

551  
P-832

Н. Н. РУДИЧ

# ВДОЛЬ ОГНЕННОЙ ГРЯДЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

551  
P-832

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
Серия «Планета Земля и Вселенная»

К. Н. РУДИЧ

ВДОЛЬ ОГНЕННОЙ  
ГРЯДЫ

1988



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1978



## ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге рассказывается о действующих вулканах Курильской островной гряды, являющейся важнейшим звеном Тихоокеанского огненного кольца.

Приводятся сведения о вулканическом тепле, которое на многих островах этой гряды выделяется в виде пара и горячих источников, в том числе и лечебного свойства. Значительное внимание уделено процессам вулканического рудообразования и факторам, способствующим созданию рудных месторождений. На конкретных примерах показана также связь вулканизма с землетрясениями и цунами.

Ответственный редактор

доктор геолого-минералогических наук  
В. П. ПЕТРОВ

Наверное, все слышали о Курильских островах, однако можно с уверенностью сказать, что побывать на них удалось далеко не каждому.

Курильская островная гряда, протянувшаяся почти в меридиональном направлении более чем на 1200 км, обладает многими, присущими только ей особенностями. Острова различны по величине, очертаниям береговых линий, рельефу, происхождению, большинство из них необитаемо и поныне. Разные звенья островной гряды имеют характерную лишь для них растительность. Пышной растительности южных островов, где цветут даже магнолии, противостоит более скудная растительность островов северных, похожая на растительность приполярных районов.

То же следует сказать и о животном мире. Даже морской зверь в пределах одного и того же островного звена обитает лишь на определенных островах. Во многих местах наблюдается обилие водоплавающей птицы, их скопление подобно птичьим базарам. На островах среднего звена нередко можно встретить лису, песка, поведение которых напоминает домашних животных.

Существуют большие различия и в климатических условиях северных и южных островов. Если в южной части островной гряды ранней весной ощущается уже дыхание лета, то в северной — еще не ушедшей зимы.

Р 20805—007 37—38 НП  
054 (02)—78

РЕДАКЦИОННАЯ

© Издательство «Наука», 1978 г.



На Курилах много озер: в одних случаях просто теплых, в других — горячих, а встречаются и кипящие. Некоторые речные долины с множеством бьющих горячих источников по своей красоте не уступают прославленной Долине Гейзеров на Камчатке, к тому же ряд источников обладает лечебными свойствами.

И все же наибольший колорит Курильской островной гряде придают действующие вулканы. О них и пойдет основной рассказ в книге.

## ВУЛКАНЫ И ИЗВЕРЖЕНИЯ

### Как рождаются вулканы

Что собой представляют вулканы, где и как они рождаются — не всегда было ясно, а тем более в древние времена. В связи с этим, естественно, возникали разные мифы и легенды. И в самом деле, если вдруг из горы, казалось бы без всякой на то причины, с грохотом, громом и непрерывным сверканием молний выбрасываются в заоблачные выси раскаленные каменные частицы, можно подумать всякое. Особенно часто такие события происходили на Липарских островах, расположенных вблизи Апеннинского полуострова. Жители считали, что это происходит от кузнечного дела, которого греки называли Гефестом.

Согласно же одному из древнеримских мифов, частые извержения из конусовидных гор на островах Тирренского моря являлись входом в жилище бога кузнечного дела Вулкана, а один из островов, на котором чаще, чем на других, происходили извержения, получил наименование Вулькано. (В дальнейшем подобные горы, где бы они ни находились, стали называть вулканами.)

Были и другие мифы и легенды, приписывавшие извержения вулканов загадочным божествам. Однако человек всегда стремился познать неведомое и в конце концов установил, что вулканы — закономерное, хотя и грозное, явление природы и возникают они в земной коре лишь в определенных местах — над трубообразными каналами или же трещинами, по которым из глубин Земли извергаются разные по размеру и форме обломки раскаленных горных пород, а также огненно-жидкие лавовые потоки.

При извержениях большей частью образуются конусовидные горы (в общем случае под вулканами принято понимать именно такие горы). На вершине ее находится



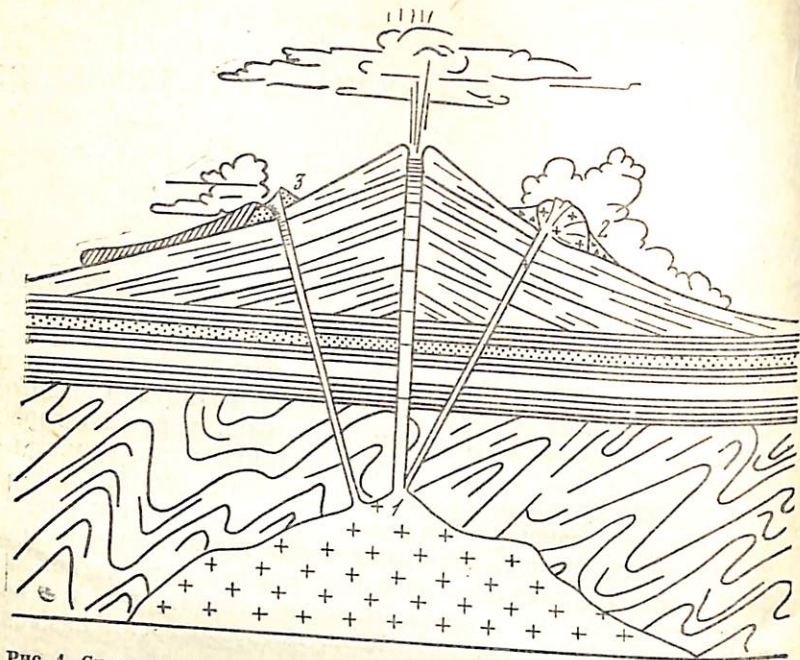


Рис. 1. Схема строения типичного вулкана  
 1 — магматический очаг (крестики); 2 — побочный экструзивный купол;  
 3 — шлаковый конус с лавовым потоком

чашеобразное углубление, называемое кратером, который соединяется с подводным каналом, или жерлом. По нему на поверхность Земли и поступают вулканические продукты — раскаленные, или пирокластические, обломки и лавовые потоки (рис. 1).

Конусовидная гора — наиболее распространенная, классическая форма вулканов, но далеко не единственная. Формы вулканических построек бывают разными, о чем более подробно будет сказано несколько ниже.

Извержения вулканов происходят не только на суше. Более того, чаще всего они возникают на дне морей и океанов. Как полагают ученые, подводные извержения вулканов по силе намного превосходят наземные.

Попытаемся все же ответить на вопросы: где и как возникают вулканы, какие причины способствуют их рождению?

Теперь уже известно, что вулканы на нашей планете извергаются в определенных местах, а не где им «вздумается». Правда, последняя точка зрения еще долго продолжала существовать и опиралась она на факты. Вот совсем недавние события. В 1943 г. на одном из кукурузных полей Мексики родился вулкан Парикутин. Другой случай — возникновение в конце XVIII в. вулкана Иоана Богослова в Беринговом море, в районе Алеутской островной дуги. Это было подводное извержение, и произошло оно тоже неожиданно. Или такое событие, как пробуждение в 1973 г. вулкана Хельгаффель в Исландии, который находился в состоянии покоя 7 тыс. лет. Нечто подобное произошло и с вулканом Безымянным на Камчатке. Его считали давно потухшим, он не подавал никаких признаков жизни. И вдруг вулкан проснулся в 1955 г., спустя многие сотни лет, а затем произошло страшное, катастрофическое извержение. То же самое случилось в 1973 г. с вулканом Курильских островов Тятя, который считался потухшим.

Несомненно, подобные события происходили и раньше и, судя по продуктам давних извержений, еще в больших масштабах. Все это, вместе взятое, и порождало легенды о том, что вулканы могут возникать где угодно.

Как сами извержения вулканов, так и продукты их деятельности изучаются давно. И хотя еще имеются неясности, в настоящее время наука уже может ответить на многие вопросы.

Почему же происходит извержение вулканов? Ведь и земная кора, и расположенная ниже ее верхняя мантия находятся в твердом состоянии. Но это при стабильных условиях, до поры до времени. Если мы будем следовать в глубь Земли, то убедимся, что через каждые 33 м температура повышается на  $1^{\circ}\text{C}$ . Это так называемый геотермический градиент. Нетрудно подсчитать, что на глубине нескольких десятков километров температура достигнет такого уровня, при котором горные породы обычно переходят в расплав. Однако с глубиной возрастает и давление, препятствующее плавлению. Тем самым между температурой и давлением устанавливается равновесие. Но, как известно, земная кора и верхняя мантия никогда не находятся в покое. С течением времени в них возникают различные подвижки — трещины, разломы, разнонаправленные передвижения блоков, которые нарушают это



равновесие, давление уменьшается, и тогда на больших глубинах твердое вещество переходит в расплав, создавая очаг. Расплав из этого очага при помощи газа и пара, которые содержатся в нем, устремляется к поверхности — происходит извержение вулкана. Это одно из предположений о том, как образуется огненно-жидкий расплав, но имеются и другие гипотезы.

Расплав этот называется магмой, что по-гречески означает «тесто». Название не очень точно отражает состояние вещества, поскольку магма далеко не всегда похожа на тесто. В ней много газов и паров. Состояние ее бывает разным: иногда это жидкая масса, в других случаях очень вязкая, малоподвижная, иногда же твердопластичная. Но тем не менее этот термин, начиная с прошлого столетия, общепризнан, хотя некоторая условность все же сохраняется.

Магма, поступающая на поверхность при извержении вулканов, далеко не однородна. Главным показателем для определения ее состава является содержание в ней кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ). Если его не более 45—55%, магма считается основной. Наиболее типичные породы основной магмы — базальты. Если же кремнезема содержится 55—65%, магма относится уже к среднему составу. Из такой магмы образуются горные породы, называемые андезитами. Магма, относящаяся к кислому ряду, содержит 65—75% кремнезема. Наиболее типичные породы ее — дациты и липариты. От состава магмы зависит многое: характер вулканических продуктов, форма построек вулканов, а также тип самих извержений.

Чтобы легче было уяснить, где же находится магматический очаг, необходимо привести схему строения земного шара. В самом общем виде она такова: самая верхняя оболочка его — земная кора. Мощность ее в среднем около 50 км. На континентах она иногда выше, а в океанических впадинах снижается до нескольких километров. Следующая оболочка — верхняя мантия, мощность которой 900 км. До глубины 2900 км прослеживается нижняя мантия. Далее, от 2900 до 6300 км, т. е. до центра Земли, следует ядро. Иногда для наглядности в качестве модели строения Земли приводят обычное яйцо. В таком случае самая верхняя пленочка его будет представлять земную кору, белок — верхнюю и нижнюю мантию, а желток —

Такое представление о строении Земли нам дают сейсмические волны, или волны землетрясений. Свойство этих волн таково, что при переходе из одной среды в другую они меняют скорость, причем эти изменения происходят скачкообразно. На глубине 50—60 км, т. е. по выходе за пределы земной коры, скорость прохождения волн увеличивается, указывая на границу земной коры и верхней мантии. Далее, на глубине 2900 км, сейсмические волны попадают в такую среду, где они распространяться не могут: отсюда начинается ядро Земли. Поскольку ядро не пропускает поперечные сейсмические волны, предполагается, что оно находится в жидком состоянии (через жидкость такие волны не проходят).

Так, мантия, а точнее, верхняя ее часть и отчасти земная кора и являются теми областями Земли, где образуются магматические очаги. Как известно, твердое вещество может плавиться лишь на глубине около 40 км, где температура поднимается примерно до  $1200^\circ\text{C}$ .

Однако многие ученые на основании изучения землетрясений и других данных полагают, что эти глубины могут быть и значительно больше, достигая 250 км. Подтверждается это геофизическими исследованиями как советских, так и некоторых зарубежных ученых.

Магматические очаги существуют не только на больших глубинах. Они прослежены в земной коре вблизи поверхности, на глубине нескольких километров. Это так называемые периферические очаги. Данные о существовании близповерхностных очагов получены сотрудниками Института вулканологии при изучении некоторых действующих вулканов Камчатки.

Вблизи поверхности образуются иногда и крупные интрузивные тела, или субвулканические интрузивы. Существование их тоже подтверждает предположение вулканологов о наличии магматических очагов на малых глубинах.

Какие же продукты поступают на поверхность Земли при извержении вулканов? Условно их можно разделить на газообразные, жидкие и твердые. Газы, пары воды и некоторых кислот, которыми на определенном этапе насыщена магма, являются тем подъемным рычагом, который перемещает расплав вначале ближе к поверхности, а затем и на поверхность. Когда путь к поверхности еще не проложен, расплав, пересыщенный газами и парами,



силой проталкивается и преодолевает препятствие — возникает взрыв.

При взрывном (его еще называют эксплозивным) извержении выбрасываются твердые вулканические продукты — куски раскаленной лавы или шлаки, пемза, вулканические бомбы, лапилли, песок и пепел.

Необычайно большим разнообразием форм и размеров среди обломочного материала обладают вулканические бомбы. Они образуются из кусков лавы, поднятых на определенную высоту газами, которые интенсивно выделяются из раскаленного расплава. Однако не из всякого куска лавы может образоваться вулканическая бомба. Если расплав очень раскален, то оторвавшиеся от него и выброшенные в воздух куски не успевают остыть и, падая на поверхность земли, сплющиваются, деформируются и даже спекаются. Ясно, из такого расплава вулканической бомбы не получится. Но если обособляются куски из чуть остывшего расплава лавы, где уже имеется тоненькая корочка, то из них в воздухе создаются самые разнообразные по своей конфигурации бомбы (фото 1). Нередко встречаются красивые, винтообразно закрученные, с плотной внешней оболочкой. Можно выделить удлиненно-вытянутые (веретенообразные) бомбы с утонченными концами и хорошо заметными следами вращательного движения. Бомбы округлосглаженные, шаровые или черепашковидные, с заметными трещинами, также встречаются часто. Внешняя корка их довольно плотная, хотя они очень легкие благодаря большому внутренним полостям. Наблюдаются бомбы грушевидные, петлеобразно закрученные, в виде канатов, типа хлебной корки (напоминают растрескавшуюся корку хлеба), со следами волочения и некоторые другие (фото 2).

Если же сделать поперечный разрез вулканической бомбы, то в ней хорошо заметна маломощная, но плотная внешняя корочка и более пористая середина. Изредка внутри бомбы имеются и крупные полости, измеряемые несколькими сантиметрами.

Окраска вулканических бомб разная, но большей частью коричневая, густо-коричневая, иногда черная, особенно у бомб с плотной и гладкой внешней корочкой.

Размеры бомб разные — от 5—10—15 см до 1 м в поперечнике, а иногда и больше, вес последних достигает нескольких тонн.

Необычайно богаты вариации форм лапилли, что по-итальянски означает «камешки». Это также частицы раскаленной лавы, размер которых колеблется от 2 до 20 мм (фото 3). Часть из них выбрасывается в твердопластичном состоянии, о чем свидетельствует их форма, без каких-либо следов деформации. Встречаются они в форме подковы, пальцеобразные и др.

Весьма распространенными вулканическими продуктами являются песок и пепел. Размеры песчинок составляют 0,5—2,0 мм. Что касается пепла, то это самый мелкий вулканический продукт, имеющий вид порошкообразной массы. При взрывных извержениях эти мелкодробленые вулканические продукты выбрасываются на поверхность земли объемом нередко во многие кубические километры и поднимаются в виде облачной тучи на высоту до нескольких десятков километров. Мощные отложения песка и пепла, многометровым слоем покрывающие склоны и подножие вулканов, уничтожают большие лесные массивы и даже города. Правда, следует оговориться, что ни песок, ни пепел не отвечают общепринятому понятию об этих продуктах, однако эти названия прочно вошли в литературу и под ними понимают вулканические образования, выброшенные на поверхность при взрывных извержениях.

Часто встречаются и такие вулканические продукты, как шлаки и пемза. Шлаки нередко выдаются на поверхность в больших объемах. Образуются они и на лавовых потоках. Исходным материалом является основная лава, в которой содержится мало кремнезема и много железа. По внешнему облику вулканические шлаки подобны заварочным, откуда и взято само название (фото 4).

Пемза, или вулканическая пена, отличается от шлаков тем, что она получается из кислого, т. е. насыщенного кремнеземом, расплава. Но о ней более подробно будет сказано в разделе о вулканических горных породах.

При взрывных извержениях более глубинные части расплава обедняются газами и парами. Теперь расплав уже менее насыщен ими и поэтому относительно спокойно изливается на поверхность в виде лавовых потоков. Скорость передвижения лавовых потоков — от нескольких метров до нескольких десятков километров в час.

Лавовые потоки играют очень важную, иногда главенствующую, роль в образовании вулканов. Изливаются



лавы из главного или побочного кратера и далее следуют вниз по склону. В зависимости от рельефа местности и температуры расплава они продолжают движение далеко за пределы подножий вулканов.

Как показывают наблюдения вулканологов, андезитобазальтовые лавы, изливающиеся из побочных кратеров Ключевского вулкана на Камчатке, имеют температуру 1100—1200° С. Поверхность потока быстро остывает, а нижние части его остаются горячими в течение 2—3 лет.

Иногда случаются, на первый взгляд, невероятные события. Раскаленный лавовый поток, вылившись на ледник, не уничтожает его. На первых порах поверхность ледника быстро тает, но затем таяние его прекращается, хотя лавовый поток движется с прежним напором. В чем же здесь дело? Объясняется все очень просто: с передней части лавового потока на лед скатываются шлаки с несколько остывшей корочкой, которые при соприкосновении со льдом быстро охлаждаются. Теперь уже лед прочно защищен от раскаленной лавы остывшей и не теплопроводной корочкой, которая играет роль не только изоляционного лавовый поток. А выше лавовый поток, даже если он и не движется годами, а то и десятилетиями, остается горячим. Сверху лавовый поток также покрывается коркой. Случается, что она зарастает травой, а чуть копнешь — можно спокойно кипятить чай. И впрямь — лед и пламень здесь живут в обнимку очень долго.

В лавовых потоках случаются интересные находки. В лавах вулкана Плоский Толбачик встречаются отпечатки древесных стволов. Это свидетельствует о том, что лавовый поток когда-то следовал по залесенной местности. Лес был уничтожен, но отпечатки деревьев, которые хорошо видны на изломах базальтов, сохранились на долгое время.

Потоки бывают разные. Например, поверхность гавайской глыбовой лавы (характерной для Гавайских вулканов) состоит из полуспекшихся обломков и мелких глыб; последние имеют неровный излом и морщинистые очертания. Тип санторинской глыбовой лавы несколько иной (Санторин — вулкан Эгейского моря). Поверхность ее образована из свободного навала крупных глыб с ровной и гладкой поверхностью. В отдельных случаях базальтовые лавовые потоки имеют ровную, словно речная гладь,

поверхность и передвигаются с большой скоростью — 15—20 км/час, иногда и больше.

В поперечном разрезе лавового потока различаются три слоя (хотя это и не универсальный случай): верхний слой — глыбовый. При движении потока эти глыбы сваливаются по направлению движения, образуя его основания; середина потока относительно монолитная. Лавовые потоки уничтожают все на своем пути, поэтому они представляют большую опасность для населения. Можно ли предотвратить эту опасность? Оказывается, что с большим трудом и отчасти риском, но все же можно. Вот только два примера. Однажды, во время извержения вулкана Мауна-Лоа на Гавайских островах, мощный лавовый поток двинулся на сторону города Хило. Над городом нависла реальная и страшная опасность. На основании многолетних наблюдений вулканологической обсерватории, изучавшей характер движения лавовых потоков, был составлен план спасения города. Суть его заключалась в том, что нужно было во что бы то ни стало изменить направление потока. На помощь пришла авиация. Было сброшено 6 т бомб, которые произвели необходимые разрушения в области истоков лавы, разрушили лавовые туннели, дали выход газам, и в конечном счете лавовый поток устремился по другим направлениям\*. Так был спасен город Хило. Это было в 1924 г. А вот совсем недавний случай.

В январе 1973 г. после необычайно длинной паузы, которая продолжалась 7 тыс. лет, возобновил активную вулканическую деятельность вулкан Хельгаффель на острове Хеймаэй в Исландии. На город этого острова с 5-тысячным населением двинулся лавовый поток. Началась схватка людей с жестокой стихией. Лава подползала все ближе и ближе к порту. Уже сгорели сотни домов и других сооружений. Но люди не сдавались. На протяжении многих недель они непрерывно поливали из водометов раскаленный лавовый поток холодной морской водой: нужно было охладить поверхность, создать такую защитную кору, через которую не мог бы просочиться огненно-жидкий расплав. На движущийся поток было вылит почти 6 млн. м<sup>3</sup> воды, охладившей около 4 млн. м<sup>3</sup> лавы.

\* Бублейников Ф. Д., Щербаков Д. И. Замечательные геологические явления нашей страны. М.—Л., 1941.



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Вулканы и извержения . . . . .	5
Вдоль Огненной гряды . . . . .	33
Постоянные спутники вулканов . . . . .	92
Вулканизм, землетрясения и цунами . . . . .	102
Предсказание извержений . . . . .	107
Вулканы служат человеку . . . . .	110