свойств Луны. Она, вероятно, потребует дальнейших уточнений, но всё же мы прошли огромный путь к пониманию природы нашего космического соседа. ■

ДЖАЙЛС СПАРРОУ (Giles Sparrow) — популяризатор науки, автор книги «Вселенная: 100 ключевых открытий»