

УДК 551.21 504

## ОБРАЗОВАНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ГОР В ОКЕАНЕ И СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

© 2011 Е.В. Жулёва

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, 117997; e-mail: lenage@rambler.ru*

В качестве ведущих факторов воздействия океанских вулканов на состояние природной среды рассмотрены такие, как выделение эндогенной энергии, выход вулканических газов, выбросы пирокластического материала. Проведенный анализ свидетельствует о незначительной роли океанских вулканов в изменении средних глобальных характеристик атмосферы и гидросферы. Катастрофические изменения природной среды планеты вызывают суперизвержения. Вулканические горы океанов образуют геоморфологическую основу для формирования оригинальных природных объектов.

*Ключевые слова: подводный вулкан, природная среда, суперизвержение.*

### ВВЕДЕНИЕ

Океанский вулканизм является мощным природным процессом, который оказывает активное влияние на состояние окружающей среды. Выделение газов изменяет химический состав водной среды и атмосферы; взрывы газов подводных вулканов влияют на физическое состояние гидросферы; выбросы пирокластического материала снижают прозрачность атмосферы; приток тепла, сопровождающий вулканическую активность, формирует геотермические аномалии; образование вулканических гор и их эволюция создают условия для развития оригинальных природных объектов океанского дна.

В круг рассмотрения включены вулканы центрального типа, как действующие, так и потухшие, расположенные на океанической земной коре, и представляющие собой вулканические подводные горы либо острова, в том числе гайоты и атоллы, образующиеся в ходе эволюции вулканических островов.

Вулканические горы широко распространены на дне океана и постоянно формируются в его пределах. Например, один из самых молодых, еще безымянный остров образовался в группе островов Тонга в южной части Тихого океана в середине марта 2009 г. В результате пробуждения подводного вулкана, который сформировался в 1995 г. и долгое время оставался неактивным, образовался участок

суши площадью около 5 га и максимальной высотой 40 м над уровнем моря (<http://katastrofa.h12.ru/volkano.htm>).

По мере совершенствования методов и расширения объема исследований рельефа дна Мирового океана увеличиваются оценки количества подводных гор. Так, согласно представлениям Р. Батиза общее количество подводных гор достигает 22 000 (Batiza, 1982). А существующая в настоящее время база данных по подводным горам только Тихого океана, созданная на основе анализа альтиметрических материалов, содержит информацию примерно 150 000 подводных гор (Wessel, 2001). Наиболее велика доля вулканических гор в Тихом океане: здесь они составляют около 80-90% от общего числа подводных гор океана, а в Атлантическом и Индийском океанах — по 40% (Агапова и др., 1990).

Рассмотрим вопрос о том, каким образом процесс образования на дне океана вулканических гор, число которых так велико, влияет на состояние природной среды. Для этого выделим и исследуем вулканогенные факторы, которые оказывают наибольшее влияние на состояние природной среды, и дадим оценку величине этого влияния.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Подводный вулканизм формирует дно Мирового океана в течение всей истории его геологиче-

ского развития. Океанские вулканы образуются в ходе вулканизма центрального типа в различных геодинамических условиях: на границах литосферных плит — дивергентных, конвергентных, трансформных, а также в «особых» точках внутриплитового вулканогенного режима, связанных с развитием мантийных «плюмов».

*Энергетический эффект вулканизма: термические аномалии и образование цунами.* Выделение эндогенного тепла, связанное с развитием океанической коры, складывается из различных по масштабам теплопотерь основных геодинамических зон океанов: срединно-океанических хребтов, зоны перехода и непосредственно ложа. Общая интенсивность конвективного выноса глубинного тепла через поверхность дна в пределах срединно-океанических хребтов составляет около  $3.2 \times 10^{26}$  эрг/год. Это в шесть раз больше той, которая наблюдается на островных дугах, и в 25 раз выше суммарной интенсивности внутриплитового вулканизма (Ронов и др., 1979).

Вынос тепла при формировании одиночных вулканов дает мощный сравнительно кратковременный всплеск на фоне региональных конвективных теплопотерь. В результате тепловые аномалии отражают как региональные особенности теплового состояния земной коры и верхней мантии, так и локальные термоаномалии вблизи вулканических аппаратов. Фоновая величина теплового потока обратно пропорциональна возрасту океанского дна ( $q=13.2t^{1/2}$ ), а средний удельный тепловой поток через океанское дно равен  $2.41 \text{ мкал/см}^2 \cdot \text{с}$  (Сорохин, Ушаков, 2002). Локальные термоаномалии в непосредственной близости от действующих вулканов достигают  $10\text{--}15 \text{ мкал/см}^2 \cdot \text{с}$  (Зеленов, 1972). Мощное выделение тепловой энергии является объективным критерием для определения местоположения подводных вулканов.

По расчетам, выполненным для вулканов Камчатки, энергия вулканизма распределяется таким образом, что основная ее доля расходуется на охлаждение извергнутых пород — 43.5%, и, в периоды «покоя» между извержениями, на проявление гидротермальной активности с образованием фумарол, горячих источников, гейзеров — 32.7% (Поляк, 1988).

Активные гидротермальные источники, окруженные железомарганцевыми корками, были обнаружены во время погружений подводного обитаемого аппарата «Сиана» на подводной горе Теахитиа в островах Общества (Cheminée et al., 1989). Железомарганцевые образования были драгированы и с подводной горы Лоихи — области современного вулканизма на Гавайском хребте. Выходы горячего вулканического газа и пара в виде фумарол, а также горячие источники, проявляются на щитовых вулканах, образующих остров Кергелен.

Термальные воды обогащают океанскую воду минеральными компонентами из мантии и коры, в результате чего подводные вулканы становятся оригинальной геоморфологической основой, на которой формируются, например, гидротермальные железомарганцевые корки и полиметаллические сульфидные руды.

Несмотря на то, что при вулканических извержениях в океанах освобождается огромное количество энергии, ее относительное количество невелико и составляет около 2% от постоянных теплопотерь Земли (Раст, 1982).

Энергия подводного вулканизма реализуется в таком грозном природном явлении, как цунами. Гигантские волны цунами порождаются взрывами газов подводных вулканов в условиях, когда расширяющаяся газовая камера сплошь ограничена водной средой, и при формировании кальдеры обрушения. Крупнейшее цунами породило извержение вулкана Кракатау в Индонезии, произошедшее 26 августа 1883 г. Пятидесятиметровая волна обрушилась на острова Ява и Суматра и уничтожила более 300 городов и селений, 36 тысяч человек погибло. Волна цунами достигла берегов Австралии, Африки, Южной Америки.

В Эгейском море гигантское извержение вулкана Санторин на острове Тира примерно в 1400 году до н.э. сопровождалось сильным землетрясением и цунами, которое вызвало гибель крито-микенской культуры эпохи бронзы.

От цунами страдают берега Японии, Камчатки, Курильских и Гавайских островов. Цунами, возникшее при извержении вулкана на острове Осима в Японском море в 1741 году, обрушилось на остров Хоккайдо волной, высота которой превышала 9 м. Был причинен ущерб всему побережью острова, погибло около полторы тысяч человек (Игнатов и др., 2008). Одной из причин цунами в Северном Охотоморье являются взрывные извержения подводных вулканов и островов-вулканов в Курильской котловине на юге Охотского моря (Важенин, 2010).

Цунами бывают связаны с обрушением в воду огромных масс изверженных пород при формировании оползней на подводных склонах вулканических островов.

Оползни рыхлых осадков и вулканокластических отложений образуются как непосредственно в ходе вулканического извержения, так и в процессе поствулканической абразии магматических пород. Большие объемы обломочного материала, срывающегося вниз и формирующего оползни, играют ведущую роль в нестабильности склонов вулканических островов и их деформациях. Олистоустромы могут представлять собой подводные оползни, подводные потоки либо связанные с тектонической деятельностью обломочные лавины (Urgeles et al., 1997).

Статистические исследования, проведенные в Лаборатории цунами Института вычислительной математики и математической геофизики (г. Новосибирск), показали, что основной причиной цунами являются тектонические процессы, на долю которых приходится 75% современных цунами, а с вулканическими извержениями связано около 5% цунами. Усиливают цунамигенную роль океанского вулканизма процессы гравитационно-тектонического оползания крутых склонов подводных гор и островов. Среди причин цунами оползневые могут достигать 30% (Gusiakov, 2003). Оползневой механизм генерации цунами сейчас является «горячей» точкой в проблеме цунами; ему был посвящен специальный симпозиум, организованный НАТО в 2001 году (Yalciner et al., 2003). Принимая во внимание большую роль подводных оползней в формировании цунами, можно отметить, что это направление исследования морфологии вулканических гор чрезвычайно актуально и необходимо.

*Вулканические газы: изменение состава атмосферы.* Вулканы являются источником разнообразных летучих соединений (табл. 1). А изменение соотношения газов, входящих в состав атмосферы, вызывает изменение климатических условий.

Согласно теории, разработанной в конце XIX века шведским ученым Сванте Аррениусом, термодинамически активные газы создают «парниковый эффект» в атмосфере, сильно поглощая инфракрасное излучение нагретой Солнцем поверхности Земли и не давая теплу уходить в космическое пространство (Arrhenius, 1896). Среди главных термодинамически активных составляющих вулканических газов выделяются углекислый газ и водяной пар, основная масса которых поступает в атмосферу и гидросферу Земли в продуктах дегазации мантии в результате подводных излияний. В «активной», или сухой, части вулканических газов, на которую приходится 1/4 - 1/5 часть их количества, CO<sub>2</sub> является преобладающей компонентой и в среднем составляет до 40-50% (Монин, Шишков, 1979).

На основе количественного анализа возраста вулканических гор был выделен крупный этап активизации океанского вулканизма в позднем мелу (110-70 млн. лет тому назад) (Жулёва, 2004). На этот этап приходится период увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере планеты, отмеченный Н.А. Ясамановым (1985) при изучении глобального палеоклимата. Усиление активности океанского вулканизма, несомненно, повлияло на формирование геохимического экстремума состава атмосферы. Средние температуры воздуха в это время были сравнительно высоки и составляли 24-26°C (Ясаманов, 1996).

С современным этапом активизации океанского вулканизма может, в определенной мере, быть связан тот факт, что за 100 лет, в период с 1906 по 2005 гг., средняя температура поверхности Земли выросла на 0.74°C (Клиге и др., 2009). Свидетельством потепления, которое влечет за собой таяние ледников, является повышение уровня океана: подъем уровня Мирового океана в начале XX века происходил со скоростью 1.5 мм/год, а в начале XXI века – со скоростью более 3 мм/год. Неизбежным следствием этого процесса является постепенное затопление обширных прибрежных территорий континентов и океанических островов. «Парниковый эффект» превращается в геополитическую проблему, и в декабре 2009 г. в Копенгагене ему была посвящена 15-ая конференция сторон Рамочной конвенции ООН по изменению климата.

Извержения океанских вулканов являются источником богатых серой газов, таких как сероводород (H<sub>2</sub>S) и диоксид серы (SO<sub>2</sub>), высвобождение которых приводит к возникновению опасных для жизни аэрозолей серной кислоты в стратосфере. Облака аэрозолей вызывают увеличение атмосферной непрозрачности и охлаждение Земли. Например, во время извержения вулкана Пинатубо на Филиппинах в 1991 г. в стратосферу было выброшено около 20 млн. т SO<sub>2</sub> (<http://www.ovolcanoes.ru>). Через три недели сернокислотное облако распространилось по тропи-

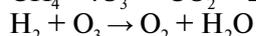
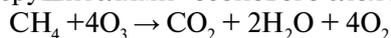
**Таблица 1.** Состав вулканических газов по (Мархинин, 1980)

Компоненты	Вулкан Килауэа, остров Гавайи (объемные проценты)	Вулкан Мауна-Лоа, остров Гавайи (объемные проценты)
CO <sub>2</sub>	21.4	46.2
CO	0.8	0.4
H <sub>2</sub>	0.9	0.016
SO <sub>2</sub>	11.5	7.6
S <sub>2</sub>	0.7	0.0
SO <sub>3</sub>	1.8	20.6
Cl <sub>2</sub>	0.1	0.0
N <sub>2</sub> + редкие	10.1	8.8
CH <sub>4</sub>	-	-
H <sub>2</sub> O	52.7	38.0

ческой зоне обоих полушарий Земли. Абсорбция солнечного света частицами облака вызвала разогрев стратосферы и падение температуры нижних слоев атмосферы.

Одной из наиболее важных глобальных экологических проблем современности является проблема озонового слоя Земли. Озоновый слой практически не пропускает солнечное излучение короче 290 нм, губительное для органической жизни нашей планеты. Атмосферный озон образует сферический слой высотой около 90 км над поверхностью Земли. Исследования трендов спутниковых оценок общего содержания озона показали, что слой его медленно истощается почти повсеместно. Согласно последнему отчету Всемирной метеорологической организации о состоянии озонового слоя, по наблюдениям в средних широтах обоих полушарий, общее содержание озона к 2005 г. уменьшилось на величину от 3% до 5% от уровня значений 1980 г. (Scientific..., 2007). Ежегодно в атмосфере содержание  $\text{CH}_4$  возрастает со скоростью около 1%.

Вулканические извержения характеризуются повышенными выделениями метана и водорода, газов, которые играют ведущую роль в формировании озоновых «дыр» и являются главными «разрушителями» озонового слоя в стратосфере:



Например, в районе острова Питкэрн в Тихом океане над лежащей на глубине около 400 м вершиной одного из вулканов аномально высокое содержание метана в воде составляет 50–60 нл/л, при среднем значении для рассматриваемого региона – 15–20 нл/л (Stoffers et al., 1989). Над подводной горой Макдональд, вершина которой находится на глубине около 40 м, в области неовулканизма Австралийских островов, содержание метана в шесть раз превышает среднее для окружающей акватории. Извержение вулкана Пинатубо в 1991 г. явилось причиной возникновения сезонной озоновой дыры (Капица, 1996).

Однако абиогенный метан подводных извержений не всегда доходит до атмосферы. Например, согласно оценке А.Ю. Леин и М.В. Иванова (2010), над гидротермами, связанными с глубоководным базальтовым вулканизмом срединно-океанических хребтов, с учетом микробного потребления, примерно в 200–300 м над дном концентрация метана в водной толще уже соответствует фоновой.

Метан также вносит существенный вклад в парниковый эффект, так как аккумулирует энергию инфракрасного излучения в 30 раз эффективнее углекислоты (Лыков и др., 2009).

В газах вулканов содержание метана обычно не превышает 0.3%. Океаны дают около 2% природного метана (Высоцкий, Высоцкий, 1990).

*Пирокластический материал и пеплообразование.* Характерной особенностью вулканических извержений в океанах является интенсивное образование пирокластического материала, особенно много его образуется в вулканах островных дуг. В состав вулканических пород входят практически все виды пирокластики. Это блоки магматических пород, вулканические бомбы, липилли, стекло, пепел. Во время самого мощного из всех документально зарегистрированных вулканических извержений, которое произошло в Новой Зеландии около 130 г.н.э., вулкан Таупо выбросил 30 млрд. т породы, которая покрыла территорию в 16 000 км<sup>2</sup> (<http://katastrofa.h12.ru/volkano.htm>).

Для надводных извержений характерно активное пеплообразование. Например, огромное облако вулканического пепла накрыло сначала Северную, а затем частично Западную и Восточную Европу в результате взрыва исландского вулкана Эйяфьядлайёкюдль в апреле 2010 г. Извержение не было исключительным по своей силе, однако направление ветра было таким, что на несколько дней было фактически прервано авиасообщение в Европе.

Объемы эксплозивных выбросов рыхлых продуктов можно оценить коэффициентом эксплозивности (Rittmann, 1960), который определяет долю (в процентах) тефры в составе продуктов вулканизма (соответственно, остаток приходится на лавы) (табл. 2). Особенно высокий коэффициент эксплозивности характерен для вулканов зон субдукции.

В плейстоцене ритмические колебания эксплозивной вулканической деятельности повлияли на чередование эпох наступления и отступления ледников: периоды наиболее активной надводной эксплозивной вулканической деятельности совпадали по времени с ледниковыми эпохами и отдельными крупными их стадиями (Мелекесцев, 1969).

Для классификации вулканических извержений по степени их потенциального влияния на атмосферу была разработана шкала силы извержений, в которой главными факторами климатических эффектов являются объем извергнутого вулканоластического материала и высота эруптивной колонны (Newhall, Self, 1982). Показатель силы извержения – Volcanic Explosivity Index (VEI) – равен 0 для строго неэксплозивных извержений и равен 8 для суперизвержений с объемом выбросов более 10 км<sup>3</sup> и высотой столба более 25 км. Частота суперизвержений составляет примерно 1 раз в 50000 лет. Извержения, VEI которых равен 6 баллов и более, могут вызывать эффект вулканической зимы – заметное похолодание в планетарном масштабе.

Например, при суперизвержении вулкана Тоба на острове Суматра в Индонезии около 73000 лет

**Таблица 2.** Коэффициенты эксплозивности (*E*) океанских вулканов по (Золотарев и др., 2001; Раст, 1982; Харин, 1993).

<i>Вулканическая зона</i>	<i>Морфоструктура</i>	<i>E</i>
Тонга – Кермадек	островная дуга	>90
Марианские острова	островная дуга	~90
Индонезия	островная дуга	~99
Малые Антильские о-ва	островная дуга	~95
Исландия	срединно-океанический хребет	~39
Азорские о-ва	срединно-океанический хребет	25-65
плато Кергелен	внутриплитовое поднятие	10-23
Канарские о-ва	внутриплитовое поднятие	~20

тому назад (8-ая категория по шкале VEI) объемом изверженных пород составил около 2800 км<sup>3</sup>, в том числе 800 км<sup>3</sup> – пепел, а высота эруптивных облаков могла достигать 35 км (Williams et al., 2009). Сигнал SO<sub>2</sub>, связанный с извержением Тоба, совпадает с началом 1000-летнего периода похолодания. Возможно, именно климатические эффекты Тоба привели к «вулканической зиме» и значительному повреждению среды обитания, которые вызвали уничтожение растительности по всему миру и резкое сокращение численности людей (Ramrino, 2008).

А во время одного из самых крупных в XX веке извержений (6-ая категория по шкале VEI) вулкан Пинатубо на филиппинском острове Лусон в 1991 году выбросил в атмосферу более 10 км<sup>3</sup> горной породы, в основном, пепла, на высоту до 35 км (<http://vulkan-gora.ru>). В результате извержения озоновый слой сократился на 3-8%, и образовалась крупная озоновая дыра над Антарктидой, а глобальное охлаждение составило, по меньшей мере, 0,5-0,7°C.

Таким образом, выбросы пепла оказывают существенное влияние на экологическую обстановку: мелкая пыль эруптивных облаков может на длительный срок ухудшить прозрачность стратосферы и повлиять на природные условия не только региона, но и значительной части планеты (Иванов, Скрипко, Ясаманов, 1991).

*Вулканические горы как морфоструктурная основа для формирования коралловых рифов.* Для вулканических гор экваториально-тропического пояса характерно развитие таких образований, как коралловые рифы. Известняковые массивы коралловых рифов следует рассматривать как фацию, возникшую в результате интенсивной аккумуляции донными организмами карбоната кальция из морской воды в благоприятной физико-

географической обстановке. Этот процесс играет большую роль в связывании поступающего в атмосферу и гидросферу углекислого газа. На рифе в условиях его стационарного состояния при стабильном уровне океана на 1 м<sup>2</sup> поверхности производится в среднем 4-5 кг/год углекислого кальция (Сорокин, 1990). В условиях интенсивного роста рифов в период климатического оптимума голоцена (7-5 тыс. лет назад) тихоокеанские рифы производили до 20 кг/м<sup>2</sup> CaCO<sub>3</sub> в год.

Согласно классической теории Чарльза Дарвина основанием для формирования коралловых рифов – окаймляющего и барьерного, а затем атолла – служит погружающийся вулканический остров (Darwin, 1842). Причиной погружения вулканического основания становится возникшая в ходе извержения нагрузка, нарушающая изостатическое равновесие, а морфологическая трансформация острова с образованием абразионно-аккумулятивной террасы, необходимой для поселения рифостроителей, и срезанием вершинного конуса происходит под действием эрозионно-абразионных процессов. Подводные горы вулканических горных систем по мере удаления от области современного вулканизма последовательно проходят основные этапы развития коралловых рифов (рисунок). Особенности геолого-геоморфологической эволюции свидетельствуют о том, что многие древние подводные горы океанов образовывались как вулканические острова (Жулёва, 2003). Следовательно, субэкральный вулканизм этих многочисленных форм донного рельефа вносил свой вклад в изменение природной среды.

*Вулканические горы – пути распространения морской фауны.* В фанерозое формирование океанских вулканов было важно для развития жизни на Земле и расселения морских организмов, 90% ко-

торых обитали на мелководьях континентальных склонов, подводных возвышенностей и островов в пределах глубин менее 200 м (Сорохтин, Ушаков, 2002). Вулканические дуги и внутриплитовые горные системы, особенно если они имели субширотное простираие и находились в пределах одного климатического пояса (например, такие, как острова Полинезии и Микронезии), становились хорошими путями распространения морской фауны.

**ВЫВОДЫ**

Процесс образования океанских вулканов оказывает разностороннее и неоднозначное влияние на состояние природной среды.

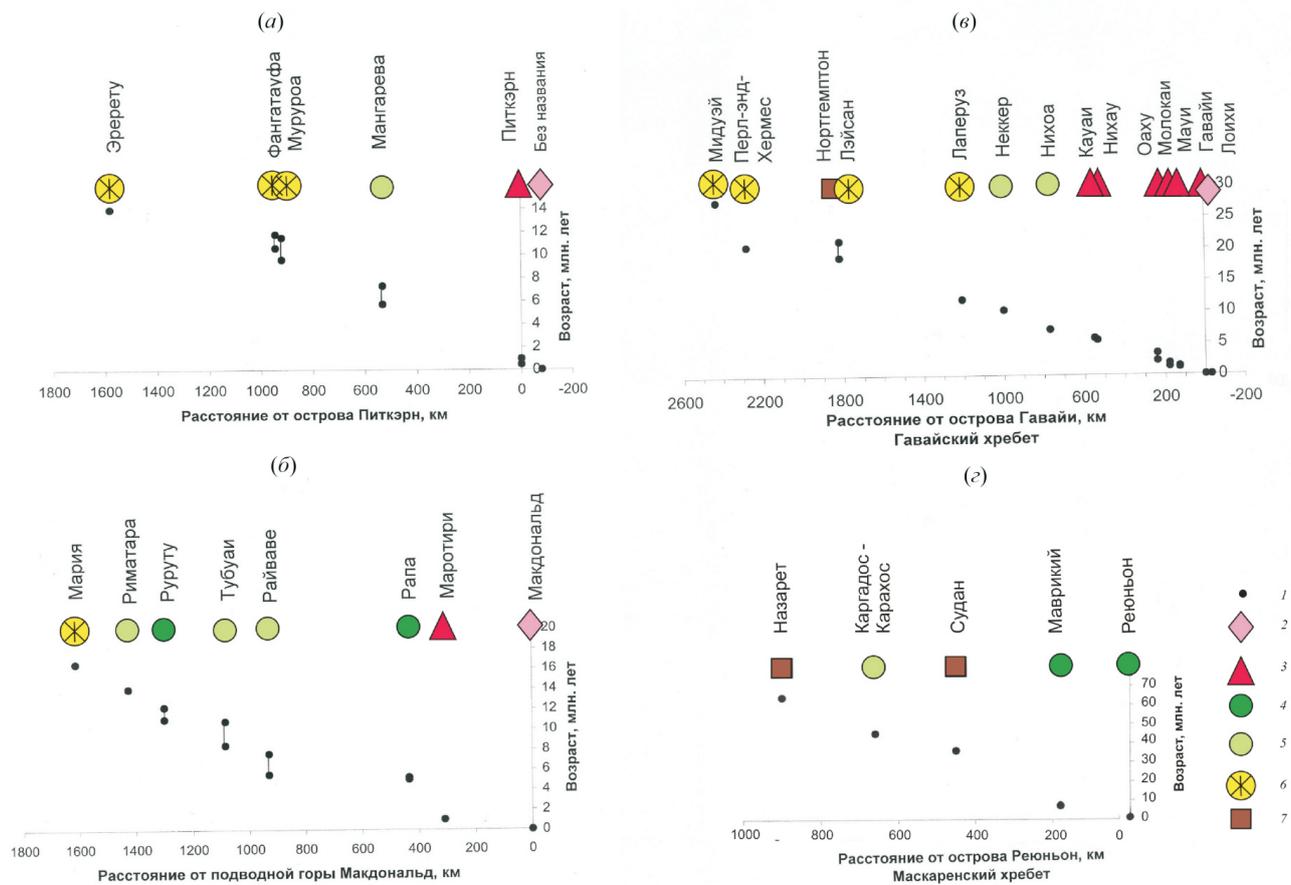
Тепловые аномалии, связанные с действующими вулканами, составляют малую долю постоянных теплопотерь Земли. Однако энергия океанских вулканов реализуется в формировании гидротермальных отложений и в образовании цунами.

Влияние океанских вулканов на климат происходит через изменение состава атмосферы и проявляется в противоположных эффектах. Так,

например, выделение таких газов как  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  вызывает парниковый эффект и приводит к повышению температуры земной поверхности. А выделение газов, образующих поля аэрозолей в стратосфере -  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ , и пеплообразование увеличивают альбедо атмосферы, сокращают количество солнечного тепла, достигающего поверхность Земли, что вызывает похолодание.

Одиночные извержения океанских вулканов производят значительный региональный климатологический эффект. Однако суммарное воздействие океанского вулканизма на изменение климата планеты невелико: доля этого процесса в формировании средних глобальных характеристик атмосферы и гидросферы мала и не превышает первые проценты.

Разрушительный эффект в экологической истории планеты создают суперизвержения, исключительные по объему извергнутого вулканического материала и высоте эруптивной колонны. Суперизвержения провоцируют существенные изменения глобального климата и катастрофические изменения природной среды, часто губительные для эволюции окружающей



Зависимость морфологии вулканических гор океанских горных массивов экваториально-тропического пояса от расстояния до области активного вулканизма: (а) цепь островов Эгерету-Питкэрн; (б) Австралийские (Южные) острова; (в) Гавайские острова; (г) Маскаренский хребет. 1 – возраст; 2 – подводная гора; 3 – вулканический остров; 4 – окаймляющий риф; 5 – барьерный риф; 6 – атолл; 7 – банка.

среды. Происходят суперизвержения с частотой примерно 1 раз в 50000 лет.

Кроме этого, влияние океанских вулканов на состояние природной среды связано с изменением топографии земной поверхности и постоянным образованием новых участков суши, а также с формированием оригинальных природных объектов, например, коралловых островов - атоллов. Геолого-геоморфологическая эволюция вулканических подводных гор и островов становится элементом формирования океанической земной коры и включается в процесс развития рельефа дна океанов.

#### Список литературы

- Агапова Г.В., Вальчук С.В., Гершанович Д.Е. и др.* Подводные горы в географии Мирового океана // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1990. № 3. С. 5-19.
- Важенин Б.П.* Роль цунами в формировании рельефа морских побережий Дальнего Востока России // Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты. VI Шукинские чтения. М.: Геогр. фак. МГУ, 2010. С. 281-283.
- Высоцкий И.В., Высоцкий В.И.* Дефлюидизация Земли и нефтегазоносность недр // Геология нефти и газа. 1990. № 5. С. 5-14.
- Жулёва Е.В.* «Особые точки» океанского вулканизма и эволюция рельефа внутриплитовых вулканов // ДАН. 2003. Т. 389. № 6. С. 814-816.
- Жулёва Е.В.* Геоморфология вулканических гор ложа океана. М.: ИО РАН, 2004. 185 с.
- Зеленов К.К.* Вулканы как источники рудообразующих компонентов осадочных толщ. М.: Наука, 1972. 216 с.
- Золотарев Б.П., Артамонов А.В., Ероцев-Шак В.А.* Вертикальная аккреция океанической коры Индийского океана и проблема мантийных горячих точек // Изв. секции наук о Земле РАЕН. 2001. № 7. С. 103-118.
- Иванов О.П., Скрипко К.А., Ясаманов Н.А.* Природные катастрофы и экология // Жизнь Земли. Экологические проблемы и природоохранное образование / Под ред. С.А. Ушакова. М.: Изд-во МГУ, 1991. С. 64-75.
- Игнатов Е.И., Лохин М.Ю., Никифоров А.В., Фроль В.В.* Геоморфологические проблемы цунамиопасности (на примере Японского моря). Смоленск: Маджента, 2008. 128 с.
- Капица А.П.* Противоречия в теории образования озоновых дыр // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 9. С. 1164-1167.
- Клиге Р.К., Малинин В.Н., Шевчук О.И.* Колебания уровня Мирового океана в XX столетии // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 1. С. 7-13.
- Лейн А.Ю., Иванов М.В.* Биогеохимический цикл метана в океане // Природа. 2010. № 3. С. 12-22.
- Лыков И.Н., Сафронова С.А., Морозенко М.И., Ефремов Г.В.* Метаногенез и глобальные климатические процессы // Природа. 2009. № 8. С. 40-44.
- Мархинин Е.К.* Вулканы и жизнь: (Проблемы биовулканологии). М.: Мысль, 1980. 196 с.
- Мелекесцев И.В.* Вулканизм как возможная причина оледенений // Вулканы и извержения. М.: Наука, 1969. С. 140-149.
- Монин А.С., Шишков Ю.А.* История климата. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 408 с.
- Поляк Б.Г.* Тепломассопоток из мантии в главных структурах земной коры. М.: Наука, 1988. 192 с.
- Раст Х.* Вулканы и вулканизм. М.: Мир, 1982. 344 с.
- Ронов А.Б., Хаин Е.В., Балуховский А.Н.* Сравнительная оценка интенсивности вулканизма на континентах и в океанах // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1979. № 5. С. 5-12.
- Сорокин Ю.И.* Экосистемы коралловых рифов. М.: Наука, 1990. 503 с.
- Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Развитие Земли. М.: Изд-во МГУ, 2002. 560 с.
- Харин Г.С.* Магматизм и формирование литосферы Атлантического океана. М.: Наука, 1993. 256 с.
- Ясаманов Н.А.* Древние климаты Земли. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 286 с.
- Ясаманов Н.А.* Влияние дрейфа материков на глобальный климат // В кн. Жизнь Земли. Строение и эволюция литосферы. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 113-121.
- Arrhenius S.* On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground // Phil. Mag. 1896. V. 41. P. 237-276.
- Batiza R.* Abundances, distribution and sizes of volcanoes in the Pacific Ocean and implications for the origin of nonspot volcanoes // Earth and Planet. Sci. Let. 1982. V. 60. № 2. P. 195-206.
- Cheminée J.L., Hekinian R., Talandier J. et al.* Geology of an active hot spot: Teahitia-Mehetia Region in the South Central Pacific // Marine Geophys. Res. 1989. № 11. P. 27-50.
- Darwin Ch.* The structure and distribution of coral reefs. Ld. Smith, Elder, 1842. 214 p. (Reprinted in 1962 by Univ. California Press, Berkeley-Los Angeles, Calif.).
- Gusiakov V.K.* NGDC/HTDB meeting on the historical tsunami database proposal. Tsunami Newsletter. 2003. XXXV (4). P. 9-10.
- Newhall C.A., Self S.* The volcanic explosivity index (VEI) an estimate of the explosive magnitude for historical volcanism // JGR. 1982. V. 87. № B9 P. 1231-1238.
- Rampino M.R.* Super-volcanism and other geophysical processes of catastrophic import. In: Global catastrophic risks. Ed.: Bostrom N., Cirkovic M.M. Oxford University Press. 2008. Русский перевод: Майкл Рампино. Супервулканизм и другие

- катастрофические геофизические процессы. <http://www.scribd.com/doc/6250354/>
- Rittmann A.* Vulkane und ihre tatigkeit. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1960. 336 p.
- Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006 // WMO. Rep. 2007. № 50. P. 576.
- Stoffers P., Botz R., Cheminee J.-L. et al.* Geology of Macdonald Seamount Region, Austral Islands: recent hotspot volcanism in the South Pacific // Mar. Geophys. Res. 1989. № 11. P. 101-112.
- Urgeles R., Canals M., Baraza J. et al.* The most recent mega landslides of the Canary Islands: El Golfo debris avalanche and Canary debris flow, west El Hierro Island // JGR. 1997. V. 102. № B9. P. 20305-20323.
- Wessel P.* Global distribution of seamounts inferred from gridded Geosat/ERS-1 altimetry // JGR 2001. V. 106. № B9. P. 19431-19441.
- Williams M., Ambrose S.H., Kaars S. et al.* Environmental impact of the 73 ka Toba supereruption in South Asia // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2009. V 284. P. 295-314.
- Yalciner A.C., Pelinovsky E., Synolakis C., Okal E.* NATO Science Series «Submarine Landslides and Tsunamis». Publisher: Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2003. 329 p.

## FORMATION OF VOLCANIC SEAMOUNTS AND ENVIRONMENTAL STATE

**E.V. Zhuleva**

*Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow*

Emissions of endogenous energy, volcanic gases and eruption of pyroclastic material were considered to be key factors produced by ocean volcanoes that influence the environment. The study revealed their minor influence on alteration in average global characteristics of the atmosphere and hydrosphere. Supereruptions cause catastrophic change in the environment of our planet. Volcanic seamounts provide geomorphologic basis for formation of original natural bodies.

*Keywords: submarine volcano, environment, supereruption.*