

## О вулканах, «утонувших» в океане

Б. М. Валяев

Кандидат геолого-минералогических наук



*Борис Михайлович Валяев работает в лаборатории тектоногеофизики Геологического института АН СССР. В последнее время занимается проблемой механизма движения земной коры, и в сфере его исследований оказались также глубинные и поверхностные структуры дна Мирового океана. Автор ряда научных и научно-популярных статей, в том числе и в журнале «Природа».*

Как известно, на дне Мирового океана обнаружены подводные хребты и отдельные горы. Среди подводных гор выделяются потухшие вулканы, имеющие форму усеченного конуса с плоской вершиной, получившие название «гайотов»<sup>1</sup>. Выяснение их строения и развития важно не только для понимания генезиса самих гайотов, но и истории формирования океанических впадин, поскольку гайоты относятся к категории весьма «осведомленных свидетелей».

В последнее время появились две новые концепции, которые, казалось бы, находятся в резком противоречии с общепринятыми представлениями о происхождении гайотов. Чтобы рассеять неопределенность, необходимо сопоставить эти концепции на базе всего фактического материала.

Океанологи считают, что гайоты, как и все другие подводные горы, имеют вулканическое происхождение. По их мнению, когда-то гайоты представляли собою обычные действующие вулканы, возвышавшиеся над уровнем океана. После того как они потухли, вершины вулканов были срезаны в результате разрушительного воздействия волн. Еще позднее плосковерхие потухшие вулканы оказались «погребенными» под глубоким слоем воды, «утонули» в океане то ли вследствие подъема уровня воды (либо из-за увеличения объема вод в Мировом океане, либо при их перераспределении между океанами), а скорее, в результате прогибания дна океана, и перешли, таким обра-

зом, в разряд типичных гайотов<sup>1</sup>.

Все новые и новые геологические и геофизические данные, полученные в последние годы при изучении поверхностных и глубинных структур дна океана, и в том числе результаты глубоководного бурения, находят наиболее удовлетворительное объяснение в рамках обновленной гипотезы дрейфа (перемещения) континентов, в соответствии с которой дно океанов оказывается своеобразным движущимся эскалатором или конвейером. Выходит, что и океанические гайоты спокойно «коچуют» в просторах океана вместе с его дном, а следовательно, и история их образования и развития должна быть иной.

Успехи последних лет в изучении океанов привели также к получению новых сведений о вулканических процессах в океанах, об океанических вулканах. И неожиданно гайоты были найдены на суше, причем изучение их показало, что образование плоских вершин вовсе не связано с деятельностью волн, хотя «сухопутный гайот» еще совсем недавно был подводно-морским.

Таким образом, в геологической науке определилась еще одна интересная дискуссионная проблема, которая, несомненно, с течением времени найдет свое решение.

<sup>1</sup> На суше плосковерхие горы также встречаются и имеют специальное название — «столовые». Как и все невулканические горы, они образовались в результате эрозии, разрушения горных поднятий. Плоский характер их вершин объясняется тем, что наверху располагаются горизонтально залегающие породы, более стойкие к разрушению, чем подстилающие их породы.

<sup>1</sup> «Природа», 1969, № 6, стр. 70.

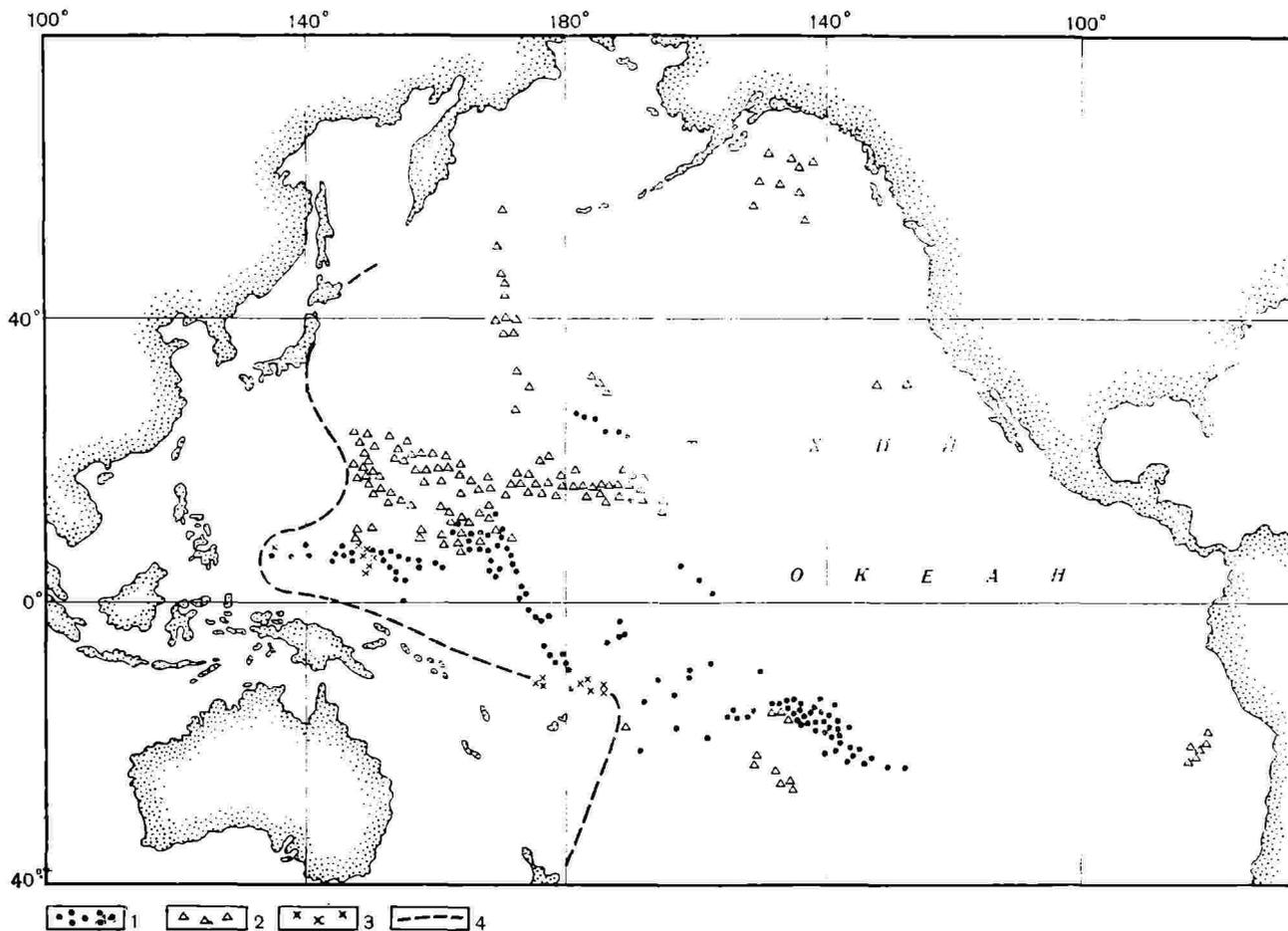


Рис. 1. Погруженные древние острова Тихоокеанской впадины. 1 — атоллы; 2 — гайоты; 3 — погруженные атоллы; 4 — андезитовая линия. (По Г. Менарду, 1964.)

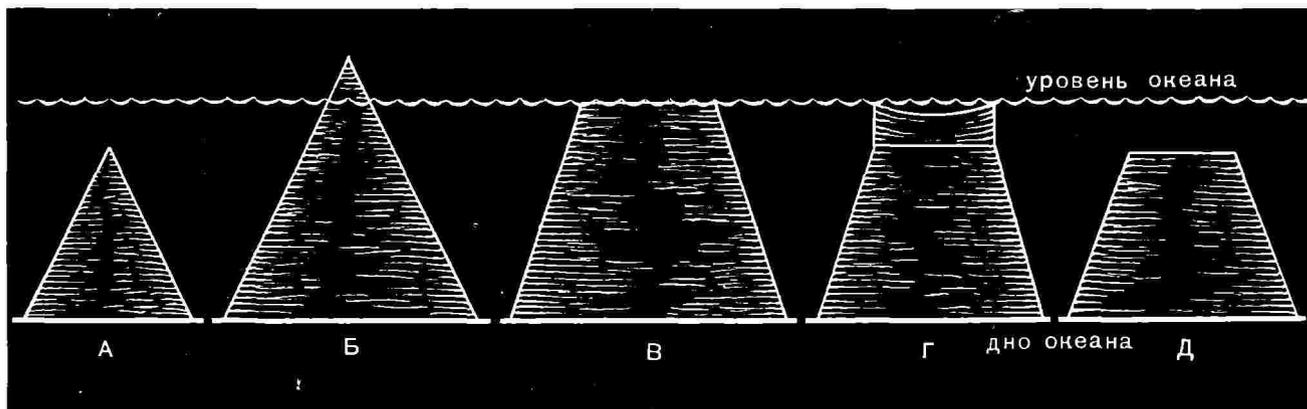


Рис. 2. «Генетический» ряд морфологических элементов топорельефа на пути от активного подводного вулкана до потухшего и утонувшего в океане гайота. Этот ряд представляет собой «главную последовательность» эволюции формы океанических вулканов во

времени, подобно тому, как на графиках зависимости «спектр — светимость» или «масса — светимость», построенных для звезд, отражается эволюция звезд. А — подводный вулкан; Б — вулканический остров; В — остров с плоским верхом; Г — атолл; Д — гайот.

## Что такое гайоты?

На дне всех океанов подводные горы встречаются в большом количестве. В одном Тихом океане, по подсчетам известного американского океанолога Г. Менарда, находится не менее 10 тыс. гор высотой более 1 км. Судя по морфологическим особенностям, а также по результатам дражирования склонов, почти все подводные горы вулканического происхождения. Наиболее высокие из них близко подходят к поверхности океана и даже образуют как единичные острова, так и целые архипелаги островов. Вершины многих из этих островов довольно плоские и, как полагает большинство океанологов, их острые макушки размыло волнами. Некоторые из таких выровненных островов «полюбились» кораллам, и в результате по периферии вулканических оснований возникли почти кольцевые коралловые постройки, так называемые коралловые рифы, или атоллы. Ч. Дарвин еще в 1842 г. предположил, что атоллы образуются при погружении выровненных, преимущественно вулканических островов.

Глубокое бурение и сейсмические геофизические исследования, проведенные на некоторых атоллах (Эниветок, Бикини и др.), показали, что иногда основание коралловой постройки оказывается на глубине многих сотен метров и даже более тысячи метров. Поскольку рифостроящие коралловые полипы и водоросли могут существовать лишь вблизи поверхности морей и океанов, т. е. на небольших глубинах, ясно, что коралловая надстройка высотой во много сотен метров могла сформироваться только при постепенном погружении ее плосковерхого основания. Следует отметить, что, наряду с глубокопогруженными в океан атоллами, встречаются и такие, которые приподняты до высоты 1500 м над поверхностью океана (например, в Зондском архипелаге). Уже одно это обстоятельство, а также некоторые другие факты заставляют предполагать, что атоллы погрузились в океан в результате опускания его дна (оказывается, Ч. Дарвин был прав!), а не подъема

уровня воды в нем. Можно дополнительно лишь привести остроумное замечание Г. Менарда<sup>1</sup>, что, если бы причина состояла во всеобщем повышении уровня океана, то были бы затоплены все материки вместе с автором и читателями, и необходимость в дискуссии отпала бы<sup>2</sup>.

Среди вулканических гор, встречающихся в океане, гайоты были открыты самыми последними. Их первооткрыватель и «отец-креститель» американский геолог Г. Хесс<sup>3</sup> на основании только топографических (морфологических) данных и, вероятно, по аналогии с плосковерхими основаниями атоллов, посчитал, что гайоты сформировались в результате срезания волнами вершин вулканических островов и последующего их погружения. Причем все эти события, по его мнению, произошли еще в докембрии (ошибочность последнего заключения выяснилась почти сразу).

Вскоре с нескольких вершин плоских гайотов были подняты окатанные гальки (свидетельство активной деятельности волн) и остатки рифовой фауны верхнемелового (~ 90 млн лет) возраста. На других вершинах и склонах гайотов фауна была еще моложе. Быстрое поступление новых данных позволило составить карты распределения гайотов по площади отдельных океанов (рис. 1). Большинство исследователей пришло к выводу, что погружение гайотов было связано с опусканиями обширных участков океанического дна, т. е. с региональными прогибаниями, а не прогибанием мелких блоков океанической коры под отдельными гайотами. Эти прогибания происходили с мелового или даже юрского времени (т. е. последние 100—130 млн лет). За гайотами была признана важная роль реперов — вех в изучении истории формирования впадин океанов, так как по глубине

их плоских вершин можно было судить о величине опускания дна океана (рис. 2), а по остаткам фауны — о длительности самого опускания.

При достижении поверхности океана действующий вулкан многократно «выныривает» и вновь уходит под уровень океана вследствие выноса вулканического материала и надстройки конуса вулкана, с одной стороны, и его погружения при опускании дна и размыва вершины волнами — с другой. Но гайот оказывается плоским «пловцом» и в конечном итоге «тонет» в океане.

## Возможная миграция гайотов в глубинах океанов

Около двух лет назад Г. Менард высказал существенно новые соображения о вероятной эволюции океанических вулканов и гайотов<sup>4</sup>. Его концепция, хотя и достаточно оригинальна<sup>2</sup>, но не является чем-то неожиданным, так как логически вытекает из получившей в последнее время почти всеобщее признание среди западных геологов новой (а точнее, обновленной) гипотезы дрейфа континентов вследствие новообразованного океанического дна. В соответствии с этой гипотезой, под срединно-океаническими хребтами в верхней мантии на глубине нескольких десятков километров имеются обширные очаги расплавленного материала. По крупнейшим расколам в осевой части срединно-океанических хребтов происходит внедрение мантийного расплава. В результате здесь происходит непрерывное формирование новой океанической коры, которое сопровождается одновременным отодвиганием ранее застывших блоков океанической коры от срединно-океанических хребтов в сторону континентов<sup>3</sup>. Активность

<sup>1</sup> H. W. Menard. Growth of drifting volcanoes. «Journal of Geophysical Research», v. 74, 1969, № 20, pp. 4827—4837.

<sup>2</sup> Близкие идеи ранее, в 1962 г., высказал Г. Хесс (H. H. Hess. History of ocean basins, in Petrological Studies, a volume to honor A. F. Buddington. «Geological Society of America», New York, 1962).

<sup>3</sup> См. заметку с критикой этих взглядов. «Природа», № 12, 1970, стр. 82.

<sup>1</sup> Г. У. Менард. Геология дна Тихого океана. М., «Мир», 1964, стр. 107.

<sup>2</sup> А точнее, ни автору, ни читателям, как и всему роду человеческому, вообще не суждено было бы появиться на свет.

<sup>3</sup> H. H. Hess. Drowned ancient islands of the Pacific Basin. «American Journal of Sciences», v. 59, 1948, pp. 417—446.

мантийного очага проявляется также в том, что на обширной площади срединно-океанических хребтов и прилегающих областей происходят интенсивные и длительные трещинные и очаговые подводные излияния базальтовой лавы. Это приводит к формированию на новообразованной океанической коре слоя базальтовых лав, а также вулканических конусов (рис. 3).

В соответствии с представлениями Г. Менарда, получается, что под дном океанов работают своеобразные двусторонние «конвейеры», ячейки которых пополняются новообразованной океанической корой, а в качестве одного из переносимых «грузов» выступают растущие на ней вулканы. Вулканы уносятся при этом вниз от приподнятого срединно-океанического хребта в прилегающие к нему глубоководные депрессии. В этих условиях эволюция подводного вулкана зависит, с одной стороны, от глубины океана, где начался его рост, и увеличения глубины по мере «выноса» вулкана во все более глубоководные участки океана, а с другой — от интенсивности вулканической деятельности. Только при высоком темпе «поступления вулканического расплава, интенсивность которого, по расчетам Г. Менарда (рис. 4), должна составлять не менее 140 км<sup>3</sup>/млн лет, растущий со дна вулкан через 10—15 млн лет сможет достичь поверхности океана. Поскольку же связь вулкана с очагом расплава в мантии сохраняется в течение 25—30 млн лет, еще около 10—15 млн лет вулкан будет продолжать расти и возвышаться над уровнем океана, хотя за это время вулкан (который по своим морфологическим особенностям стал сходен с гайотами) попадает в гораздо более глубоководную часть океана. Наконец, еще позднее, вследствие продолжающегося перемещения океанического дна («конвейера») во все более глубоководные участки океана, плосковерхие гайоты (которые уже больше не растут — их «унесло» от мантийного очага расплава и они оказались над более холодным и твердым участком верхней мантии) начинают все глубже погружаться под уровень вод океана. Таким образом, Г. Менард

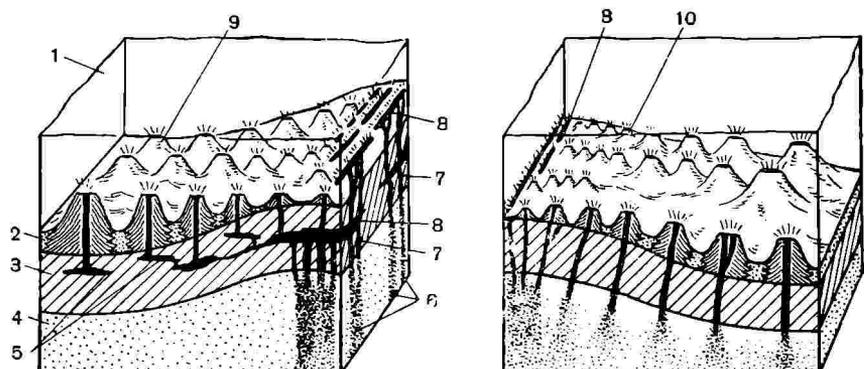
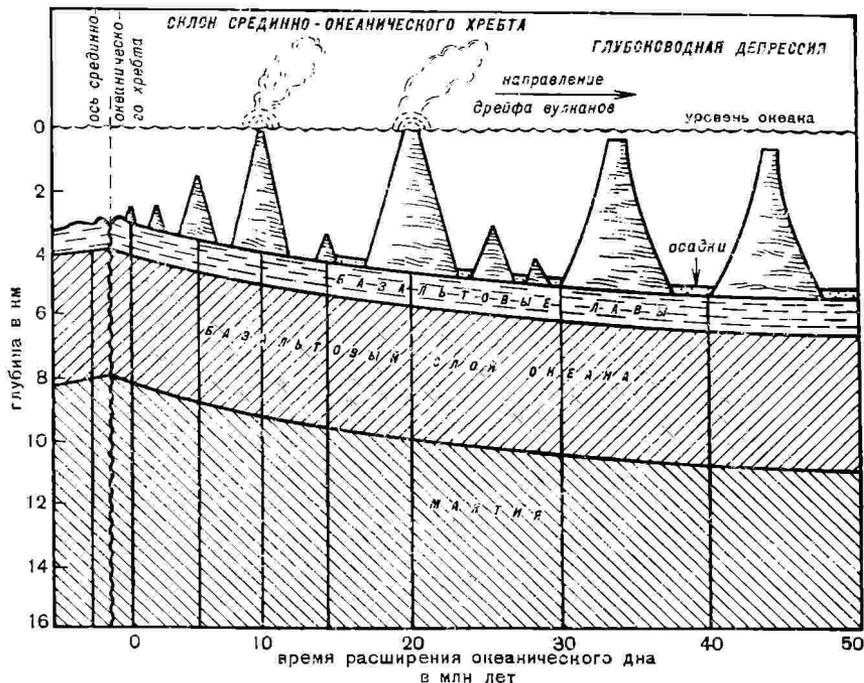


Рис. 3. Образование гайотов в процессе роста и перемещения вулканов в стороны от срединно-океанического хребта «конвейером» океанической коры (схема истории «кочевой» жизни гайотов по Г. Менарду, 1969). Вверху — схематический профиль: вулканы начинают расти вверх в районе оси срединно-океанического хребта и его склонов. Одновременно они перемещаются вместе с океаническим дном в сторону прилегающей глубоководной впадины. Такое передвижение происходит как бы на своеобразном «конвейере», ячейками которого служат участки вновь возникшей океанической коры. Примерно через 10 млн лет вершины вулканов достигают поверхности океана. На протяжении последующих 10—20 млн лет в процессе продолжающейся активной деятельности вулкана его вершина под действием волн становится все более плоской. После завершения вулканической деятельности образовавшийся гайот уносится «конвейером» океанической коры глубоко под уровень океана. Внизу — пространственные блок-диаграммы. Слева — вулканы «уплываю» от оси среднего океанического хребта, захватив в запас расплавленную магму, сконцентрированную в магматических очагах базальтового слоя океана. Справа — питание растущих дрейфующих вулканов все время происходит из обширного очага расплава, расположенного в верхней части мантии Земли. 1 — поверхность вод океана; 2 — осадки; 3 — базальтовый слой океана (океаническая кора); 4 — мантия; 5 — магматические очаги; 6 — внедрения мантийного расплава в базальтовый слой океана по разломам вблизи оси срединно-океанического хребта; 7 — каналы подъема расплава; 8 — дайки (вертикально стоящие блоки застывшей магмы); 9 — «старый», но еще активный вулкан; 10 — молодой активный вулкан.

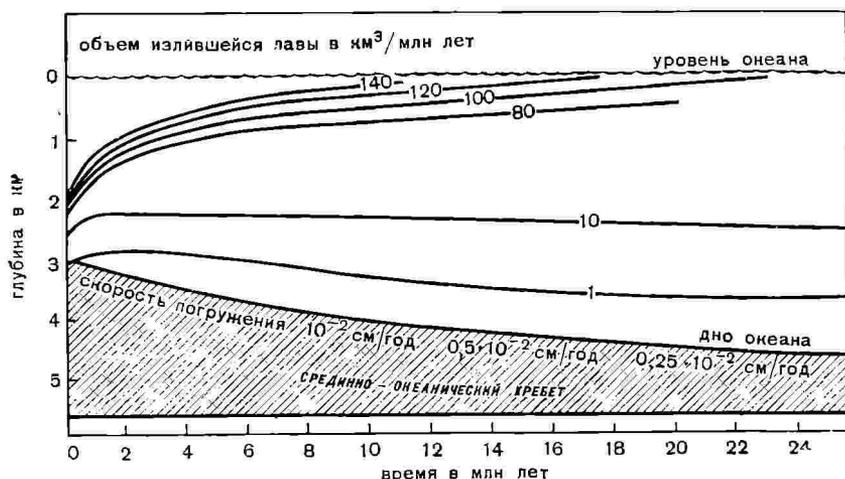


Рис. 4. Зависимость продолжительности формирования и высоты конуса подводных гор от интенсивности вулканизма, первоначальной глубины и угла уклона океанического дна. (По Менарду, 1969.) В соответствии с расчетами Г. Менарда, подводный вулкан только в том случае достигнет поверхности океана и превратится позднее в гайот, если увеличение его высоты вследствие интенсивного излияния лавы превышает величину его погружения в процессе «уноса» его «конвейером» в глубоководную депрессию.

по-прежнему связывает формирование плоских вершин гайотов с абразивной деятельностью волн у поверхности океана, но вся эволюция океанических вулканов получает у него как бы иную окраску.

Подтверждение своей новой точке зрения Г. Менард усматривает в характере распределения действующих и потухших вулканов в Тихом океане. По его данным, на самой молодой океанической коре вблизи оси срединно-океанических поднятий располагаются лишь небольшие вулканические горы, на коре более древней — вулканические острова и, наконец, на самой древней — гайоты и атоллы. Если даже Г. Менард и сильно схематизировал реальное распределение различных вулканических сооружений в пределах дна океана, то это не было вызвано необходимостью уложить действительность в прокрустово ложе концепции. Нет, предложенная им модель может объяснить и те случаи, когда самые различные типы вулканических гор: подводных островов, атоллов и гайотов (причем с разной глубиной плоской кровли от поверхности океана), — находятся в непосредственной близости друг с другом. Для этого

лишь требуется, чтобы они отличались по возрасту формирования, т. е. чтобы было несколько фаз вулканизма. А это вполне реально.

### Вулкан Маунт-Асмара — «сухопутный гайот»?

В Северо-Восточной Африке, на территории Эфиопии, располагается впадина Афар. Эта интересная геологическая структура представляет собою провал или тектоническую депрессию, сформировавшуюся на месте стыка трех систем крупнейших расколов земной коры: Восточно-Африканской и впадин Красного моря и Аденского залива (рис. 5). Еще совсем недавно, несколько десятков тысяч лет назад, северная часть впадины Афар была залита водами Красного моря. Как его часть, впадина Афар — это одна из начальных фаз в формировании будущего океана. Следы такой «океанизации» налицо: во-первых, отсутствие, по данным ряда геологов и геофизиков, «гранитного», характерного для континентов, слоя и, во-вторых, длительные интенсивные трещинные и очаговые излияния базальтовых лав,

весьма сходных с лавами дна океанов. Поэтому не случайно впадина Афар стала объектом тщательных исследований интернациональной экспедиции во главе с известным французским вулканологом Г. Тазиевым.

Г. Тазиева заинтересовали многочисленные мелкие (в том числе взрывные) и ряд больших вулканов. Среди этих крупных (для впадины Афар) вулканов Г. Тазиев обнаружил и описал одну весьма интересную их разновидность, не встречающуюся прежде в пределах континентов — плосковерхие вулканы, сходные по морфологическим особенностям с гайотами.

Маунт-Асмара — так называется один из них, достаточно подробное описание которого приведено в статье Э. Бонатти и Г. Тазиева<sup>1</sup>. Этот вулкан в настоящее время представляет собою гору, имеющую форму усеченного конуса высотой 365 м, диаметром примерно 2000 м внизу и 1100 м наверху (рис. 6).

Образование конуса вулкана Маунт-Асмара произошло в результате многофазных и длительных подводных излияний оливиновых (т. е. мантийных — глубинных) базальтов, которые, разрываясь на мельчайшие осколки, образовывали взвесь в морской воде и выпадали, наконец, в осадок, постепенно наращивая вверх тело вулкана.

Оказалось также, что плоская вершина Маунт-Асмара является не поздним новообразованием, а его первичной конструктивной чертой, т. е. сформировалась в процессе длительного последовательного наложения все новых, почти горизонтально залегающих слоев пепла. Характерно, что у вершины вулкана прослойки пепла слабо наклонены к его центру в соответствии со слегка вогнутой формой самой вершины. Кстати, каких-либо заметных признаков деятельности волн по срезанию вершины вулкана не отмечено. Чтобы закончить описание вулкана Маунт-Асмара добавим, что еще недавно он

<sup>1</sup> E. Bonatti and H. Tazieff. Exposed guyot from the Afar rift, Ethiopia. «Science», v. 168, 1970, № 3935, pp. 1087—1089.

был под водой, а его основание находилось на глубине 500 м (об этом свидетельствуют находки раковин моллюсков и обломков коралловых рифов на его вершине).

По результатам изучения вулкана Маунт-Асмара Г. Тазиев пришел к заключению, что плоские вершины многих (если не всех) гайотов, вероятно, являются их первичной конструктивной особенностью, связанной со спецификой развития конусов подводных вулканов, а также подводных извержений, а не были результатом срезания их острых вершин волнами. По его мнению, вулкан Маунт-Асмара по морфологическим особенностям и составу лавы полностью сходен с гайотами.

Справедливости ради следует отметить, что по своим размерам вулкан Маунт-Асмара значительно уступает средним гайотам (рис. 7). Но это легко объясняется тем, что главная характеристика размера гайота — высота контролируется значением глубины того участка моря или океана, в котором развивался гайот. Вулкан Маунт-Асмара сформировался в мелком море (500 м) и, естественно, уступает по размерам океаническим гайотам.

Не могло ли именно это обстоятельство наложить специфический отпечаток на стиль излияний и постройки Маунт-Асмара в отличие от океанических гайотов? Так, например, при излиянии лавы на больших глубинах накапливаются плотные базальты. С приближением вершины вулкана к поверхности океана лавы становятся пузырчатыми, и, наконец, на небольшой глубине лава взрывается с образованием пепла. Первичный взрыв лавы происходит в результате взрывного расширения газовых пузырьков при резком снижении давления в вулканическом расплаве. При этом горячие обломки, попадая в воду, подвергаются вторичному взрыву под действием выделяющегося вокруг них перегретого пара. Для образующихся при взрывах газовых пузырей обломков пепла характерны сферические и эллипсоидные поверхности, и как раз такой тип обломков слагает конус бывшего мелководного подводного вулкана Маунт-Асмара.

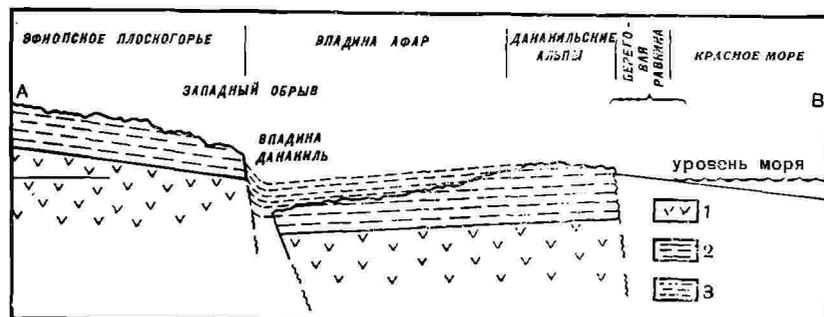
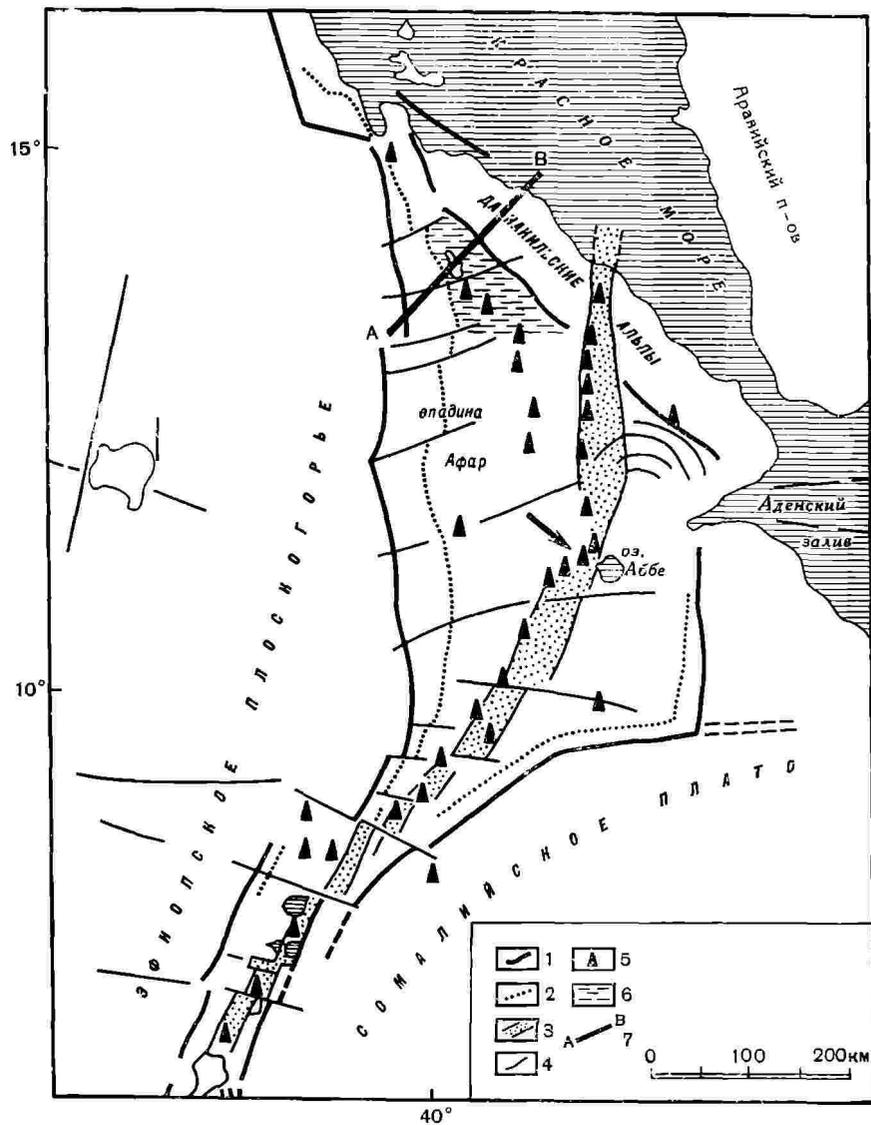


Рис. 5. Структурная схема впадины Афар и схематический профиль через ее северную часть (схема по П. Мору, 1967, с дополнениями; профиль по Холуэрд и Хатчинсону, 1968). Стрелкой отмечен вулкан Маунт-Асмара. На схеме: 1 — внешний край рифтовой зоны; 2 — внутренний край рифтовой зоны; 3 — молодой сбросовой зоны; 4 — поперечные разломы; 5 — вулканы; 6 — эвапоритовые отложения; 7 (АВ) — линия профиля. На профиле: 1 — фундамент; 2 — мезозой и кайнозой; 3 — четвертичные эвапориты.



*Рис. 6. Экзотический «сухопутный гайот» — ископаемый подводный вулкан Маунт-Асмара. Его кровля почти плоская, если пренебречь пологим уклоном внутрь к кратеру, в результате которого центр вершины вулкана оказался на 25 м ниже краев. Наклон склонов равен приблизительно 35°. Судя по обнажениям, конус вулкана сложен почти исключительно мелкими (диаметр их несколько миллиметров) обломками пепла, прослой которого залегают почти горизонтально. В пределах каждого отдельного слоя обломки хорошо отсортированы по величине. Этот факт, а также результаты рентгеноскопического исследования глинистых минералов и присутствие линз и жил гидротермального кальцита с несомненностью подтверждают водное накопление обломков вулканического стекла.*

Большинство специалистов считает, что взрывы лавы энергией расширяющегося газа могут происходить лишь при глубине воды менее 1000 м, так как при извержении вулкана на большей глубине процесс выделения газов из лавового расплава сдерживается давлением столба воды. Г. Тазиев считает, однако, что такие взрывы могут происходить и при глубине воды в несколько километров. А не значит ли это, что плосковерхие гайоты могут формироваться в глубоких участках океана? Подобный взгляд, без особого ус-

пеха, пытался ранее развивать Я. Нейади<sup>1</sup>. Соавтор Г. Тазиева — Э. Бонатти полагает, что образование гранулированных базальтов (обломков базальтового стекла) на больших глубинах возможно лишь вследствие теплового раздробления лавы при ее контакте с морской водой и мгновенном охлаждении. Взрывов при этом

<sup>1</sup> J. R. Naudy. Origin of seamount terraces and guyots, as suggested by the petrographic evidences from Cobb and Bowie seamounts.—10th Pacific Sciences Congress. Abstracts, 1961, p. 382.

не происходит, а может ли этот процесс вести к срезанию вершины подводных вулканов и формированию гайотов, остается неясным.

Автор надеется, что ему удастся таки посеять у читателя сомнения и неуверенность в вопросе происхождения гайотов, но поскольку это было сделано не для разжигания любопытства, попытаемся, по мере возможности, рассеять эти сомнения.

## Какова же вероятная история гайота?

Несколько ранее уже отмечалось, что характер извержения подводного вулкана по мере его роста меняется и особенно сильные перемены происходят, когда вершина вулкана приближается к поверхности океана. Спокойные излияния базальтовой лавы чередуются или полностью заменяются взрывными выбросами пепла, катаклизмами (вспомним хотя бы еще свежий пример исландского вулкана Суртсей). Взрывы приводят к раскрытию на склоне вулкана трещин. В результате интенсивных излияний лавы через эти трещины, с одной стороны, вулкан «полнеет» — раздается в ширину, становится более плоским. С другой стороны, он укорачивается из-за образования на вершине вулкана кальдеры — овальной провала с крутыми стенками, который возникает при оттоке лавы в трещины, а также при взрывах. Позднее кальдеры засыпаются либо вследствие новых фаз вулканизма, либо их стенки рушатся от толчков при взрывах, от ударного воздействия волн цунами. На вершине вулкана возникает довольно ровная платформа — плоский верх будущего гайота. Результат же действия волн сводится главным образом к тому, что они препятствуют, но лишь до определенного предела, накоплению на плоской вершине продолжающих поступать различных вулканических продуктов, в основном пепла. Если кальдера уже целиком заполнена, волны смывают эти продукты на склоны вулкана.

Эффективность деятельности волн, вероятно, переоценивается, и это видно хотя бы из того, что во мно-

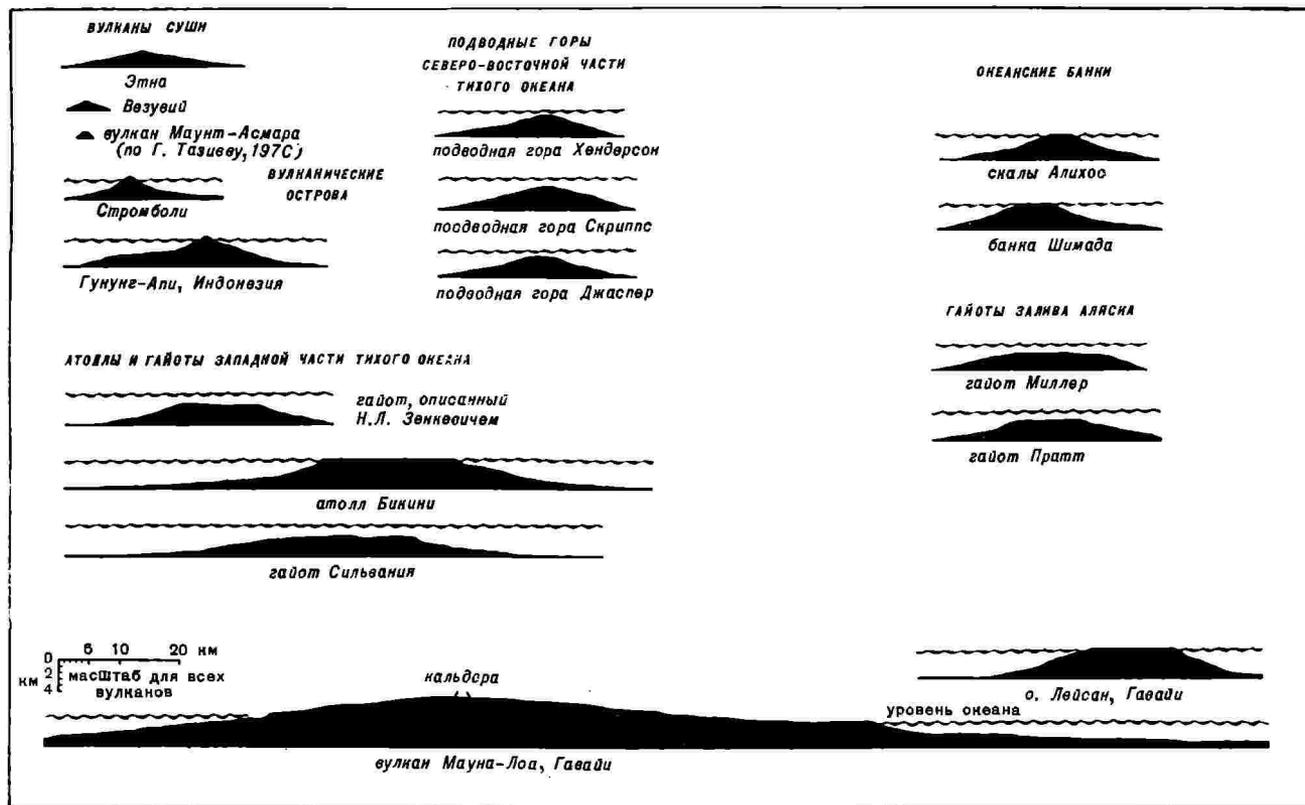


Рис. 7. Сравнительные размеры вулканов различных типов: наземных, подводных островов — стратовулканов, крупных вулканических островов, погруженных древних островов — атоллов и гайотов. (По Г. Менарду, 1964, с изменениями.)

гих случаях уже после образования хальдеры и обширной плоской вершины, при достаточной интенсивности выброса лавы и других вулканических продуктов, на ровной платформе на поверхности океана начинает формироваться вулканический остров. Остров быстро растет, так как базальтовые лавы плохо поддаются абразии и оказываются волнам «не по зубам». Следовательно, в формировании гайотов выявляется важная роль еще одного фактора — интенсивности выноса вулканического материала (и связанного с ней количества вулканов на единице площади дна), которая должна иметь какую-то оптимальную величину. При слабой активности вулкан останется карликом, подводной горой, которая никогда не достигнет поверхности океана. При слишком большой интенсивности излияний на выровнен-

ной вершине подводного вулкана может вырасти островной вулкан. Необходимо, правда, отметить, что после достижения вершиной вулканов поверхности океана часто их большой внутренний потенциал расходуется не на рост в высоту и образование островов, а на их утолщение. Причиной этого является, как уже упоминалось, взрывной характер извержения, образование многочисленных кальдер, трещин и т. д. Можно еще добавить, что вулканические острова в океане, как правило, встречаются архипелагами, т. е. имеют обширный общий цоколь. Образование островов, а также их цоколя часто происходит вследствие объединения нескольких подводных вулканов в процессе их роста, если вулканы располагались тесной группой или цепочкой.

Все ли плосковерхие горы дна

океанов, зачисленные в разряд гайотов, сформировались в результате взрывных извержений и последующей «косметизации» их плоской вершины воздействием волн? Вероятно, это так. Причем в тех случаях, когда вулкан не становился островом, деятельность волн, разрушающая его вершину, была небольшой. Но если существовала стадия образования острова и последующего его опускания, не могли ли гайоты образоваться за счет волновой эрозии вершины потухшего вулкана-острова? Или опускающиеся вулканические острова (но острова уже старые), погружившись в глубины океана, сохраняют свою неровную вершину? Этого пока мы не знаем, а следовательно, неясно, сколь часто именно волновая эрозия в чистом виде «виновна» в образовании гайотов — роль же взрывных извержений несомненна.

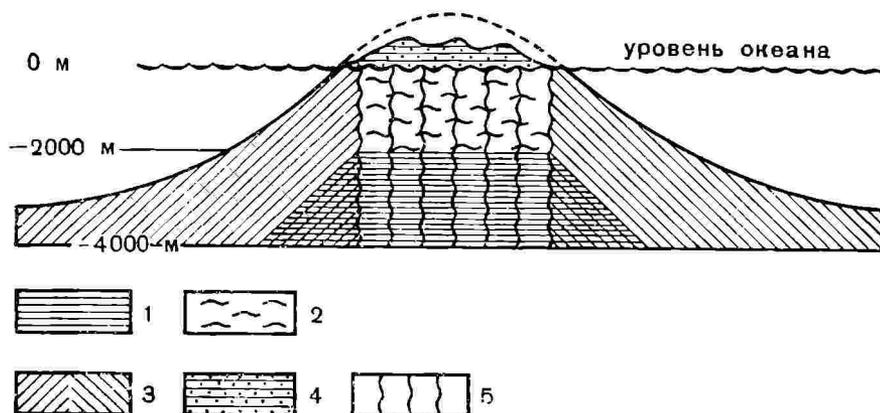


Рис. 8. Предполагаемое строение подводного основания вулканического острова Раротонга (о-ва Кука). (По К. Коттону, 1969). Нижняя часть основания вулкана сложена плотными породами, вероятно потоками базальтовой лавы плотностью  $2,95 \text{ г/см}^3$ . Выше залегает толстый слой шлакового материала. Подводные склоны вулкана также сложены обломками шлаков. 1 — плотные подводные лавовые потоки; 2 — шлаковые породы основания; 3 — шлаковые откосы; 4 — надводная часть базальтового вулкана; 5 — трещины-подводящие каналы для магмы.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что конус надводного вулкана не составляет нечто единое целое с конусом своего подводного основания и обычно отделяется от него мощным слоем обломков вулканического пепла. Такой слой, который по строительным меркам сделало бы отнести к разряду «плывунов»<sup>1</sup> (рис 8), неизбежно образуется в тот момент, когда вершина вулкана достигает поверхности океана и извержения приобретают взрывной характер. Следовательно, возникает вопрос: не потому ли многие океанические острова оказываются недолговечными и разрушаются под воздействием различных факторов (в какой-то мере и волн), что такие острова построены «на песке»?

Что же касается вулкана Маунт-Асмара, он не случайно назван «сухопутным гайотом», хотя для большей точности его следовало бы назвать «мелководным». Специфические условия формирования этого гайота —

мелководный залив, отгороженный в свое время от внутриконтинентального Красного моря банкой островов (ныне горы — Данакильские Альпы) — способствовали тому, что извержения Маунт-Асмара сразу приняли взрывной характер, а его конус сформировался из почти горизонтально залегающих прослоев отсортированных обломков вулканического стекла. Вряд ли такое могло случиться у поверхности глубокого океана, где деятельность волн достаточно активна. Не случайно поэтому, помимо впадины Афар, «слоистый» гайот на всей земле обнаружен лишь в единственном числе и в одном месте — это вулкан Блэк-Пойнт в Калифорнии<sup>1</sup>. Кстати, по размерам он еще меньше, чем Маунт-Асмара, поскольку сформировался в еще более мелководных и спокойных условиях — в небольшом озере Моно.

Возможно, у читателей возникнет вопрос, не являются ли некоторые гайоты бывшими «столовыми» горами, погружившимися в океан? Такое погружение могло бы произойти, вероятно, в самые первые этапы за-

рождения океанических впадин<sup>1</sup>, т. е. образования рифтовых морей. В зрелом, сформировавшемся океане лишь изредка встречаются небольшие фрагменты бывших континентальных масс, в основном же, если они ранее и были, то исчезли — переплавились в процессе формирования океанической впадины, сопровождавшемся интенсивными расколами и вулканизмом.

Таким образом, вне зависимости от соотношения действующих факторов и некоторых деталей, плоские вершины гайотов, видимо, сформировались в непосредственной близости от уровня океана<sup>2</sup> вследствие взрывного характера извержений и «косметического» действия волн. Следовательно, современная глубина плоской вершины гайота показывает либо величину его опускания вместе с океаническим дном, либо вертикальную амплитуду его погружения в процессе переноса на «конвейере океанической коры».

Остается добавить, что дальнейшее изучение гайотов может дать новые факты об истории формирования океанов. Соответственно и дальнейшее изучение океанов, в особенности глубоководное бурение и палеомагнитные исследования, помогут лучше разобраться в истории вулканических процессов в океане и в вопросе о происхождении гайотов.

<sup>1</sup> Здесь нет возможности рассмотреть процессы, вызывающие «океанизацию» и ее развитие.

<sup>2</sup> Уже отмечалось, что взгляды Г. Тазиева, Я. Нейади и некоторых других исследований о возможном формировании гайотов при взрывных подводных извержениях на большой глубине пока слабо обоснованы.

УДК 551.214; 551.241

<sup>1</sup> Новозеландский геолог К. Коттон полагает, что толщина такого неустойчивого «плывуна» (который он называет «шлаковыми породами» основания вулкана), разделяющего подводное основание океанического вулкана от его верхней надводной части, достигает 2000 м!

<sup>1</sup> M. N. Christensen and C. M. Gilbert. Basaltic cone suggest constriictional origin of some guyots. «Science», v. 143, 1964, № 3603, pp. 242—244.