

УДК 551.465

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВОЗРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ГОР ЛОЖА ОКЕАНА

©2006 Е.В. Жулёва

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

Рассматривается расположение вулканических гор в пределах глобальных морфоструктур океанского дна на литосфере различного возраста. На основании количественного анализа расчетов возраста литосферы на момент формирования вулкана установлено, что абсолютное большинство вулканических гор ложа океана образовалось на океанической коре возрастом менее 90 млн. лет. Выявлено постепенное сокращение активности горообразования в пределах срединно-океанических хребтов, по мере увеличения геологического возраста центров спрединга, и усиление внутриплитового вулканизма на литосфере возрастом от 70 до 90 млн лет.

Вулканические горы являются представительной формой рельефа ложа Мирового океана. Формирование и эволюция вулканических гор непосредственно связаны с генезисом и развитием океанической литосферы, с особенностями протекания геодинамических процессов, определяемых условиями движения литосферных плит. Анализ пространственно-возрастных характеристик образования вулканических гор является существенным этапом изучения истории океанского магматизма.

В качестве объектов исследования выступают вулканические горы ложа океана. Ложе океана представляет собой часть океанского дна, составляющую около 60% его площади, со средними глубинами 3000-4000 м, для которой характерен океанический тип земной коры. Рельеф ложа океана имеет ячеистую структуру: в его состав входят котловины, разделенные возвышенностями, которые представляют собой сводовые поднятия вулканической природы либо глыбовые хребты тектонического происхождения. Базовый уровень океанических котловин лежит на глубинах от 5000 до 6000 м (Симонов, 2005).

Рассматриваются подводные горы – изолированные поднятия глубоководного дна высотой 1000 м и более, которые согласно классификации, утвержденной Международным комитетом по номенклатуре форм рельефа дна океанов, могут представлять собой пики, гайоты и океанические банки, а также вулканические острова и атоллы. В круг рассмотрения вошли вулканические горы,

расположенные в пределах непосредственно ложа океана и срединно-океанических хребтов. Эти планетарные морфоструктуры связаны между собой одним типом земной коры и включены в один цикл ее развития, который можно определить как цикл ее формирования. Условная граница между подножием срединно-океанических хребтов и ложем океана соответствует возрастной границе земной коры мезозой – кайнозой (65 млн. лет) (Ильин, 2003).

В количественный анализ было включено 267 вулканических гор из специально составленного Каталога геолого-геоморфологических данных: 168 сооружений Тихого океана, 85 – Атлантического и 14 – Индийского. В каталог вошли сведения из литературы по геолого-геофизическим исследованиям дна океана, отчетов по специализированным рейсам научно-исследовательских судов Института океанологии РАН, батиметрических и тематических карт.

Характер размещения вулканических гор на ложе океана исследован с позиций их расположения на океанической коре различного возраста (рис. 1). Картографической основой служит электронная версия карты изохрон океанского дна, рассчитанных в ходе идентификации линейных магнитных аномалий.

Были учтены вулканические горы, для которых существуют достаточно точные возрастные оценки, проведенные в результате локальных исследований. Принимались во внимание датировки, полученные изотопными методами ана-

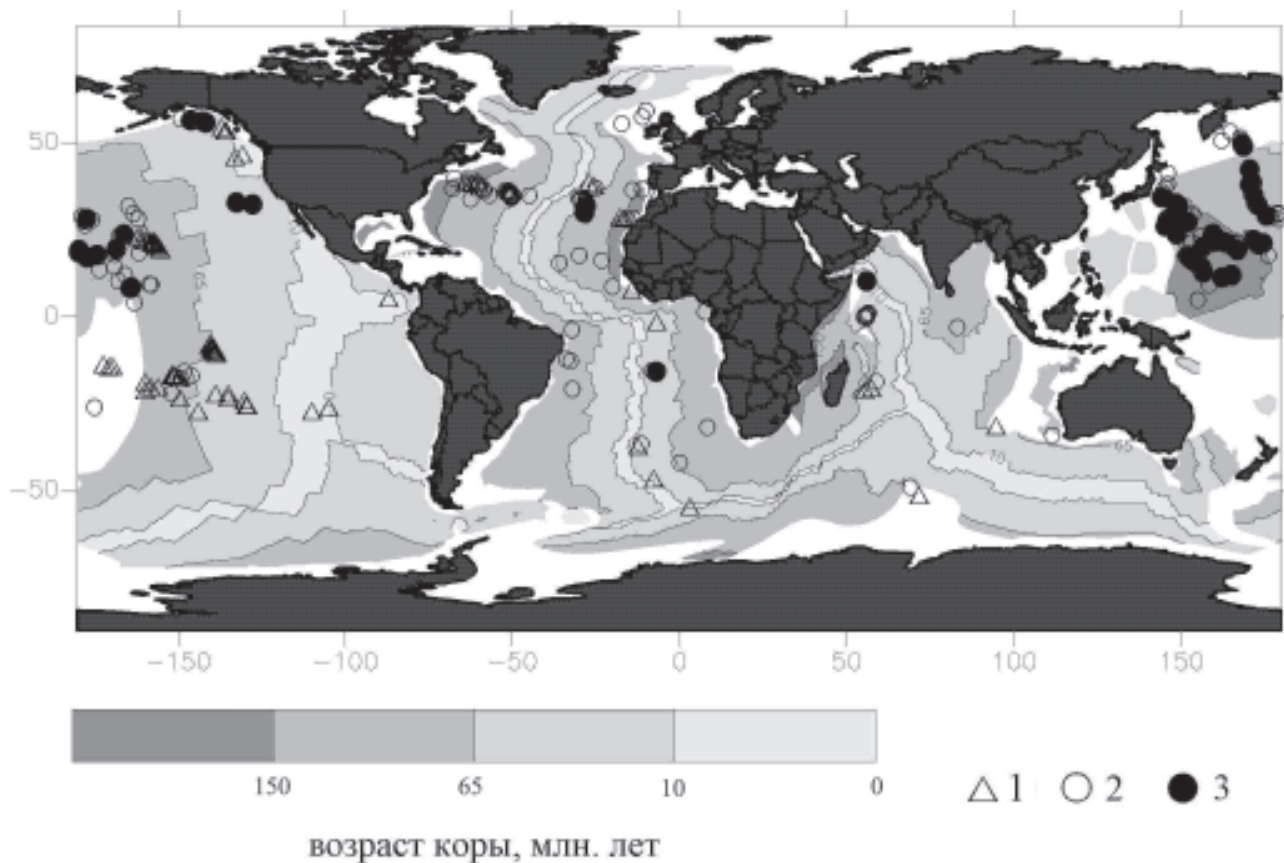


Рис. 1. Схематическая карта расположения вулканических гор на океанической коре различного возраста. 1 – вулканическая гора возрастом менее 10 млн. лет; 2 – вулканическая гора возрастом более 10 млн. лет; 3 – гайот.

лиза каменного материала, и палеонтологическим методом определения возраста перекрывающих коренное основание рыхлых осадков, характеризующим возраст наиболее молодых магматических пород завершающей стадии формирования вулканической постройки. Определения возраста, сделанные с использованием палеомагнитного метода, включались в количественный анализ лишь в том случае, если они были подтверждены какими-либо другими фактическими данными. Кроме того, появилась необходимость учитывать период непосредственного формирования вулкана. Исследования, проведенные на горах Гавайского хребта, показали, что полный цикл развития вулканической постройки центрального типа составляет около 5 млн. лет (Clague, Dalrymple, 1987). Это означает, что к одновозрастным могут быть отнесены вулканы с разницей в возрасте ± 5 млн. лет (Матвеевков, Седов, 1996).

На основании визуального анализа построенной карты можно сделать вывод о том, что вулканические горы характерны для океанических провинций любого возраста. Наиболее крупные горные массивы располагаются на океанической литосфере возрастом более 65 млн. лет. Проявления современного вулканизма

характерны для всей территории ложа океана. Современные горы, к которым относятся постройки возрастом менее 10 млн. лет, формируются в осевой зоне срединно-вулканических хребтов на литосфере возрастом до 10 млн. лет, на флангах срединно-океанических хребтов на литосфере, возрастом до 65 млн. лет, а также непосредственно на океаническом ложе, включая его наиболее древние провинции возрастом более 150 млн. лет.

Гайоты – подводные горы, вершины которых представляют собой выположенную поверхность, расположенную на глубине более 200 м, являются на океанической литосфере, возраст которой превышает 20 млн. лет, и наиболее широко распространены в пределах провинций, возрастом более 65 млн. лет. Предыдущими исследованиями было установлено, что для гайотов характерен возраст более 10 млн. лет (Жулёва, 2004). Ведущим эндогенным фактором, определяющим ход рельефообразования на вулканических горах, является их постепенное погружение. Оно включает в себя две составляющие: погружение вулканического основания, связанное с возникшей в результате извержения изостатической нагрузкой, и постепенное погружение несущей литосферной плиты по мере того, как с возрастом увеличивается ее мощность

(Городницкий, 1985; Железомарганцевые корки..., 1990)

Для количественной оценки и сопоставления абсолютных значений рассматриваемых возрастных характеристик вулканических гор и океанической литосферы построена точечная диаграмма (рис. 2). Возраст самых древних вулканических гор составляет около 135 млн. лет. Наиболее активное формирование вулканических

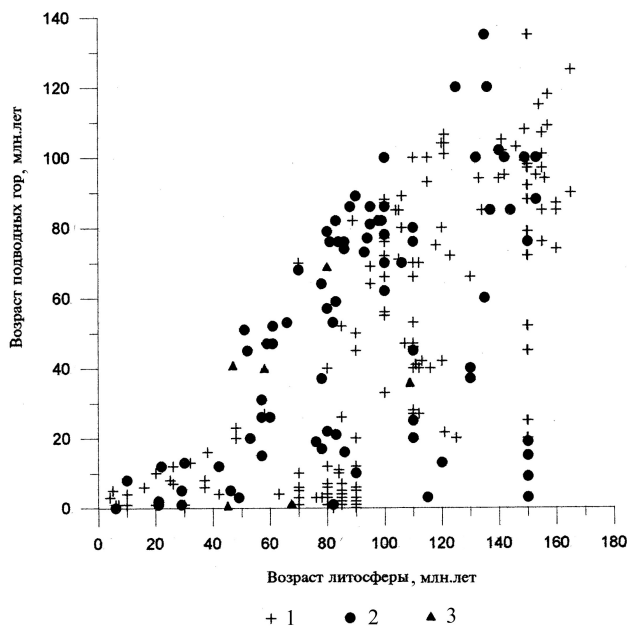


Рис. 2. Связь возраста вулканических гор с возрастом несущей литосферы. 1 - горы Тихого океана; 2 - горы Атлантического океана; 3 - горы Индийского океана.

гор происходило в период от 100 до 70 млн. лет тому назад и в последние 15 млн. лет. Горы древнего этапа активизации вулканической деятельности тяготеют к участкам ложа океана,

возраст которых составляет от 160 до 140 млн. лет и от 110 до 80 млн. лет. Современные вулканы, в основном, формируются на океанической литосфере возрастом менее 90 млн. лет. В настоящее время наибольшее количество вулканических гор располагается в пределах наиболее древних провинций ложа океана, возраст которых составляет от 80 до 150 млн. лет, в Тихом океане – до 160 млн. лет. Обнаруженная особенность распределения вулканических гор находит свое проявление в изменении плотности их размещения в пределах разновозрастных провинций океанского дна. Например, согласно расчетам, проведенным Н.А. Маровой и Г.Н. Алёхиной (1998) для Атлантического океана, на участки дна мелового возраста от 140 до 65 млн. лет приходится наибольшая плотность размещения вулканических гор.

Некоторые исследователи проводили характеристику распределения вулканических гор в пределах основных морфоструктур ложа океана - котловин и глыбово-вулканических поднятий, а также срединно-океанических хребтов (таблица). Сравнительный анализ оценок, сделанных для разных океанов, выявляет широкий диапазон изменения рассматриваемого показателя. Например, согласно приведенным расчетам, на долю срединно-океанического хребта в Индийском океане приходится более 50% вулканических гор (Ефимов, Турко, 1995), в Атлантическом океане – около 40% (Марова, Алехина, 1998) и в Тихом океане - около 11% (Удинцев, 1987). Представляется, что рассчитанное относительно высокое число гор в пределах срединно-океанического хребта Индийского океана связано, прежде всего, с тем, что в этой количественной оценке в качестве подводных гор рассматривались постройки высотой, начиная с 500 м, а не с 1000 м, как это было принято в остальных расчетах. Полученное высокое значение отражает интен-

Таблица. Распределение вулканических гор в пределах основных морфоструктур ложа и срединно-океанических хребтов океанов

Океан (Литературный источник)	Количество гор, включенных в анализ	Океанские котловины		Глыбово-вулканические поднятия ложа океана		Срединно-океанические хребты	
		Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Тихий (Удинцев, 1987)	3360	1800	53.6	1200	35.7	360	10.7
Индийский (Ефимов, Турко, 1995)	745 ($H_{\min} = 500$ м)	182	27.4	147	22.2	334	50.4
Атлантический (Литвин, Руденко, 1973)	808	569 - 70%				239	30
Атлантический (Марова, Алёхина, 1998)	1336	748 - 56.5%				588	43.5

сивное формирование в срединговой зоне малых вулканических форм типа подводных холмов, высота которых измеряется сотнями метров и не достигает 1000 м. Наибольшее количество вулканических гор расположено на ложе океанов вне срединно-океанических хребтов. В пределах ложа Тихого и Индийского океанов распределение вулканических гор между основными морфоструктурами характеризуется некоторым перевесом их количества в океанских котловинах по сравнению с глыбово-вулканическими поднятиями.

Показателем, характеризующим активность формирования вулканических гор на разных этапах эволюции океанической литосферы в различных геодинамических обстановках, является возраст дна, на котором происходит образование вулканов. Этот показатель определяется разностью между абсолютным возрастом несущей литосферы и возрастом расположенной на ней горы. Вычисленная величина соответствует возрасту литосферы в то время, когда в ходе активного вулканизма на ней происходило образование рассматриваемой постройки.

Вулканические горы ложа океана формируются в различных геодинамических условиях, которые складываются на литосфере разного возраста. На молодой океанической литосфере в пределах срединно-океанических хребтов образование вулканов связано с дивергентными границами литосферных плит и трансформными разломами, где вулканизм проявляется в активной части на отрезке, который соединяет два сегмента

рифтовой зоны, испытавшей сдвиговое смещение (Дубинин, 1987). Внутриплитовый вулканизм ложа океана, связанный с областями повышенной продолжительной вулканической активности, происходит по механизму «горячей точки» и приводит к формированию асейсмичных хребтов или цепей гор, для которых характерно постепенное увеличение возраста по мере удаления от области современного вулканизма (Грачев, 2000; Сейферт, 1991). Определенный вклад в образование внутриплитовых вулканов вносит «оживление» пассивных частей трансформных разломов на флангах срединно-океанических хребтов и океанском ложе, и проявление в их пределах вулканической деятельности (Матвеевков и др., 1997). Кроме того, формирование вулканов на океанской литосфере провоцируется ее фрактальной дискретностью, с которой связан вулканизм разноранговых структур, образовавшихся по типу pull-apart в результате растяжения между двумя разломами-сдвигами с противоположно направленными горизонтальными смещениями (Мирлин, 2001; Кононов и др., 2002).

Образование более 95% вулканических гор произошло на литосфере возрастом до 90 млн. лет, которая охватывает срединно-океанические хребты и наиболее молодые участки океанского ложа (рис. 3) (Жулёва, 2000). В этих пределах выделяются области, в которых формирование вулканических гор происходит наиболее активно: около 50% вулканов образовалось на литосфере моложе 40 млн. лет и около 25% - на литосфере возрастом от 90 до 70 млн. лет.

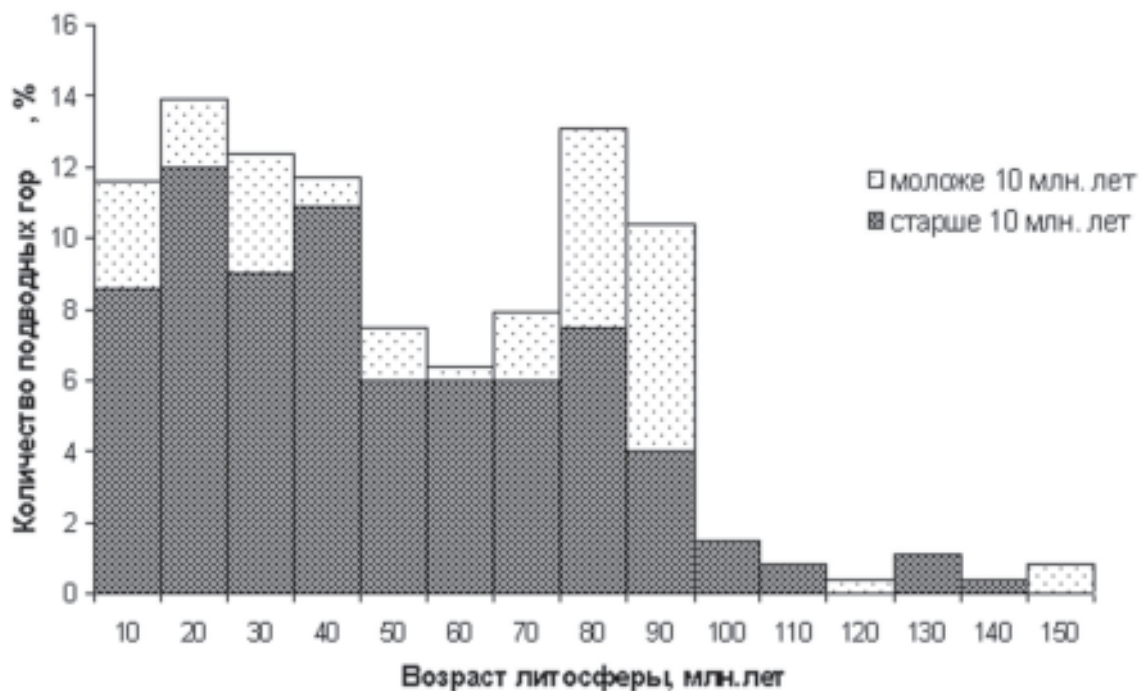


Рис. 3. Интенсивность формирования вулканических гор на океанической литосфере различного возраста.

Независимыми исследованиями возрастных закономерностей внутриплитового вулканизма Индийского и Атлантического океанов было установлено, что значительная часть подводных гор, а также подводных плато и поднятий, образуется на сравнительно молодой литосфере возрастом не более 40 млн. лет (Кононов и др., 2003). Расчеты показали, что количество этих структур в Индийском океане в 1.4 раза, а в Атлантическом в 1.5 раза превышает число объектов вулканической природы, сформировавшихся на более древней литосфере.

Нельзя не обратить внимания на существенное сокращение во времени относительного количества вулканических гор, которые образуются на молодой литосфере в пределах срединно-океанических хребтов. Так, по результатам количественного анализа, на литосфере возрастом до 40 млн. лет образовалось около 40% древних вулканических гор океанов. А доля современных вулканов, формирующихся в пределах осевых зон и приосевых флангов срединно-океанических хребтов, составляет лишь 10%.

Обнаруженная особенность хорошо согласуется с гипотезой А.В. Ильина (2003) о сокращении вулканогенного фактора формирования рифтогенной морфоструктуры по мере увеличения геологического возраста центров спрединга, под которым подразумевается геологический возраст океанических котловин, в которых эти центры существуют и развиваются. Образование большей части палеовулканов на литосфере возрастом до 40 млн. лет можно рассматривать как свидетельство интенсивного протекания вулканических процессов в пределах срединно-океанических хребтов на ранних этапах развития дивергентных границ. В настоящее время эти горы образуют скопления на наиболее древних участках океанского дна возрастом от 160 до 150 млн. лет и от 110 до 80 млн. лет.

Отсутствие в настоящее время относительного максимума активных вулканов на литосфере возрастом от 0 до 40 млн. лет отрицает преобладающую долю участия вулканизма современной рифтовой зоны в образовании вулканических гор. Относительно малое количество современных вулканов на молодой литосфере свидетельствует о постепенном сокращении активности горообразования в рифтовых зонах по мере увеличения возраста центров спрединга.

Одновременно можно отметить, что в пределах максимума вулканических гор, формирующихся на литосфере возрастом от 90 до 70 млн. лет, современные вулканы, образовавшиеся в течение последних 10 млн. лет, составляют около половины, что свидетельствует о сравнительном усилении здесь вулканической деятельности.

Отмеченное пространственное смещение областей ведущей вулканической активности между планетарными морфоструктурами указывает на то, что для истории формирования вулканических гор ложа океана характерно постепенное сокращение рифтогенной составляющей и возрастание внутриплитовой в процессе увеличения геологического возраста центров спрединга.

Максимум вулканических гор на молодой литосфере возрастом до 40 млн. лет может быть связан с магматизмом осевых частей рифтовых зон, а также активных и близлежащих пассивных частей трансформных разломов с компонентой расширения.

Максимум вулканических построек, формирующихся на литосфере возрастом от 90 до 70 млн. лет, указывает на существование независимых внутриплитовых магматических источников океанского вулканизма. Согласно разным моделям здесь может действовать вулканизм, связанный с фрактальной дискретностью литосферы, проявляющийся в условиях pull-apart, либо вулканизм «горячих точек». Однако можно говорить о том, что в настоящее время наиболее благоприятные геодинамические условия для действия внутриплитового вулканизма существуют на океанической литосфере возрастом от 90 до 70 млн. лет, а при достижении литосферой возраста 90 млн. лет, независимо от механизма проявления, массовый внутриплитовый вулканизм на ней во всех океанах практически прекращается.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что современное расположение вулканических гор в пределах ложа океана и срединно-океанических хребтов не отражает пространственного проявления процесса их зарождения, для которого не характерна унаследованность в полной мере. Пространственно-возрастные закономерности в ходе процесса формирования вулканических гор являются результатом сложной геодинамической и тектонической эволюции океанической литосферы.

Список литературы

- Грачев А.Ф.* Мантийные плюмы и проблемы геодинамики // Физика Земли. 2000. № 4. С. 3-37.
- Дубинин Е.П.* Трансформные разломы океанической литосферы. М.: МГУ, 1987. 181с.
- Ефимов В.Н., Турко Н.Н.* Морфометрические характеристики подводных гор Индийского океана // Геология и минеральные ресурсы мирового океана. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1995. С. 219-234.
- Железомарганцевые корки и конкреции подводных гор Тихого океана / Ю.А. Богданов,

- О.Г. Сорохтин, Л.П. Зоненшайн и др. М: Наука, 1990. 229 с.
- Жулёва Е.В.* Некоторые закономерности образования подводных гор на дне Мирового океана // Докл. РАН. 2000. Т. 371. № 3. С. 371-373.
- Жулёва Е.В.* Геоморфология вулканических гор ложа океана. М.: ИО РАН, 2004. 185 с.
- Ильин А.В.* Эволюция морфоструктуры дна океана // Океанология. 2003. Т. 43. № 3. С. 428-440.
- Кононов М.В., Мирлин Е.Г., Сущевская Н.М.* Внутриплитный вулканизм в Атлантическом океане: возрастные закономерности и геодинамические следствия // Докл. РАН. 2002. Т. 382. № 4. С. 521-525.
- Кононов М.В., Мирлин Е.Г., Сущевская Н.М.* Возрастные закономерности внутриплитового вулканизма Индийского океана; сопоставление с Атлантикой // Докл. РАН. 2003. Т. 392. № 1. С. 85-88.
- Марова Н.А., Алехина Г.Н.* Объемы подводных вулканических гор Атлантического океана и зависимость их распределения от эволюции океанической литосферы // Океанология. 1998. Т. 38. № 3. С. 435 - 441.
- Матвеенков В.В., Седов А.П.* Периодичность внутриплитного вулканизма Тихого океана // Океанология. 1996. Т. 36. № 4. С. 606-611.
- Матвеенков В.В., Седов А.П., Приставакина Е.И.* История развития внутриплитового вулканизма Тихого океана за последние 120 млн. лет // Вулканология и сейсмология. 1997. № 4. С. 36-49.
- Мирлин Е.Г.* Фрактальная дискретность литосферы и геодинамика // Докл. РАН. 2001. Т. 379. № 2. С. 231-234.
- Сейферт К.* Мантийные плюмы и горячие точки // Структурная геология и тектоника плит. М.: Мир, 1991. Т. 2. С. 19-38.
- Симонов Ю.Г.* Геоморфология. СПб.: Питер, 2005. 427 с.
- Удинцев Г.Б.* Рельеф и строение дна океанов. М.: Недра, 1987. 239с.
- Clague D.A., Dalrymple G.B.* The Hawaiian - Emperor volcanic chain // Volcanism in Hawaii // U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 1350, 1987. Chapter 1. P. 5-54.

THE SPACE-AGE'S CHARACTERISTICS OF THE PROCESS OF OCEAN BOTTOM'S VOLCANIC SEAMOUNTS FORMATION

E.V. Zhuleva

Institute of oceanology RAS, 117997, Moscow

The disposition of the volcanic seamounts in the global morphostructures of ocean bottom on the lithosphere of different age is examined. On the base of the quantitative analyze of the lithosphere age in the moment of volcanism we are establish that the most part of ocean bottom's volcanic seamounts are form on the oceanic crust with age less 90 m.y. The gradual reduction of volcano formation in mid-oceanic ridges by the increase of the geologic age of the spreading centers and the activation of interplate volcanism on the lithosphere an age of between 70 and 90 m.y. are revealed.