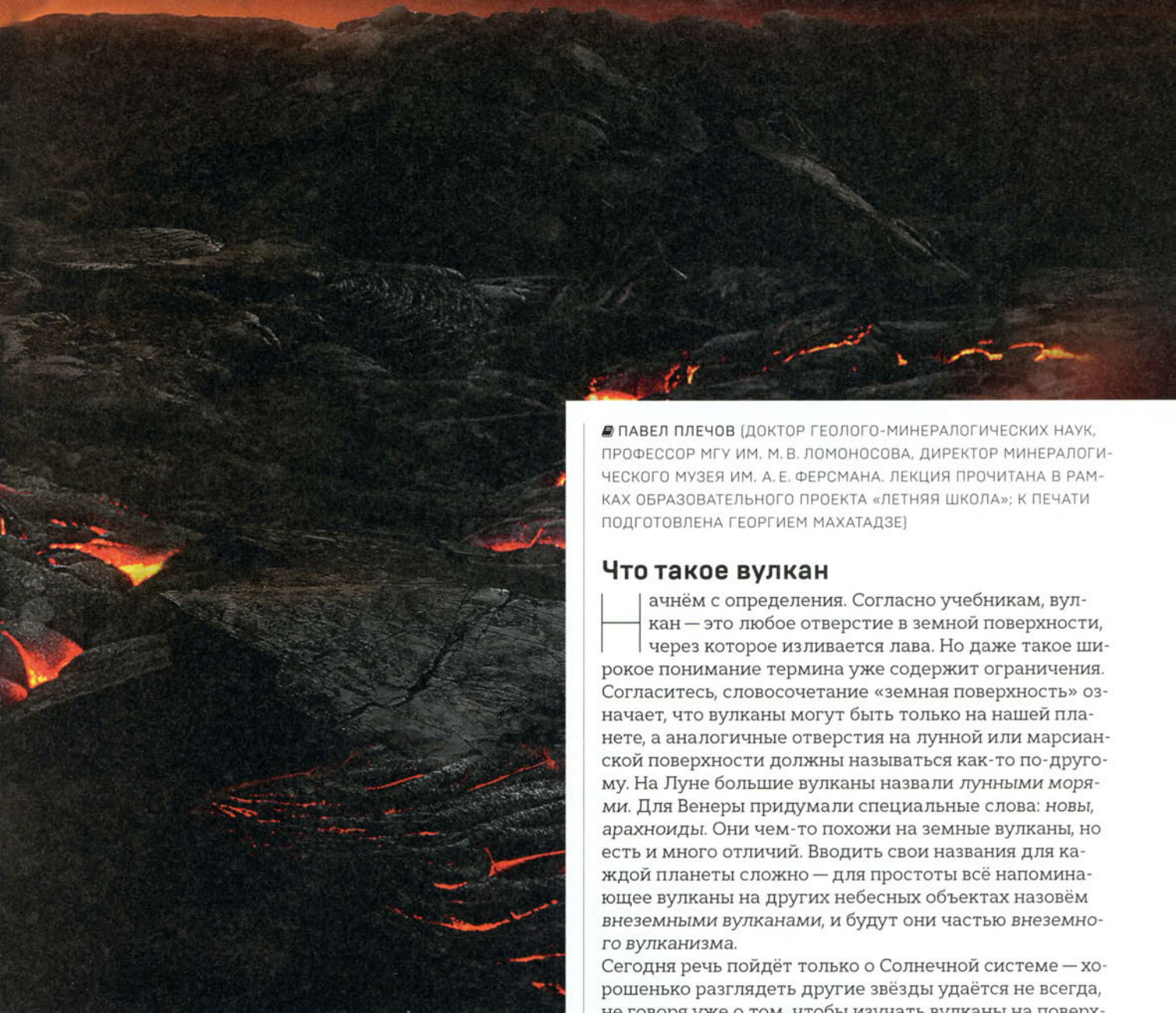




Да, когда-нибудь недра Земли остынут настолько, что уже не смогут производить магму, и вулканизм прекратится. **Планета станет мёртвой.** Не волнуйтесь, это случится не скоро.

Вулканы На Земле и в космосе

Из лекции геолога Павла Плечова



■ ПАВЕЛ ПЛЕЧОВ (ДОКТОР ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР МГУ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА, ДИРЕКТОР МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. А. Е. ФЕРСМАНА. ЛЕКЦИЯ ПРОЧИТАНА В РАМКАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЛЕТНЯЯ ШКОЛА»; К ПЕЧАТИ ПОДГОТОВЛЕНА ГЕОРГИЕМ МАХАТАДЗЕ)

Что такое вулкан

Начнём с определения. Согласно учебникам, вулкан — это любое отверстие в земной поверхности, через которое изливается лава. Но даже такое широкое понимание термина уже содержит ограничения. Согласитесь, словосочетание «земная поверхность» означает, что вулканы могут быть только на нашей планете, а аналогичные отверстия на лунной или марсианской поверхности должны называться как-то по-другому. На Луне большие вулканы называли *лунными морями*. Для Венеры придумали специальные слова: *новы*, *арахноиды*. Они чем-то похожи на земные вулканы, но есть и много отличий. Вводить свои названия для каждой планеты сложно — для простоты всё напоминающее вулканы на других небесных объектах назовём *внеземными вулканами*, и будут они частью *внеземного вулканизма*.

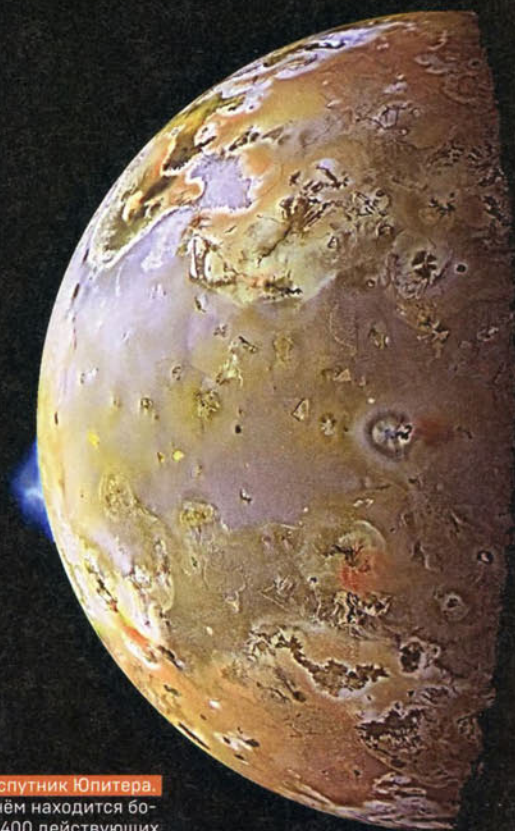
Сегодня речь пойдёт только о Солнечной системе — хоть и разглядеть другие звёзды удаётся не всегда, не говоря уже о том, чтобы изучать вулканы на поверх-



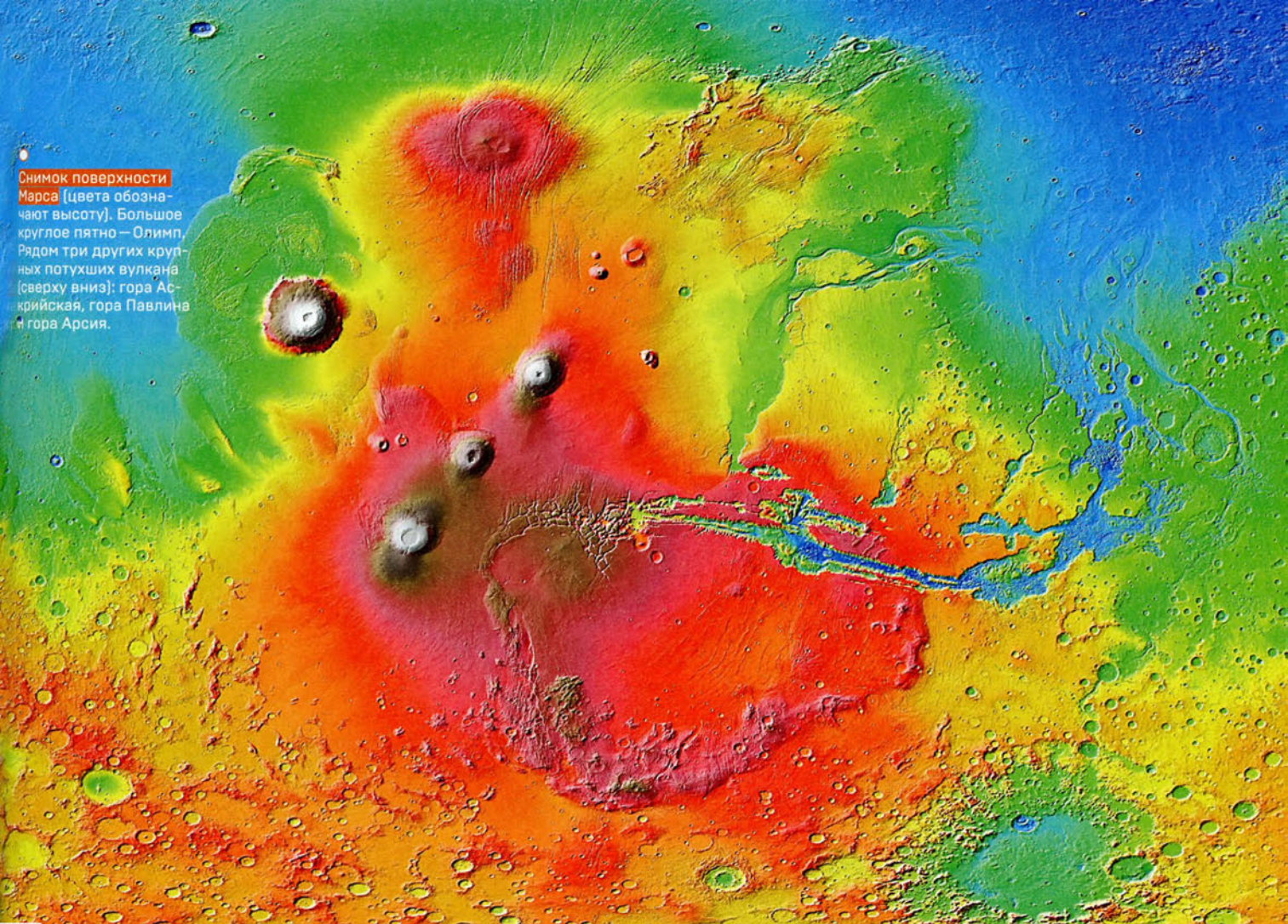
Действующий вулкан Этна. Расположен на планете Земля, на острове Сицилия. Может считаться самой горячей точкой Европы. Например, в декабре 2015 года он выбросил фонтан лавы чуть ли не на километровую высоту. Власти были вынуждены закрыть местный аэропорт.



Следы вулканических извержений на Луне, найденные неподалеку от метеоритного кратера Маскелайн. Их возраст оценивается всего в 100 млн лет, что намного меньше, чем ранее предполагавшаяся дата завершения лунного вулканизма: более миллиарда лет назад.



Ио, спутник Юпитера. На нём находится более 400 действующих вулканов.



Снимок поверхности Марса (цвета обозначают высоту). Большое круглое пятно — Олимп. Рядом три других крупных потухших вулкана (сверху вниз): гора Аскрийская, гора Павлина и гора Арсия.

И на Земле, и вне её вулканы отражают внутреннюю жизнь планеты: если лава изливается, значит, **внутри что-то происходит**.

ности планет, вокруг них обращающихся. Это бывает сложно даже в пределах нашей системы, ведь полную информацию даёт только непосредственное изучение продуктов извержений: лав, пепла.

Горячая Земля

Итак, мы точно знаем, что на Земле вулканы есть. Каждый год регистрируются десятки извержений, и иногда о них говорят в новостях. Вулканы отражают внутреннюю жизнь планеты: если лава изливается, значит, внутри что-то происходит.

Когда активные процессы в толще Земли закончатся, вулканизм прекратится. У планеты есть жизненный цикл. При рождении за счёт аккреции (слипания отдельных частиц) с каждым соударением частиц их кинетическая энергия переходила в тепловую. Часть этой энергии рассеивалась, а часть нагревала формирующуюся планету.

Поначалу Земля была чрезвычайно горячей, а вулканизм — гораздо более активным. Сейчас недра остывают со скоростью примерно 1 градус за 1 миллион лет.

Земля стремится освободиться от лишнего тепла, что проявляется в мантийной конвекции, движении материков, вулканизме и многих других процессах. С остыванием вулканизм становится менее активным, его характер меняется. В очень далёком будущем недра Земли остынут настолько, что уже не смогут производить магму, и вулканизм прекратится. Планета станет мёртвой. Не волнуйтесь, это случится не скоро.

Глядим на Луну

А что вне Земли? Ближе всего к нам Луна. На её поверхности отчётливо видны моря и материки. Материки светлые и древние, сформировались почти сразу после самого небесного тела. Моря тёмные и молодые (хотя тоже древние — последние из них образовались несколько миллиардов лет назад).

Вы, наверное, хотите спросить, как сравнивали их возраст? Отвечаю: по следам от ударов метеоритов — метеоритным кратерам. Чем дальше с поверхностью не происходит ничего, кроме падения метеоритов, тем больше кратеров на ней успевает образоваться. При извержениях поверхность обновляется, уничтожая следы метеоритов. Лунные моря как раз и представляют собой подобные области — огромные впадины, залитые лавой.

Однако есть один любопытный момент в распределении морей на поверхности Луны. Как известно, она всегда повернута к Земле одной стороной. Так вот, морями покрыто около трети поверхности видимой стороны Луны — на обратной их почти нет. Притяжение



● **Керавнский купол на Марсе** — остатки потухшего вулкана диаметром 130 километров. Рядом с ним ещё один вулкан, поменьше. Цвета на снимке обозначают высоту.



● **Древний потухший вулкан на Венере.** Недавно учёные доказали, что на этой планете есть и действующие вулканы.



● **Вулкан Куланн на Ио** (спутник Юпитера). По одной из версий, жёлтый цвет обеспечивает сера.

Земли помогает формироваться лунным вулканам на видимой поверхности и препятствует их возникновению на обратной стороне.

Понять, что эти моря — вулканические образования, позволило изучение вещества, из которого они состоят. У нас были образцы, доставленные американскими астронавтами и советскими аппаратами. Оказалось, что базальты, или эвкриты, слагающие лунные моря, похожи на земные вулканические породы, но имеют и отличия. Космические аппараты доставили на Землю три основных типа пород: лунные базальты, лунные анортозиты и лунный реголит. Из них вулканическими являются только базальты. При этом анортозиты тоже имеют магматическое происхождение — они образовались, когда Луна сама ещё была почти полностью расплавлена. Реголит же представляет собой своеобразную «почву». Это мельчайшие (доли миллиметра) обломки других пород, застывшие капельки расплава, образующиеся с каждым новым падением метеорита и покрывающие всю поверхность спутника.

Когда-то вулканизм на Луне был очень силен, но сейчас его нет и не было очень давно. Луна остыла ещё не полностью, но значительно больше Земли. Вулканы там могли бы ожить только вследствие веской внешней причины — например, в результате попадания особо крупного метеорита.

С высоты Олимпа

Теперь поговорим о Марсе. Метеориты, падающие на Землю, дают представление о других небесных телах. Очень малая часть этих метеоритов похожа на вулканические породы. При этом некоторые можно привязать к конкретной планете Солнечной системы. Для этого используют тонкие методы — например, сравнивают соотношение изотопов кислорода, которое у планет немного различается. Марсианские метеориты — достаточно редкое явление, кстати, — представляют собой вулканические породы. Они гораздо моложе других метеоритов, что свидетельствует об относительно недавнем вулканизме Марса.

На Красной планете есть огромное вулканическое плато Фарсида, которое изучают не только удалённо, но и с помощью марсоходов. Там расположены крупнейшие из известных внеземных вулканов Солнечной системы. Самый высокий из них Олимп — почти как два с половиной Эвереста (22 км).

Марсоходы передают на Землю снимки поверхности, а недавно смогли сделать химические анализы пород. Больше всего они оказались похожи на вулканические породы Гавайских островов. Большинству вулканов около миллиарда лет, но есть свидетельства и более молодого вулканизма.

Смотрим сквозь облака

Переходим к Венере. Эту планету сложно изучать из-за очень плотной атмосферы. Но мы знаем, что поверхность её молодая, почти без кратеров. А те немногие, что есть, распределены в высшей степени равномерно — это говорит о повсеместном распространении процессов, обновляющих поверхность. И действительно, вся Венера усеяна вулканическими постройками. Они сильно отличаются от земных вулка-

нов, у них даже названия особые: короны, новы, арахноиды. Иногда там удаётся разглядеть (на радиоснимках) свежие лавовые потоки или поймать момент извержения в инфракрасном излучении, свидетельствующем о значительном выбросе тепла.

Станции, достигшие Венеры, передали фотографии, на которых видны залитые лавой поверхности. Но пока у нас нет абсолютно никаких данных о составе венерианских вулкаников. Возможно, вулканическая активность была здесь сильнее, чем на Земле. Возможно, Венера проходит стадию развития, которая на Земле закончилась несколько миллиардов лет назад.

Белые пятна Меркурия

Увы, про Меркурий почти ничего не известно. Он меньше других планет земной группы, но находится ближе к Солнцу. Наверное, там тоже есть вулканизм, но его исследование — дело будущего.

Очень холодные вулканы

Одним из недавних открытий является вулканизм на Ио, спутнике Юпитера. Выбросы вещества высотой до 150 километров видны на фотографиях орбитальных телескопов. Причиной такой активности является положение Ио относительно Юпитера и двух других его спутников: Европы и Ганимеда. Ио регулярно оказывается между ними, что приводит к сильнейшему приливному разогреву (так бы Ио остыл давным-давно: он существенно меньше Луны). При этом извергаться могут сразу несколько вулканов. Что именно они извергают, неясно. Часть исследователей считает, что это обычные лавы, часть — что соединения серы.

Ещё одно проявление внеземного вулканизма — криовулканизм. Он наблюдается на ледяных спутниках планет-гигантов (Европе и Энцеладе) и лишь отдалённо напоминает вулканизм, к которому мы привыкли на Земле.

Границы понятия

Подведём итоги. Вулканизм в классическом смысле возможен только на Земле. На Луне, Марсе и Венере происходило или происходит что-то более или менее похожее на земной вулканизм.

На Ио, Европе и Энцеладе отмечены явления, очень отдалённо напоминающие земные вулканические процессы. Если отнести их к вулканизму, то и протуберанцы на Солнце можно будет назвать извержениями. Материалом солнечных извержений являются плазма, радиация и солнечный ветер (именно они вызывают геомагнитные бури, от которых болит голова). Отнести ли их, а также крио- и приливной вулканизм Ио к проявлениям внеземного вулканизма? Это вопрос терминологии. Очевидно, что просто вулканизмом такие явления назвать нельзя. 🐾

«Лично мне не хватило драматической истории о том, как гигантский вулкан уничтожил цивилизацию на Марсе.»

