

ИСТОРИЯ ЛУНЫ

История Луны насчитывает около 4,5 млрд лет. Поверхность этого мертвого мира сохранила следы его бурного прошлого.

Согласно компьютерным моделям, Луна, появившаяся в результате гигантского межпланетного столкновения между нашей юной планетой и объектом размером с Марс под названием Тейя, за относительно короткий промежуток времени продолжила свое формирование. Все больше энергии от столкновений на орбите каменных глыб и объединения фрагментов материала поглощалось новорожденным спутником.

РАСПЛАВЛЕНИЕ

В то же время между Землей и Луной действовали мощные приливные силы, и за несколько десятков миллионов лет вращение нашего спутника замедлилось и совпало с периодом его орбиты. Это генерировало еще больше тепла в лунных недрах.

ГЛОССАРИЙ

Летучее вещество – вещество с низкой температурой кипения, которое легко испаряется.

KREEP – лунная порода, обогащенная калием (K), редкоземельными элементами (REE) и фосфором (P).

Столкновения и приливные силы нагревали Луну изнутри, что привело к тому, что она начала плавиться. Несмотря на довольно скудные запасы на Луне таких тяжелых элементов, как никель и железо, их большая часть опустилась к центру, сформировав небольшое ядро.

Тем временем лунная поверхность настолько расплавилась, что следы таких летучих веществ (см. «Глоссарий»), как вода, испарились и сформировали тонкую атмосферу, которую из-за слабой силы притяжения на Луне быстро унесло в космос. На Луне начали отвердевать различные минералы с кристаллической структурой. Первыми кристаллизовались минералы с самой высокой температурой плавления, просочившись сквозь еще жидкий океан магмы и сформировав лунную мантию. Среди них были оливин и пироксен, в составе которых преобладает кремний.

ФОРМИРОВАНИЕ КОРЫ

По мере охлаждения океана могли отвердевать новые минералы с более низкой точкой плавления. Среди анортозитов, как их называют, преобладает шпат – минерал, распространенный на Земле. Поскольку плотность этих минералов меньше, чем расплавленной магмы, они могли плыть по ней. Сначала они сформировали острова твердой поверхности, а затем постепенно запечатали расплавленную магму под слоем лунной коры. В некоторых зонах (особенно в Северном полушарии Луны, обращенном к Земле) в оставшейся магме доминировала смесь элемен-

ВУЛКАНИЧЕСКОЕ

ПРОШЛОЕ Два ударных кратера – Аристарх слева и Геродот внизу. Вулканическая активность на Луне в прошлом создала извилистые сбросы и каналы слева от кратеров.





ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

ДЖЕРАЛЬД ВАССЕРБУРГ (род. в 1927 году)

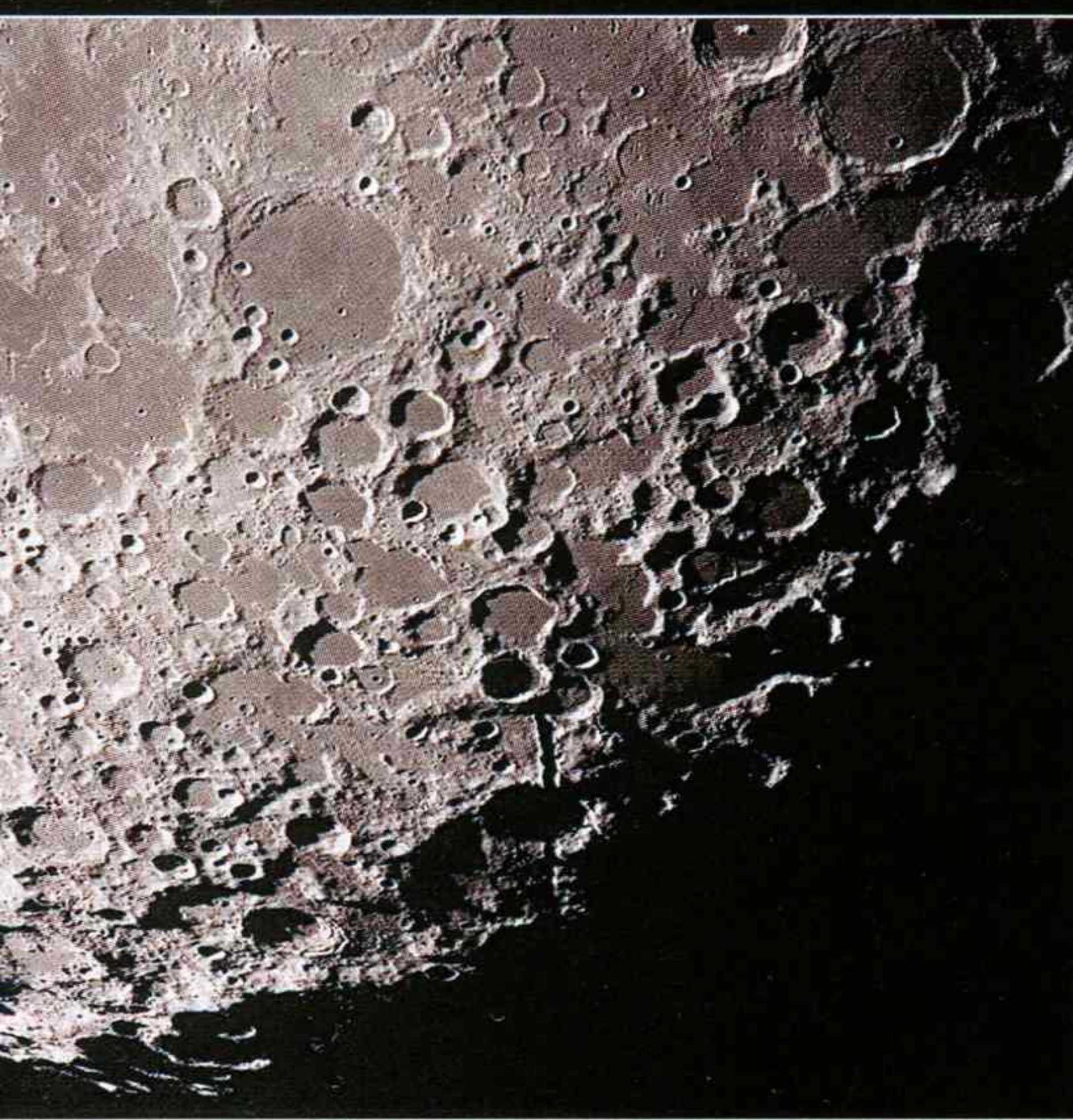
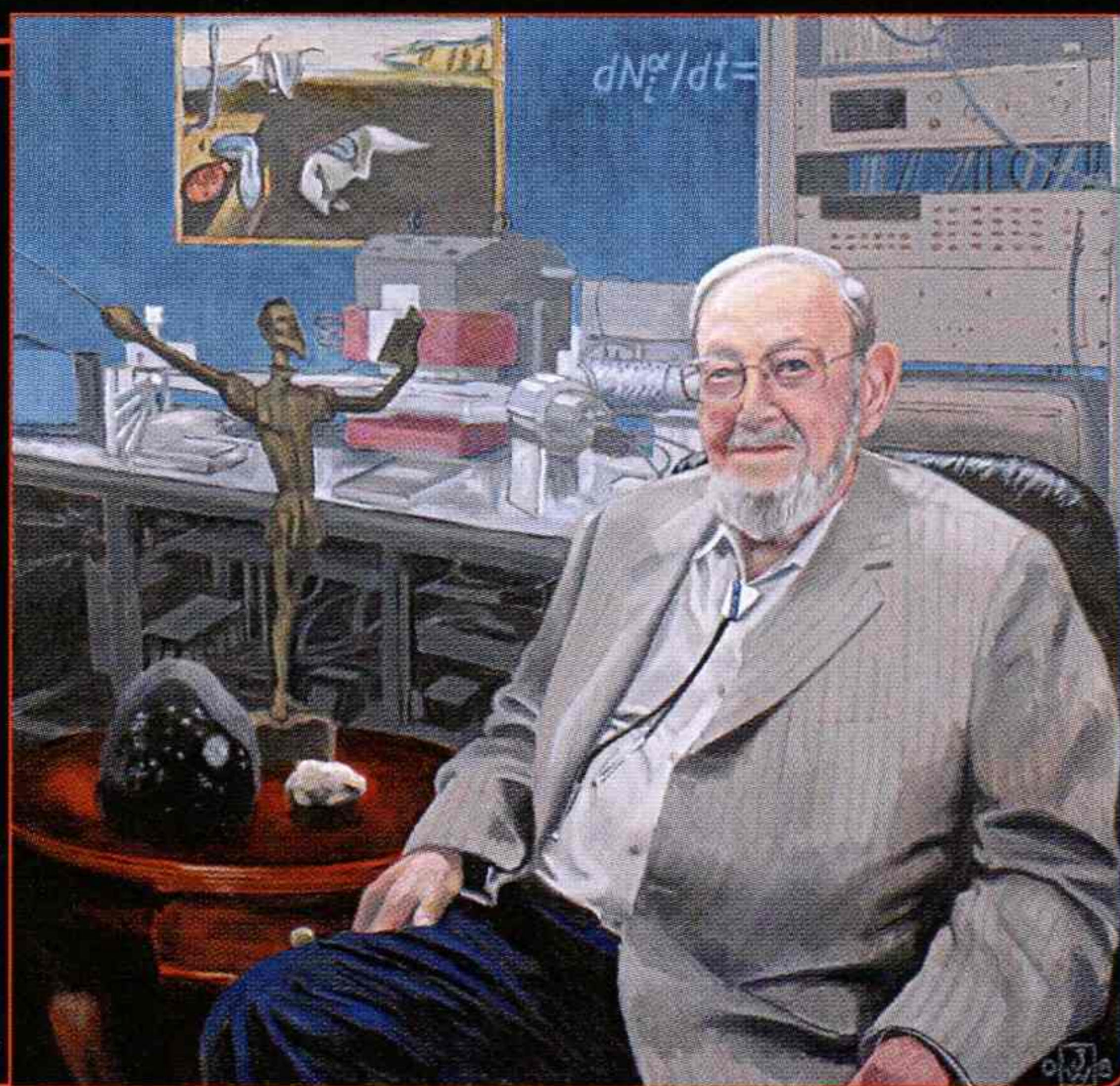
Джеральд Дж. Вассербург, геолог из Калифорнийского технологического института (Калтех), вместе со своими коллегами Фоуадом Тера и Димитрием Папанастасиу в середине 1970-х обнаружил первые доказательства поздней тяжелой бомбардировки (впоследствии названной лунным катаклизмом). Они подтвердили, что импактно-расплавленные породы, собранные космонавтами поздних миссий «Аполлона» возле трех основных кратеров

Луны, сформировались около 3,9 млрд лет назад.

Вассербург занимался исследованием ранней эволюции Солнечной системы и взаимодействия между геологией и химией звезд. Его работа на кафедре геологических наук и планетоведения Калтеха помогла воссоздать подробную хронологию жизни древних камней с Земли и Луны.

ИСТОРИК ЛУНЫ Вассербург в своем кабинете в Калтехе, художник Джон Вуд.

Художник Джон Вуд



ПОЛНЫЕ АКТИВНОСТИ

Кратеры внутри кратеров на лунном Южном полюсе — доказательства поздней тяжелой бомбардировки, от которой пострадала Луна.

МОРЕ НА ОБРАТНОЙ СТОРОНЕ

Снимок обратной стороны Луны, сделанный «Аполлоном-13». Внизу слева находится Море Москвы (*Mare Moscoviense*).

тов, известная как KREEP (см. «Глоссарий»), которая еще некоторое время оставалась расплавленной, прежде чем отвердеть и превратиться в еще один слой под поверхностью.

КОСМИЧЕСКИЕ АТАКИ

После отверждения поверхность Луны подвергалась постоянной бомбардировке из космоса. Она перенесла удары бесчисленных метеоритов, которые буквально взрывали ландшафт.

Зачастую они уничтожали более ранние кратеры или

дробили их, оставляя на поверхности хаотичный рельеф из холмов, гор и искривленных кратеров. Впоследствии он стал основой современного лунного высокогорья — региона, который до сих пор очень яркий и отражает большое

количество солнечного света благодаря высокому содержанию анортозитов. Однако некоторые более крупные метеориты смогли проникнуть сквозь верхний слой коры в KREEP-породу под ним.

Приблизительно 4 млрд лет назад каменный дождь над лунной поверхностью прекратился, и казалось, что Луна успокоилась. Однако неожиданно началась новая бурная фаза в ее истории.

ЛУННЫЙ КАТАКЛИЗМ

За относительно короткий промежуток времени в 200 млн лет, названный поздней тяжелой бомбардировкой или лунным катаклизмом, многие объекты внутренней Солнечной системы подверглись сильнейшим ударам огромных камней диаметром в десятки километров.

Причины бомбардировки остаются предметом дискуссии, как и вопрос, по-



ДРЕВНЕЕ НАВОДНЕНИЕ

Заполненный лавой кратер Томсона на дальней стороне Моря Мечты. Вскоре из-за вторичных менее сильных ударов поперек кратера возникли узкие полосы.



влияла ли она на объекты за пределами нашей Солнечной системы (см. «Наши сведения» и «Важные открытия»). Однако ее результаты очевидны. На Луне – это серия огромных и пересекающихся кратеров с почти круглой формой и возвышающимися краями, известных как ударные бассейны. Больше всего пострадал Южный полюс Луны, где образовался огромный бассейн, названный Южный полюс – Эйткен, диаметром 2500 км и глубиной 13 км – второй по величине среди известных ударных кратеров в Солнечной системе.

Позднюю тяжелую бомбардировку сменил постоянный поток более слабых ударов, который не прекращается до сих пор. Луна существует в таких условиях несколько сотен миллионов лет, а количество кратеров на ее поверхности увеличивается.

ПОЯВЛЕНИЕ МОРЕЙ

Луне предстояло пережить последнее крупное драматическое событие. Ни-



НАШИ СВЕДЕНИЯ

ПРИЧИНЫ БОМБАРДИРОВКИ

Согласно одной из самых популярных теорий, объясняющих позднюю тяжелую бомбардировку Луны, газовые планеты-гиганты из внешней Солнечной системы постепенно мигрировали со своих первоначальных мест, при этом Юпитер переместился вовнутрь, а Сатурн, Уран и Нептун – к краю Солнечной системы. Перемещение Юпитера должно было затронуть астероиды, которые вращались на его

орбите, что привело их во внутреннюю Солнечную систему.

Еще одна теория предполагает, что когда-то между Марсом и поясом астероидов вращалась по орбите небольшая скалистая планета, которая и вызвала бомбардировку, когда ее орбита была нарушена.

ПОТРЕВОЖЕННАЯ Художественное изображение столкновения астероида, вырванного со своей орбиты, с поверхностью Луны.

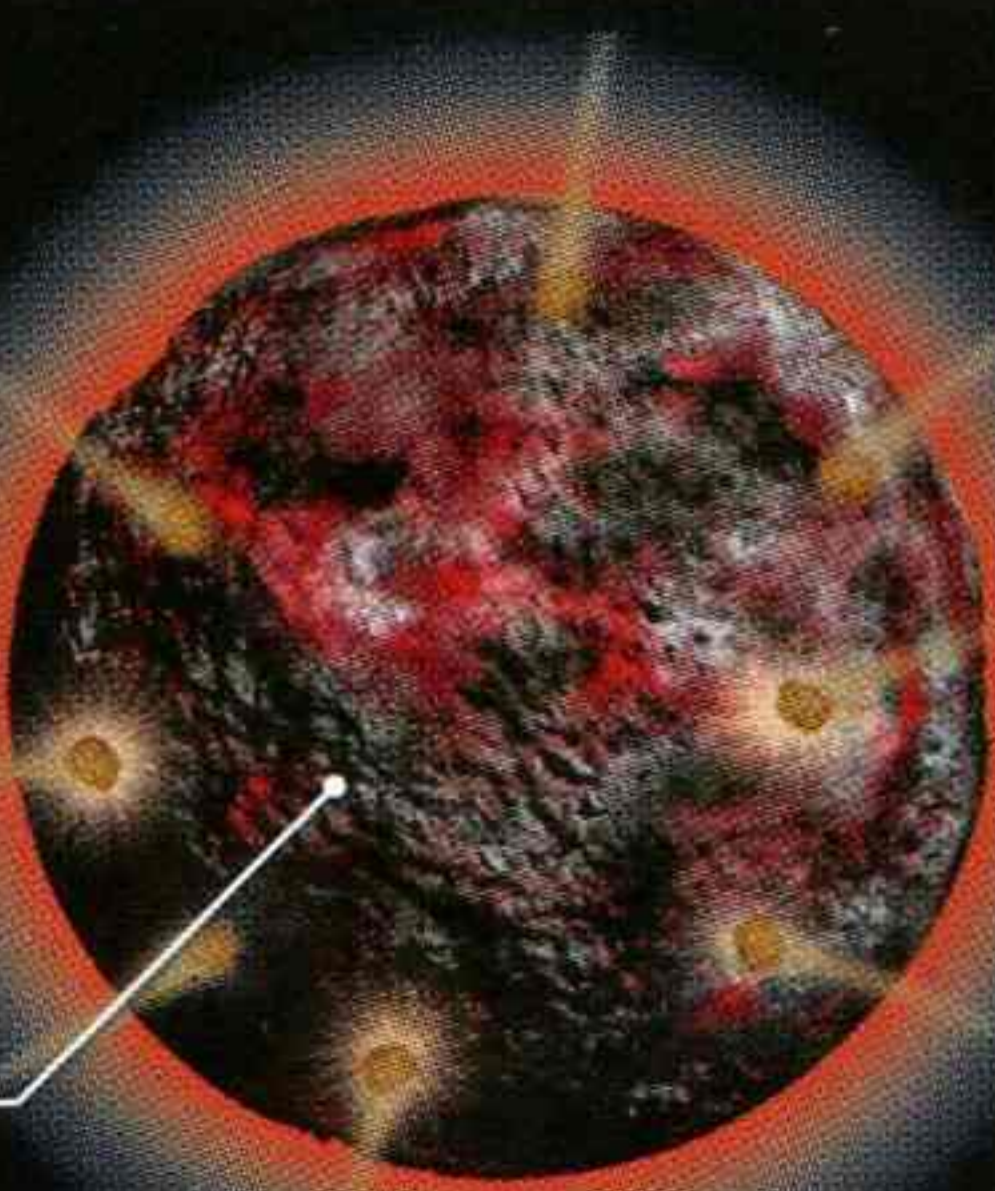


КАК ЭТО РАБОТАЕТ

ЛУННЫЕ ЭПОХИ

Эта последовательность показывает эволюцию Луны от шара расплавленной породы до спутника. Она включает разделение лунных пород на слои из-за разницы в плотности и температуре плавления, за которым последовала бомбардировка из космоса, создавшая изрезанную кратерами поверхность. Вулканические извержения наполнили кратеры лавой, сформировав лунные моря.

Луна сметает остатки пород после формирования



1 БЫСТРОЕ ФОРМИРОВАНИЕ

4,53 млрд лет назад под каменным дождем быстрыми темпами формировалась Луна, удерживая в своих недрах тепло.

внутреннее тепло расплавляет поверхность



2 БОЛЬШОЕ РАСПЛАВЛЕНИЕ

4,5 млрд лет назад высвобожденное тепло расплавало все вокруг, создав океан из магмы.



ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

БОМБАРДИРОВКА ЗЕМЛИ

Доказательства поздней тяжелой бомбардировки найдены на многих скалистых объектах Солнечной системы, но лишь недавно они обнаружены на Земле. Чтобы их найти, группа геологов под руководством Ронни Шенберга из Квинслендского университета в Австралии отправилась в Западную Гренландию к отдаленной зеленокаменной формации Исуа, знаменитой очень древними горными породами.

Эти породы, возраст которых 3,8 млрд лет, обнаружены в 1960-х, но относительно недавно их использовали для исследования давнего прошлого Земли. Проанализировав пропорции нескольких редких изотопов различных элементов, в том числе вольфрама и гафния, команда Шенберга нашла необычные материалы, нетипичные для химически и геологически активных пород коры Земли, но относительно часто встречающиеся в астероидах. Из этого можно сделать вывод, что эти элементы появились на Земле после ударов из космоса.



ДРЕВНИЕ КАМНИ

Камни в Исуа, Гренландия, являются самыми древними в мире и содержат материал, редкий для других частей земной коры, но часто встречающийся в астероидах.

кто не знает, что стало его причиной (возможно, химические изменения в недрах Луны), но под поверхностью скопилось огромное количество расплавленной породы (особенно на видимой стороне Луны), которая постепенно нашла выход наружу. В низинах открылись огромные трещины – прежде всего в крупных ударных кратерах – и на поверхность вылилась ла-

ва, медленно заполняя бассейны и превращаясь в каменные равнины, похожие на базальт. На этих равнинах сформировались современные лунные моря – темные участки, доминирующие на видимой стороне Луны, которые являются ее самой заметной особенностью.

До получения учеными точной информации, что извержения и поздняя тяжелая бомбардировка были отдельными событиями, многие считали, что вулканизм на Луне был вызван космическими ударами. Однако не все ударные бассейны стали морями. Бассейн Южный полюс – Эйткен – яркое тому подтверждение. В целом лунных морей намного меньше на обратной стороне Луны.

НЕРАЗГАДАННАЯ ТАЙНА

По другой версии, извержения чаще случались на видимой стороне Луны из-за влияния силы тяжести Земли, но эта гипотеза не выдерживает критики. Лучшая теория заключается в том, что накопление KREEP под поверхностью Океана Бурь и Моря Дождей помогло сохранить внутреннее тепло для формирования расплавленной породы. Но это не объясняет, почему извержения произошли именно тогда, а KREEP первоначально накопилась именно в этом районе.

Какой бы ни была причина извержений, они длились миллиард лет. Растекаясь, лава стирала следы изрезанного кратерами ландшафта, оставляя ровную поверхность до последующих ударов. В конце концов около 2 млрд лет назад Луна приобрела тот облик, который мы видим сейчас на ночном небе Земли.

В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ: СОВЕРШИТЕ ПУТЕШЕСТВИЕ К СУХИМ ЛУНЫМ МОРЯМ.

поверхность вновь затвердевает, превращаясь в высокогорную местность



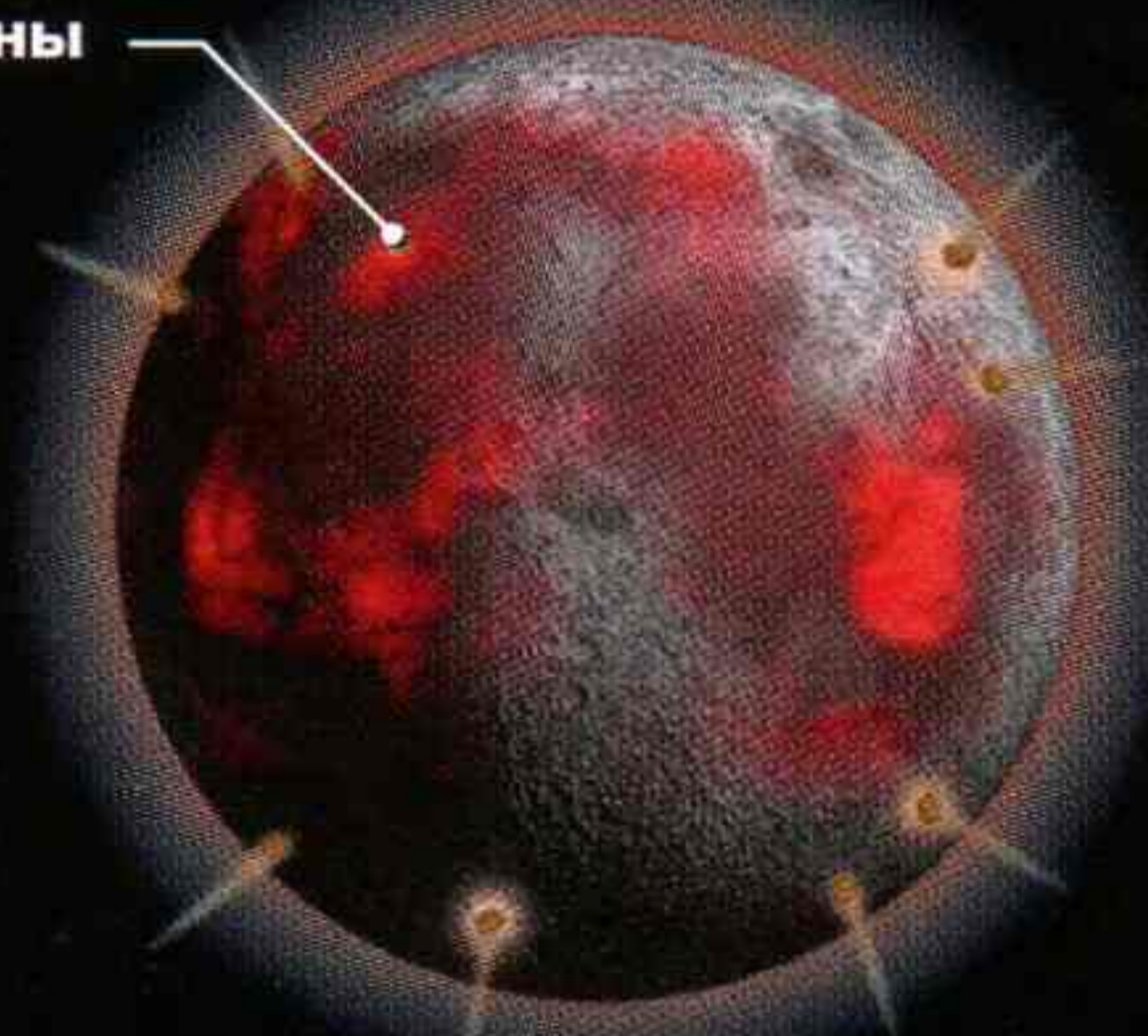
3 ВЫСОКОГОРНАЯ МЕСТНОСТЬ Высокогорья возникли 4,45 млрд лет назад, когда Луна остыла, а ее кора начала затвердевать.

сильное воздействие приводит к образованию бассейнов



4 БОМБАРДИРОВКА 3,9 млрд лет назад в результате поздней тяжелой бомбардировки появились огромные ударные бассейны.

вулканическая активность на видимой стороне Луны



5 ИЗВЕРЖЕНИЯ 3,2–2 млрд лет назад наступил пик вулканической активности. Лава затопила ударные бассейны.

образование неглубоких кратеров



6 СПОКОЙСТВИЕ 1 млрд лет назад прекратилась вулканическая активность, а Луна приобрела свою нынешнюю форму.