

отличие от валов лучи не отбрасывают заметных теней, значит, раздробленное вещество не образует здесь высоких насыпей. Яркость лучей вызвана рассеянием солнечного света на множестве осколков и мелких кратерах. То, что лучи тянутся на сотни и даже тысячи километров, свидетельствует о мощности вулканических процессов, когда-то происходивших на Луне.

Мы перечислили лишь главнейшие, самые заметные формы лунного рельефа, вполне осознавая, что приведенная классификация не является исчерпывающей. Однако будущие открытия на Луне могут выявить лишь, по-видимому, второстепенные детали, между тем как сегодня уже настоятельно требуют объяснения главные, генеральные особенности лица Луны.

ВУЛКАНИЗМ ИЛИ МЕТЕОРИТЫ?

При столкновениях с Землей метеориты могут образовывать или ударные, или взрывные кратеры. Первый вариант осуществляется тогда, когда почти полностью заторможенный атмосферой на высоте 22—25 км метеорит падает затем на земную поверхность, как свободно брошенное тело. При ударе о грунт образуется небольшая и неглубокая яма, на дне которой обычно находят упавшее космическое тело. Эти небольшие ударные кратеры имеют диаметр, близкий к поперечнику породившего их метеорита, а глубина их превосходит нескольких метров.

Совсем иначе образуются взрывные метеоритные кратеры. Подсчитано, что при скорости соударения 4 км/сек кристаллическая решетка метеорита разрушается и метеорит физически становится похожим на очень сильно сжатый газ. Такой газ стремится мгновенно расшириться. Происходит взрыв, по мощности равный тому, который получился бы при взрыве равного метеориту по массе заряда трипнитротолуола — сильнейшего из химических взрывчатых веществ. При больших скоростях соударения взрыв получается в сотни и тысячи раз более мощным. Таким образом, и по форме и по механизму образования взрывные метеоритные кратеры похожи на воронки, возникшие от взрыва артиллерийских снарядов или авиационных бомб.

Луна лишена защитной воздушной оболочки, и поэтому метеориты могут образовывать на ее поверхности практически лишь взрывные метеоритные кратеры. То, что это на

самом деле происходит, не вызывает ни малейших сомнений. Так, например, в мае 1972 г. сейсмографы, установленные на Луне, зафиксировали падение на лунную поверхность метеорита с массой около 600 т. Он образовал метеоритный кратер диаметром около 100 м.

Есть ли на Луне ударные кратеры? Несомненно. Но они образованы не метеоритами, а вулканическими бомбами или осколками метеорита и лунных пород, выброшенных при ударе метеорита о лунную поверхность. Такие кратеры иногда называют вторичными ударными кратерами.

Вулканические процессы, как мы знаем по земному опыту, также зачастую приводят к образованию кратеров. Но земные вулканы совсем непохожи на крупные лунные кратеры типа, скажем, кратера Коперник. Обычный земной вулкан — это конусообразная гора с узким жерлом на вершине. Вулканический конус — насыщенное образование, положительная форма рельефа. Если уж искать аналогичные формы на Луне, то наиболее похожи на земные вулканы некоторые из центральных горок крупных лунных кратеров. Что же касается самих этих кратеров, то их земным аналогом могут служить так называемые кальдеры.

Кальдерой геологи называют расшпренный кратер вулкана или впадину на его месте, образовавшуюся в результате понижения уровня и давления магмы в очаге после извержения. Кальдеры могут также образоваться тогда, когда магма без выхода на поверхность изменяет свою форму и объем. Некоторые из земных кальдер имеют поперечник в несколько десятков километров (например, кальдера вулкана Узон на Камчатке). Однако большинство земных кальдер по размерам значительно уступает крупным лунным кратерам. Возможно, что причина этого в малой силе тяжести на поверхности Луны и в большей, по сравнению с Землей, вулканической активности. Что же касается морфологических особенностей (строение вала и дна, наличие центральных горок и т. п.), то земные кальдеры, несомненно, очень похожи на лунные кратеры.

На протяжении века шли горячие споры между сторонниками метеоритной и вулканической гипотез происхождения лунного рельефа. Как это часто бывает, в пылу полемики обе стороны впадали в крайность, пытаясь одним фактором объяснить все формы лунного рельефа. Так, например, Г. Юри и Р. Болдуин считали, что даже лунные

моря есть затопленные лавой метеоритные кратеры, которые образовались при столкновении с Луной тел диаметром в сотни километров. Однако при таких соударениях со скоростью как минимум несколько километров в секунду возникли бы огромные взрывные метеоритные кратеры, морфологически напоминающие Аризонский метеоритный кратер, но значительно большие по размерам. Нетрудно видеть, что лунные моря со взрывными метеоритными кратерами не имеют ничего общего.

По движению искусственных спутников Луны неожиданно были обнаружены гравитационные аномалии, связанные с концентрацией массы лунного вещества в некоторых районах поверхности Луны. Эти районы, названные *м а с к о н а м и* (от сокращения слов «масса» и «концентрация»), в основном совпадают с большими круговыми кратерными морями: Дождей, Облаков, Ясности, Кризисов, Нектара, Влажности и других. Однако на обратной стороне Луны в ее центральной части обнаружен маскон диаметром около 1000 км, не связанный с каким-нибудь морем. Массы, сконцентрированные в масконах, достигают до 10^{-4} массы Луны (в Море Дождей). Пролетая над масконом, искусственный спутник Луны за счет усиленного притяжения ускоряет свой полет, что, собственно, и выдает присутствие под спутником маскона.

Некоторые из сторонников метеоритного происхождения лунного рельефа (Мюллер, Сьёгрэн и др.) полагают, что масконы — это «углубившиеся» в лунную поверхность метеориты. Но эта точка зрения вряд ли соответствует современным представлениям о процессах, сопровождающих соударение исполинских метеоритов с Луной. Никакого «углубления» метеорита в лунную поверхность, конечно, не происходит. Вместо него в результате взрыва возникает взрывной метеоритный кратер, а большая часть метеорита обращается в газ.

Крайние приверженцы вулканической гипотезы склонны все формы лунного рельефа объяснять действием внутренних сил. Это, конечно, преувеличение в другую сторону — всякий удар крупного метеорита о поверхность Луны неизбежно оставляет на ней «шрам» в форме метеоритного кратера.

Ныне спор «вулканистов» с «метеоритниками» завершен неким компромиссом. Признано, что оба фактора (и вулканический и метеоритный) участвовали в формировании

лунного рельефа. Дискуссия продолжается лишь по вопросу о том, какому из двух факторов принадлежит решающая роль.

В недавно опубликованном сборнике «Вулканизм и тектоника Луны» («Наука», 1974) на многочисленных примерах показано, что современный лунный рельеф сформировался в основном в результате активного вулканизма, полностью прекратившегося и доныне. В частности, лунные морские впадины, по-видимому, представляют собой тектоно-магматические образования, т. е. «осевшие» и залитые застывшей лавой участки лунной коры. Впрочем, надо заметить, что многие детали лунного рельефа могут быть объяснены как следы ударов метеоритов с последующим излиянием магмы из лунных недр. Поэтому однозначного объяснения происхождения лунного рельефа пока нет и скорее всего, повторяем, в формировании современного лица Луны участвовали и внутренние и внешние факторы.

Недавно были открыты два новых факта, свидетельствующие, возможно, об активном вулканизме Луны в прошлом и отчасти в настоящем. Во-первых, на подробных снимках Луны, полученных с помощью космических аппаратов, видны явные следы активного вулканизма за последний миллиард лет (лавовые потоки и озера в районе кратеров Тихо, Аристарха, пластообразные типы изверженных пород и многое другое). Во-вторых, во время лунных затмений более 4000 участков лунной поверхности, в ряде случаев совпадающих с кратерами, остаются теплее окружающей местности на 10—15°. Эти «горячие точки» Луны — возможно, те молодые лунные кратеры, под которыми сконцентрированы раскаленные очаги магмы.

С позиций вулканизма легко объясняется и загадка масконов. Как известно, застывшая лава имеет более высокую плотность, чем материал лунных материков. Поэтому покрытые лавой кратерные моря и должны создавать эффект масконов. Что же касается маскона на обратной стороне Луны, то он, возможно, представляет собой древнее лавовое море, замаскированное более поздним кратерным рельефом. В пользу такого предположения говорит изобилие кратеров на обратной стороне Луны и их молодость, выражающаяся в отличной сохранности большинства из них.

По мнению ряда современных исследователей Луны (Р. Вуда и др.), Луна уже в самом начале своего существования была горячей. Прежде, в давние эпохи, ее вулканизм

был очень мощным, оставившим после себя множество кратеров, кратерные моря, трещины и другие многочисленные следы. Но и ныне вулканизм не угас и отдельные, сравнительно редкие и маломощные извержения лунных вулканов можно наблюдать и сегодня. Что это так, доказывают многие факты.

Еще в 1787 г. появилась статья знаменитого астронома XVIII в. Вильяма Гершеля под названием «Сообщение о трех вулканах на Луне». Еще до него Р. Гук и другие астрономы уверяли, что им удалось видеть действующие лунные вулканы. О странных изменениях на Луне, связанных, по видимому, с извержением газов из лунных недр, сообщают многие астрономы прошлого века. В частности, почему-то загадочно менялся внешний вид кратера Линней, иногда заволакивалось какой-то дымкой дно кратеров Платон, Альфонс и других. Скептики склонны были рассматривать такого рода явления, как иллюзии, обманувшие наблюдателей. Но события последних двух десятилетий заставили посмотреть на эти старые наблюдения по-иному.

В начале 1958 г. американский астроном Олтер получил серию фотографий кратера Альфонс, на которых при синем светофильтре мелкие детали дна были видны гораздо хуже, чем в красных и инфракрасных лучах. Этот факт не оставлял сомнений в том, что дно Аристарха заволакивается какой-то газовой дымкой, подобно тому как синеватые дали земного ландшафта скрывают его мелкие подробности.

3 ноября того же года известный советский астроном Н. А. Козырев на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР сфотографировал спектр центральной горки кратера Альфонс. В искателе 50-дюймового рефлектора она казалась яркой, расплывчатой и необычно красноватой, а на спектрограмме были четко запечатлены полосы углерода и циана — газов, выделившихся из лунных недр.

В начале 1963 г. Козырев наблюдал слабое истечение газов из центральной горки кратера Аристарх, а в окрестностях его в том же году американские астрономы заметили кратковременные появления ярких, оранжево-красных пятен.

Вряд ли можно сомневаться, что во всех этих случаях наблюдателям удалось зафиксировать проявление слабой вулканической активности Луны. Тем самым становятся правдоподобными и сообщения наблюдателей прошлых веков.

Разумеется, извержения лунных вулканов — явление очень редкое. Трудно заранее сказать, где, в какой из центральных горок и когда начнется извержение. Прежний скептицизм мешало до сих пор организовать регулярную «службу лунных вулканов», т. е. постоянные наблюдения (визуальные и спектрографические) тех центральных горок молодых «горячих» кратеров, где извержения в принципе возможны. Так как эти извержения длятся недолго (2—3 ч или менее того), то фиксация лунных извержений — дело, конечно, нелегкое. Но оно необходимо, так как нам нужно знать о соседнем мире как можно больше, — ведь в недалеком будущем Луна станет ареной трудовой, производственной деятельности человека.

НАЧАЛА СЕЛЕНОЛОГИИ

Как известно, геологией называется наука о составе, строении и эволюции Земли. Ее лунным аналогом служит так называемая селенология. По сравнению с геологией селенология находится в зачаточном состоянии. Состав поверхностных слоев Луны определен надежно лишь средствами космонавтики, т. е. совсем недавно. Внутреннее строение Луны остается во многом загадочным, и наши суждения о нем носят лишь косвенный характер. Наконец, мы почти ничего не знаем об эволюции Луны и здесь намечаются лишь подходы к проблеме, решение которой возможно только в будущем.

О составе и вероятном внутреннем строении Луны мы расскажем в других главах, а здесь познакомим читателя с некоторыми выводами о прошлом Луны, полученными известным советским селенологом А. В. Хабаковым¹.

Прежде всего бесспорно, что наблюдаемые на поверхности Луны детали ее рельефа имеют разный возраст. Некоторые из них выглядят свежими, хорошо сохранившимися, другие, наоборот, полуразрушенными, а значит, более древними. Если даже на Луне никогда не было воды и ветра, сильно разрушающих земной рельеф, то непрерывные удары метеоритов, резкие колебания температуры, солнечное облучение (корпускулярное и электромагнитное), несомненно, изменяют в той или иной степени лунный рельеф.

¹ Подробнее см. Хабаков А. В. Об основных вопросах истории развития поверхности Луны. М., 1949, и сб. «Проблемы геологии Луны». М., 1969.