

Задав этот вопрос, мы вступили в область сложных проблем, связанных с прохождением и эволюцией Луны. Здесь много спорного, нерешенного и строгие расчеты порой соседствуют с фантастикой.

ОТКУДА Взялась ЛУНА?

Джордж Дарвин, сын великого создателя теории эволюции биосферы, в прошлом веке высказал гипотезу, долгое время казавшуюся весьма правдоподобной. По мнению Дарвина, Земля в отдаленном прошлом была массивнее теперешней и, находясь в огненно-жидком состоянии, быстро вращалась вокруг своей оси. Она при этом под действием центробежных сил была сильно сплюснута у полюсов. Солнце возбуждало в первичной Земле приливные волны. При некоторых условиях, как считал Дарвин, частота солнечных приливов могла совпасть с частотой собственных колебаний жидкой Земли. Тогда наступил резонанс, вызвавший отделение одного из приливных горбов, позже превратившегося в современную Луну.

Хотя рассуждения Дарвина были чисто качественными, не подтвержденными строгими расчетами, его гипотеза подкупала своей простотой и внешней убедительностью. Некоторые из восторженных поклонников Дарвина указывали даже на впадину Тихого океана, как тот «шрам» в теле Земли, который остался после рождения ее спутника.

В последнее время (с 1963 г.) некоторые зарубежные ученые (Уайз, О'Киф, Робертс и др.) попытались подвести под гипотезу Дарвина современное математическое обоснование. Сплюснутый шар (сфероид) — далеко не единственная фигура равновесия вращающегося жидкого тела. Как показали исследования Якоби и Пуанкаре, такими «равновесными» формами могут быть и трехосный эллипсоид и даже грушевидное тело, называемое а п и о и д о м. Первоначально огненно-жидкая Земля постепенно охлаждалась и сжималась, и поэтому скорость ее осевого вращения непрерывно возрастала. Значит, Земля из шара превратилась в сфероид, а затем в трехосный эллипсоид и апсоид. Для нарушения устойчивости последнего достаточно небольшие внешние воздействия, например со стороны Солнца. Вероятно, они и были причиной, по которой перемишка неустойчивого грушевидного апсоида порвалась и первичная Земля разделилась на два тела неравной массы. Заме-

тим, что в этой модернизированной форме гипотезы Дарвина каждый шаг эволюции первичной Земли (до отделения Луны) может быть подтвержден математическими расчетами. Однако сам механизм отделения Луны от Земли количественно обосновать пока не удалось.

Можно подсчитать, что первичная Земля, масса которой на 1,3% была больше современной, вращалась вокруг оси с периодом 5 ч. Для «неустойчивости» же первичной Земли и приобретения ею ациндной формы требуется период, почти вдвое меньший. С другой стороны, если бы даже Земля стала ациндом, то при разделении последнего на два тела спутник по теории должен быть во много раз массивнее реальной Луны. Кроме того, недавние исследования дна Тихого океана показали, что оно ничем особенным не отличается от дна других земных океанов, а поэтому приписывать Тихому океану какое-то особое происхождение нет никаких оснований. К тому же лунные и земные базальты по химическому составу настолько различны, что они не могли сформироваться на одном космическом теле, как было бы, если бы Луна была отделившимся «куском» земного шара. Есть и другие трудности, преодолеть которые модернизированная гипотеза Дарвина оказалась не в состоянии.

Когда в послевоенные годы широкую популярность приобрела гипотеза О. Ю. Шмидта, считавшего планеты и спутники первично холодными конденсациями газово-пылевого облака, когда-то окружавшего Солнце, были предприняты попытки в рамках этой гипотезы вполне конкретно объяснить происхождение уникальной двойной планеты Земля — Луна. Наиболее обстоятельно эта тема была разработана Б. Ю. Левциным и Е. Л. Рускол. В согласии с гипотезой Шмидта возникновение Луны можно, по их мнению, объяснить следующим образом.

Когда, «слипаясь» из частиц протопланетного облака, Земля по массе стала вдвое меньше современной, ее окружал рой из множества частиц, которые, двигаясь вокруг Земли по различным орбитам, сталкивались между собой, теряли при этом часть энергии и в конце концов объединялись друг с другом. По соседству с Землей стал расти второй сгусток вещества — будущая Луна. Формирование Земли и Луны закончилось почти одновременно — Луна если и моложе Земли, то всего на какие-нибудь 100—200 млн. лет. Сам же процесс формирования Луны по расчетам Е. Л. Рускол занял примерно 200 млн. лет.

Когда Луна окончательно сформировалась, внутри нее за счет радиоактивного распада сосредоточенных там веществ начался разогрев, при котором легкоплавкие породы перешли в жидкое состояние. Тяжелые тугоплавкие породы опускались в недра Луны, вытесняя на ее поверхность легкоплавкие вещества. Из очагов радиоактивного расплава на лунную поверхность выделялась лава. Но уже 3,5 млрд. лет назад радиоактивных веществ на Луне стало мало, ее разогрев практически прекратился и к настоящему времени слои Луны до глубины 500—700 км полностью остыли. Формирование же лунного рельефа, по мнению Б. Ю. Левина, вызвано почти исключительно внешними причинами — ударами метеоритов¹.

Нарисованная картина образования Луны из околоземного пылевого роя, возможно, соответствует действительности. Однако, судя по некоторым данным, полученным средствами космонавтики, Луна в самом начале своего существования была горячей и важным фактором, обусловившим современный облик Луны, является весьма активная в прошлом и, по-видимому, непрекратившаяся ныне вулканическая и тектоническая активность лунных недр. С другой стороны, непонятно, почему Земля и Луна, сформировавшись практически одновременно, в одном и том же районе Солнечной системы, из одной и той же части протопланетного облака, имеют столь разную среднюю плотность. Наконец, в расчетах Е. Л. Рускол есть немало упрощенных и произвольных допущений, подчас весьма искусственных, на которых, однако, и она и Б. Ю. Левин строят далеко идущие выводы. Все это и в особенности резкие отличия Луны от Земли (по составу, строению и другим признакам) заставили некоторых исследователей (Альфена, Юри, Герстепкорна, Болева и др.) предположить, что когда-то Луна была самостоятельной планетой, захваченной затем Землей на современную орбиту. Правдоподобно ли это несколько необычное предположение?

Если бы, кроме Луны и Земли, никаких других космических тел не существовало, захват Луны Землей, иначе говоря, переход Луны с параболической или гиперболической орбиты на эллиптическую, был бы невозможен. В такой «задаче двух тел», как ее именуют в небесной механике,

¹ Подробнее см. статьи Левина Б. Ю. и Рускол Е. Л. в сборнике «Новое о Луне». М., 1963.

относительные орбиты тел могут быть только одним из конических сечений, т. е. эллипсом, гиперболой или параболой. Чтобы перейти с гиперболической¹ орбиты на эллиптическую, Луна в момент сближения с Землей должна куда-то отдать избыток энергии. В классической идеализированной задаче двух тел, считаемых материальными точками, такая «отдача» невозможна. Другое дело — реальная обстановка в космосе. По мнению Г. Юри и других ученых, сблизившись с Землей, Луна возбудила в гидросфере Земли приливные волны и избыток ее кинетической энергии мог уйти на приливное трение земных приливов. Уточняя эту идею, Герстенкорн предположил, что Луна, захваченная Землей, первоначально обращалась вокруг нее по сильно вытянутой орбите и в обратном направлении. Приливное трение постепенно приблизило Луну к Земле. При этом орбита Луны становилась все менее и менее вытянутой, а ее наклонение увеличивалось. Наконец, когда оба тела сблизались до расстояния в несколько тысяч километров, орбита Луны прошла над полюсами Земли и движение Луны стало прямым. Эта перемена обстоятельств сказалась и на приливной эволюции — Луна стала удаляться от Земли, а Земля — замедлять скорость своего вращения. Схема, предложенная Герстенкорном, не во всем, однако, безупречна. Количество энергии в системе Земля — Луна без дополнительных, достаточно искусственных предположений.

Болгарский астроном Бонев предположил, что в эпоху сближения Луны и Земли на Луне происходили сильнейшие вулканические извержения. Одно из них, сопровождавшееся выбросом большого количества вещества со скоростью порядка 3—5 км/сек, сыграло роль реактивного тормоза. Оно «сбило» избыток кинетической энергии Луны и облегчило тем самым ее захват Землей.

Остроумная гипотеза Бонева, к сожалению, требует одновременного сочетания многих благоприятных обстоятельств. Извержение должно произойти в удачный момент и затормозить Луну в нужной степени и в подходящем направлении. Все это, принципиально говоря, возможно, но очень маловероятно.

¹ Практически в «задаче двух тел» круговые и параболические орбиты отсутствуют.

Следует признать, что с количественной стороны гипотеза захвата разработана пока плохо. Между тем она была бы весьма полезной для объяснения происхождения не только Луны, но и ряда спутников других планет, также, может быть, захваченных когда-то этими планетами.

Американский астроном Р. Болдуин пишет, что если Луна была некогда астероидом с начальным средним расстоянием от Солнца порядка $2,8 \text{ а. е.}$, то в результате возмущений ее орбита могла приобрести эксцентриситет примерно 0,8 и захват мог произойти. Энергия, которая рассеялась бы при захвате Луны Землей, равнялась бы примерно $2 \cdot 10^{12} \text{ эрг/г}$ для Луны или $2,5 \cdot 10^{10} \text{ эрг/г}$ для Земли¹. По мнению Болдуина, это количество энергии могло быть рассеяно приливным трением, которое, подобно тормозным колодкам, нагрело бы Землю до высокой температуры. Было ли это на самом деле когда-нибудь в прошлом, мы не знаем.

Недавние исследования Луны и Марса навели автора этих строк на размышления, быть может, небезытересные для читателя. Создается впечатление, что сходство Марса и Луны не только внешнее. Не исключено, что судьба обоих космических тел была сходной. Говоря яснее, события далекого прошлого Солнечной системы можно представить, например, так.

Когда-то на месте пояса астероидов вокруг Солнца на расстоянии $2,8 \text{ а. е.}$ обращалась крупная планета, по размерам сравнимая с Марсом, а может быть, и с Землей. По инициативе советского астронома С. В. Орлова, эту гипотетическую планету в 1949 г. назвали Фаэтоном. Хотя гипотеза о существовании Фаэтона была выдвинута еще в начале прошлого века Ф. Ольберсом, некоторые исследователи до сих пор придерживаются той точки зрения, что в этой области Солнечной системы всегда существовали только небольшие астероидоподобные тела. Между тем можно привести немало аргументов в пользу того, что когда-то планета Фаэтон действительно существовала².

Допустим, что в треугольных точках либрации орбиты Фаэтона вокруг Солнца двигались еще две планеты — Луна и Марс. Вместе с Фаэтоном и Солнцем они образовывали динамически устойчивую систему тригональных планет.

¹ См.: Болдуин Р. Что мы знаем о Луне? М., 1967.

² Подробнее см. Зигель Ф. Ю. Малые планеты. М., 1969.

В ту пору и Марс и Луна обладали и плотными атмосферами и обильными гидросферами. Следы сильной водной эрозии (русла бывших рек) открыты недавно не только на Марсе, но, возможно, и на Луне (имеются в виду многочисленные извилистые бороздки, сфотографированные спутниками Луны «Лунар Орбитер»).

Заметим, что гипотезу о бывших лунных реках и обильной лунной гидросфере защищает не только Г. Юри, но и ряд других зарубежных ученых. Они ссылаются при этом на удивительную форму недавно открытых лунных борозд, тянущихся иногда на сотни километров (при ширине в несколько километров) и напоминающих своими извилами речные меандры.

У Луны ныне практически нет атмосферы. Однако она вполне могла бы существовать, если бы Луна находилась дальше от Солнца, в более холодных областях Солнечной системы. Масса Луны для этого вполне достаточна, а пример галлеевых спутников Юпитера, окруженных атмосферами, достаточно убедителен.

В еще большей степени эти аргументы относятся к Марсу, телу более массивному, чем Луна. На орбите Фаэтона и Марс и Луна, повторяем, могли обладать атмосферами и гидросферами.

По каким-то не вполне ясным причинам с планетой Фаэтон произошла катастрофа — она распалась на части, которые, сталкиваясь и дробясь, постепенно превратились в современный пояс астероидов. Причины распада Фаэтона могли быть разными. В прошлом вулканизм на телах Солнечной системы отличался, по-видимому, большей мощностью, чем ныне. Не исключено, что распад Фаэтона был вызван взрывными вулканическими процессами. С другой стороны, есть некоторые намеки на то, что в катастрофе, происшедшей с Фаэтоном, замешаны какие-то ядерные процессы.

Как бы там ни было, Фаэтон распался и этим нарушилась устойчивость системы тригональных планет. Внешние возмущения заставили Луну и Марс сойти с орбиты Фаэтона и в конце концов водвориться на современные орбиты.

Новое положение Луны и Марса тотчас же сказалось на их атмосферах. Они разогрелись, средняя кинетическая энергия молекул составляющих их газов возросла. В результате за короткие в астрономических масштабах сроки легкие газы из атмосферы Марса улетучились и марсианская атмосфера стала сильно разреженной, а у Луны она

и вовсе исчезла. На современном Марсе (не говоря о Луне) вода в жидком состоянии существовать не может — она быстро испаряется и улетучивается в мировое пространство. Поэтому на Марсе ныне нет ни рек, ни озер, ни тем более морей в земном смысле этого слова. Остались лишь лед и иней в полярных шапках Марса да некоторое незначительное количество водяных паров в его атмосфере. Впрочем, на Марсе под поверхностью, прикрытые от солнечного излучения, могли сохраниться значительные количества льда. Не исключено, что на этих телах есть и жидкие, подповерхностные, ювенильные воды. Если это так, то для будущих лунных поселений воду можно добывать на месте, а не доставлять с Земли, что громоздко и дорого.

Если Марс и Луна в прошлом имели обильные гидросферы, то возможно, что на них существовала жизнь. Может быть, какие-то ее формы сохранились и до сих пор. Решение этой проблемы составляет одну из самых увлекательных задач будущих исследований Луны и Марса.

Любопытно, что в преданиях многих древних народов говорится о «допотопных» временах, когда на земном небе еще не было Луны. Примерно около 13000 лет назад на Земле произошли грандиозные катастрофы — затопление больших пространств суши, гибель легендарной Атлантиды, изменение морских течений и т. п.¹ Не связаны ли все эти катаклизмы с водворением Луны на ее современную орбиту, с теми приливами, которые она вызвала в гидросфере и твердом теле Земли? Такой точки зрения придерживался австрийский ученый Г. Гербирер, имевший и последователей.

Автор, конечно, отдаст себе отчет в том, что все сказанное о тригональных планетах и происхождении Луны не более, чем одна из возможных гипотез. Но она, объясняя в известной мере новые данные о прошлом Луны и Марса, все же, вероятно, заслуживает внимания и обсуждения.

Разумеется, вопрос, которым начата эта глава («Откуда взялась Луна?»), принадлежит к числу тех «детских» вопросов, на которые дать ответ очень трудно. Сознаемся, что настоящий ответ нам еще не известен. Но существование Луны, повторяем, бросает вызов науке. Надо непременно разгадать, откуда взялось по соседству с нами это необычное и очень интересное космическое тело.

¹ Подробнее см. Горбовский А. Загадки древнейшей истории. М., 1971.