

УДК 551.24

ВНУТРИПЛИТНЫЕ ПОДВОДНЫЕ ГОРЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СЕКТОРА ТИХОГО ОКЕАНА

© 2018 г. Е. Г. Мирлин¹, Ю. В. Миронов¹, М. В. Родкин², Е. И. Чесалова¹¹Государственный геологический музей им. В. И. Вернадского РАН, Москва, Россия²Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, Москва, Россия
e-mail: egmmir@gmail.com

Поступила в редакцию 19.11.2015 г., после доработки 06.09.2016 г.

Предложена методика выделения подводных гор в северо-западном секторе Тихого океана на основе следующих критериев: замкнутый, близкий к изометрическому контур изобат в основании постройки, ее квази-коническая форма, углы склона, превышающие 5° в пределах замкнутого контура. Составлен каталог гор, насчитывающий 1995 объектов с их количественными характеристиками. Проведена статистическая обработка содержащихся в каталоге данных, рассчитаны: зависимость числа подводных гор от радиуса их основания и от объема, распределение числа гор и суммарного их объема в пределах исследуемой площади. Показано, что подводным горам свойственна многомасштабность, они расположены весьма неравномерно: выделяются участки их скопления и отсутствия, составу вулканических пород свойственна изотопно-геохимическая гетерогенность. Сделан вывод о том, что в настоящее время не существует единой геодинамической модели, которая способна объяснить совокупность выявленных феноменов. В то же время, полученные данные позволяют предполагать, что природа некоторых из магматических очагов, питающих внутриплитные вулканы, обусловлена преобразованием энергии в литосфере как открытой нелинейной системе.

DOI: 10.7868/S0030157418020144

ВВЕДЕНИЕ

Постановка задачи. Образование подводных гор вулканического происхождения во внутренних частях литосферных плит связывается почти исключительно с подлитосферными источниками, чаще всего со стационарными (относительно движущихся плит) мантийными восходящими потоками горячего вещества – мантийными плюмами. Применительно к исследуемому сектору Тихого океана настоящая гипотеза удовлетворительно объясняет образование Императорской цепи подводных гор, в пределах которых наблюдается увеличение возраста вулканитов в северном направлении, т.е. отвечает движению Тихоокеанской плиты относительно фиксированного восходящего потока. Но в какой степени она справедлива по отношению к отдельно стоящим горам вулканического происхождения, расположенным в пределах флангов хребтов и глубоководных котловин? Как объяснить возникновение отдельно стоящего подводного вулкана, если известно, что он образовался далеко от зоны наращивания литосферы и от возможной области влияния восходящего потока? Цель настоящей статьи – рассмотреть вопрос о возможной природе внутриплитных подводных гор в пределах северо-западного сектора Тихого океана. На всех этапах развития региона был широко проявлен магматизм островодужного и рифтового (в зоне

сочленения с Евразией), а в глубоководных областях – внутриплитного типа. В нем отчетливо выделяются как отдельные горы, так и их скопления, имеющие общий цоколь и образующие крупные поднятия. Это делает регион оптимальным для поисков ответа на поставленные вопросы.

В литературе термин “подводная гора” понимается неоднозначно, по этой причине мы, сперва, остановились на методике выделения гор и их каталогизации, а далее рассмотрели их статистические характеристики, закономерности расположения, изотопную геохимию вулканитов, а также проблему источников внутриплитного магматизма с точки зрения выявленных закономерностей.

Методика выделения и каталогизации подводных гор. Начиная с работы Г. Менарда, подводная гора определяется как изолированный, квази-изометричный в основании подводный объект вулканического происхождения, возвышающийся над окружающим дном не менее, чем на 1000 м [15]. Позднее Дж.П. Кеннет обратил внимание на другие существенные признаки подводных гор: их конусообразную форму и крутизну склонов $5-15^\circ$ [4]. Усовершенствование технических средств изучения океанского дна и приток новых данных о его морфологии повлекли за собой расширение понятия “подводная гора”. На основе эхолотного промера, в том числе с помощью

узко- и многолучевых эхолотов, были выявлены конусообразные объекты высотой не более 100 м, расположенные как в пределах абиссальных котловин [11], так и на гребнях срединно-океанических хребтов [13, 17 и др.]. Их также стали относить к категории подводных гор. Соответственно, “подводной горой” предложено именовать изометрический объект предположительно вулканической природы, возвышающийся над прилегающей поверхностью дна более чем на 100 м [18]. В то же время, высокоточным эхолотным промером покрыто лишь 10% площади океанского дна [12]. Соответственно, численность гор в каталогах, составленных в последние годы, резко колеблется в зависимости от принятых критериев их выделения и исходных материалов, достигая в некоторых из них многих десятков тысяч [1, 5, 14 и др.].

Учитывая сохраняющуюся ныне неоднозначность в проблеме изучения подводных гор, был разработан метод их выделения, основанный на количественном анализе аномалий поля силы тяжести, измеряемых с помощью искусственных спутников Земли (спутниковая альтиметрия). Аномалии обусловлены основной плотностной границей — поверхностью дна и также позволяют получать информацию о подводных горах, хотя обладают меньшей разрешающей способностью по сравнению с прямыми измерениями глубин дна с помощью эхолотов. Критерии выделения подводных гор были следующими: во-первых, замкнутый, близкий к изометрическому контур изобат в основании постройки, во-вторых, ее квази-коническая форма; в-третьих, углы склона, превышающие 5° в пределах замкнутого контура. Данный метод позволяет включить в рассмотрение морфоструктуры предположительно вулканической природы, высота которых составляет первые сотни метров. Последовательность операций при выделении таких объектов подводного рельефа была следующей. Используя Генеральную батиметрическую карту океанов в цифровой форме (GEBCO, 2008 г.), построенную на основе материалов спутниковой альтиметрии, было проведено осреднение глубин дна в скользящем окне размером 200×200 км, что в первом приближении соответствует средним поперечным размерам крупных морфоструктур региона. После устранения низкочастотной составляющей подводного рельефа были рассчитаны значения уклона поверхности дна океана применительно к тем отдельным мелкомасштабным объектам подводного рельефа, которые оконтуриваются замкнутыми изобатами. Геоморфологические объекты квазиконической формы со склонами, уклон которых превышает 5° в пределах выделенного замкнутого контура, занесены в каталог в качестве подводных гор. Изометрическая область внутри контура, где уклон рельефа составлял менее 5° , отнесена к плоской вершине

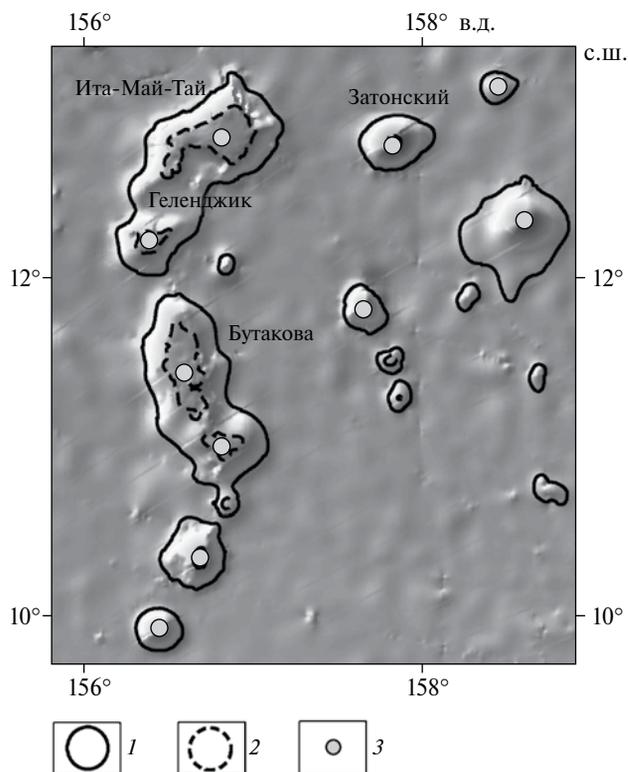


Рис. 1. Пример выделения подводных гор. Контурь: 1 — основания, 2 — вершины, 3 — вершина. Названия гор даны по карте ГЕБКО, 2008 г.

горы (рис. 1). Замкнутый контур основания горы заменялся окружностью равной длины, радиус последней принимался за радиус ее основания.

В результате применения описанного алгоритма в рассматриваемом регионе было выделено 1995 отдельно стоящих подводных гор, причем 724 горы имеют высоту более 1000 м, т.е. удовлетворяют критерию выделения подводной горы Г. Менарда. Для каждой из гор определены: координаты вершины, площади вершины и основания, относительная высота, радиус основания, а также азимут простиранения оси в случае вытянутости постройки; отмечено также наличие нескольких вершин, если таковые присутствуют. Были проведены также количественные оценки объема каждой горы, причем объем рассчитывался по формуле объема усеченной пирамиды с учетом данных о площадях основания и вершинной поверхности, а также высоте горы. Таким образом, каталог включает в себя объекты разного ранга, и содержащиеся в нем данные являются основой для последующих расчетов морфологических характеристик гор, их разделения по количественным параметрам и выявления особенностей их расположения в пространстве. Схема размещения гор (рис. 2) совмещена со сглаженной картой рельефа, на которой отчетливо видны основные его элементы.

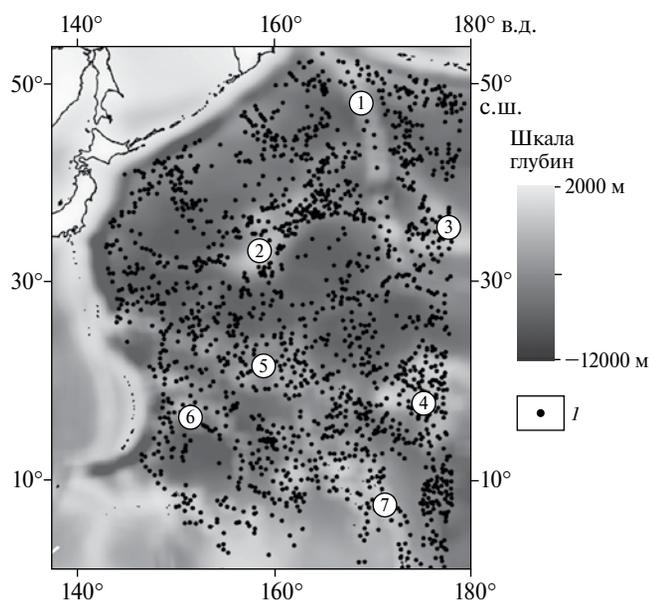


Рис. 2. Положение вершин (1) выделенных подводных гор. Справа приведена шкала глубин дна. Крупнейшие внутриплитные поднятия: 1 – Императорские горы, 2 – возвышенность Шатского; поднятия: 3 – Хесса, 4 – Мид-Пасифик, 5 – Маркус-Уэйк, 6 – Магеллановы горы, 7 – Маршалловы острова.

Значительная по числу выборка подводных гор позволила применить методы математической статистики для оценки их количественных характеристик, а также особенностей их расположения в пределах исследуемой площади. При этом использовался метод, уже апробированный при описании пространственного распределения эпицентров и повторяемости землетрясений [7], который вполне успешно зарекомендовал себя при решении аналогичной поставленной задачи: выявление общих закономерностей в пространственно распределенных объектах, каждый из которых характеризуется некоторыми количественными параметрами.

Распределение подводных гор по их количественным параметрам. На кривой распределения числа гор N от радиуса основания R , представленной в полулогарифмическом масштабе, отчетливо просматриваются два отрезка, которые можно аппроксимировать двумя прямыми линиями с различными наклонами (рис. 3а). Точка сочленения между этими двумя линиями соответствует радиусу основания гор, составляющему примерно 15 км. Изгиб графика в области малых значений радиуса обусловлен, скорее всего, недостатком данных о малых горах в составленном каталоге. Что касается отклонения от прямолинейной зависимости в области больших радиусов, то оно может быть обусловлено тем, что крупные горные сооружения не имеют в основании формы,

близкой к окружности и относятся уже к поднятиям дна, которые в данном регионе распространены, но в каталоге представлены незначительно. Кривая распределения числа гор в зависимости от их объема аппроксимируется прямой линией за исключением той ее части, которая относится к горам малого объема и где она испытывает резкий изгиб в сторону увеличения числа гор (рис. 3б). Трудно сказать, имеет ли этот факт генетическое значение, поскольку, как сказано выше, в составленном каталоге многие горы малого размера могут быть не учтены.

Были проведены оценки количества гор в пределах различных участков исследуемого региона, для чего осуществлялись расчеты суммарного

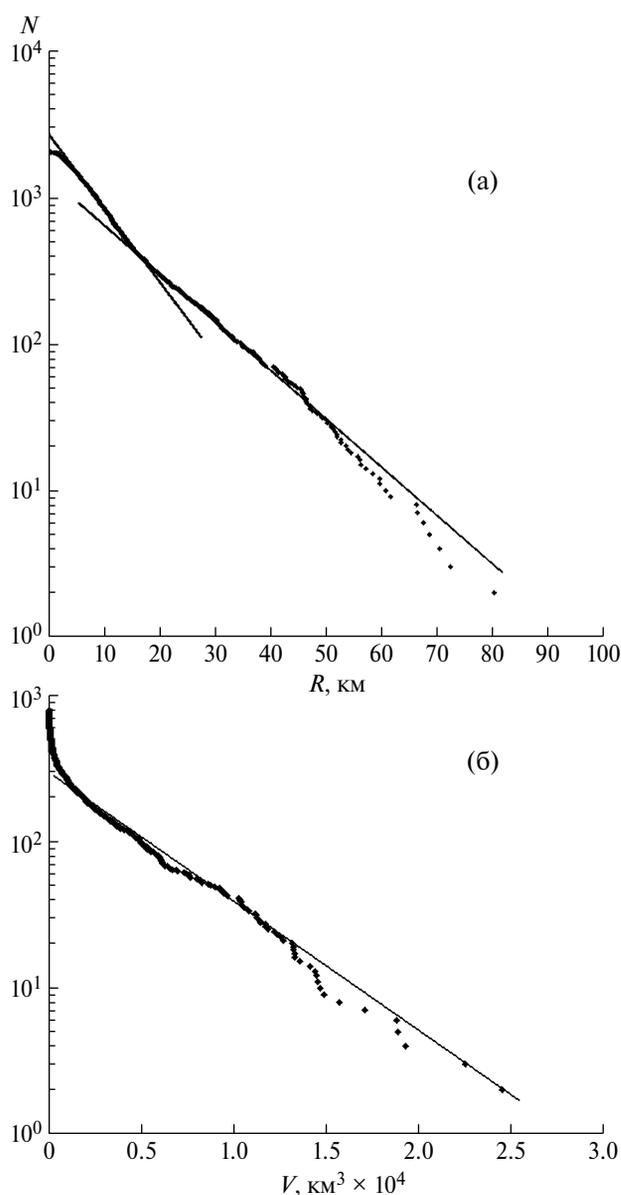


Рис. 3. Зависимость числа подводных гор (N) от радиуса их основания R (а) и от объема V (б).

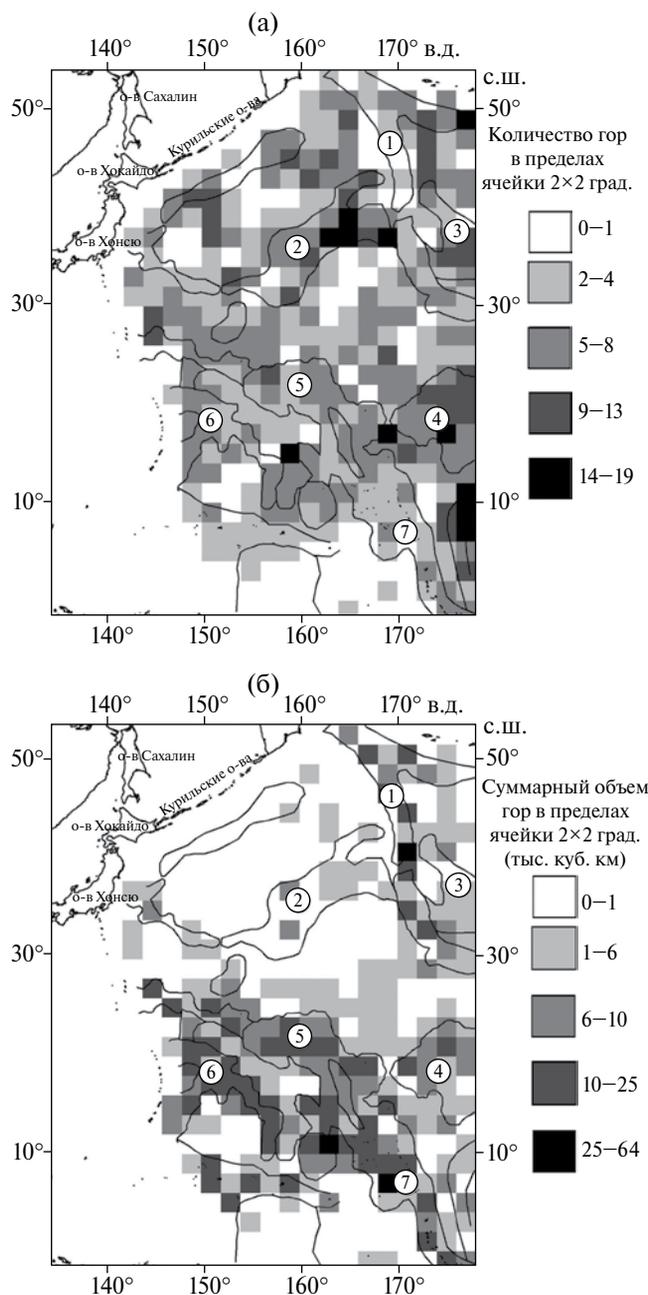


Рис. 4. Распределение количества гор (а) и суммарного их объема (б) в пределах выделенных ячеек 2×2 град. Наименования крупнейших внутриплитных поднятий см. подписи к рис. 2.

числа подводных гор и суммарного их объема в пределах ячеек со сторонами 2 градуса по долготе и широте. Центры ячеек располагались в точках 141, 143, ... 179 градусов по долготе и -9, -7..., 55 и т.д. градусов – по широте. “Плотность” размещения гор (т.е. их количество в каждой ячейке) в регионе в целом изменяется в широких пределах: имеются участки, где горы отсутствуют, либо их число составляет первые единицы, но наблюдаются участки скопления гор, где их число превышает

10 единиц в пределах ячейки (рис. 4а). Другими словами, “плотность” размещения гор изменяется более, чем на порядок. Обращают также на себя внимание три факта. Первый: отсутствие прямой пространственной корреляции между участками с наибольшей “плотностью” гор и крупными поднятиями дна; второй: ячейки с наибольшим количеством гор 14 – 19 более распространены в северо-восточном районе; третий: преобладание ячеек со средним количеством гор (2–4 и 6–8)

в юго-западном районе и меньшее их количество – в северо-восточном. Различие в районах отчетливо просматривается также на диаграмме их суммарного объема: в юго-западном районе преобладают ячейки со средним и большим объемом гор (6–10, 10–25 и более тыс. куб. км), а в северо-восточном ячейки с небольшим объемом (1–6 тыс. куб. км) (рис. 4б). Возможная причина этого заключается в том, что в северо-восточном районе преобладают горы с высотой менее 1 км, по этой причине суммарный их объем в выделенных ячейках оказывается небольшим, что отражается также и на диаграмме распределения их объемов. Практически все ячейки с максимальным объемом гор в данном районе тяготеют к крупным поднятиям: системе Императорских гор и поднятию Хесса.

Особенности пространственного размещения подводных гор. Визуальный анализ схемы размещения подводных гор показывает, что границы участков с минимальным количеством гор или их полного отсутствия имеют в плане форму овалов или кругов (рис. 5). Всего насчитывается более 50 таких “овалов”, причем соотношение длинной и короткой оси большинства из них меняется в широких пределах: от 0.5 до 1.0, т.е. встречаются как сильно вытянутые “овалы”, так и почти изометричные. У большинства “овалов” максимальный диаметр близок к 500 км, тем не менее,

имеются “овалы” с диаметром, превышающем 2000 км. Характерно, что какой-либо приуроченности “овалов” разного диаметра к определенным морфоструктурам дна исследуемого сектора Тихого океана не отмечается.

Для того, чтобы убедиться в надежности выделения “овалов”, эта задача решалась также на основе формального подхода. С этой целью был использован алгоритм расчета кластеров пространственно распределенных объектов на основе методов искусственного интеллекта [2, 10]. Задача кластеризации пространственно распределенных объектов в значительной мере обусловлена выбором эффективного алгоритма сглаживания количества их числа на единицу площади (плотность объектов) с учетом характера распределения по площади всей их совокупности. Этому требованию вполне удовлетворяет подход, когда осредненная плотность объектов ρ вычисляется в каждой точке как сумма вкладов от совокупности всех объектов: $i = 1, \dots, N$:

$$\rho = \sum 1/r_i^n (1),$$

где r_i – расстояние от данной точки пространства до данного объекта, n – характеризует скорость затухания влияния с расстоянием. Поскольку мы имеем дело с горами – трехмерными объектами, величина n задана равной 3.

Результаты расчетов, выполненные по данной формуле, с одной стороны, позволяют выявить определенные интегральные особенности распределения гор, а с другой, характеризуют существенные локальные, статистически значимые особенности их размещения в пространстве. Были проведены расчеты сглаженной плотности числа гор в пределах исследуемой площади, а затем в значениях плотности распределения гор были выделены кластеры разной степени дробности. При определении рангов дробности учитывался весь диапазон изменения осредненных величин плотности: от минимального до максимального. Таким образом, на первом уровне получен один кластер, обнимающий всю исследуемую площадь, и включающий полное число гор, а по мере роста дробности кластеры становятся все многочисленнее, они охватывают все меньшую территорию, а их осредненная плотность увеличивается. Как и следовало ожидать, с ростом средней плотности расположения гор кластеризация становится все более дробной, причем районы отсутствия гор имеют в плане форму, близкую к овальной (рис. 6).

Изотопная геохимия вулканитов. Наиболее надежными индикаторами магмогенерирующих источников, обособившихся на относительно ранних стадиях развития планеты (примерно

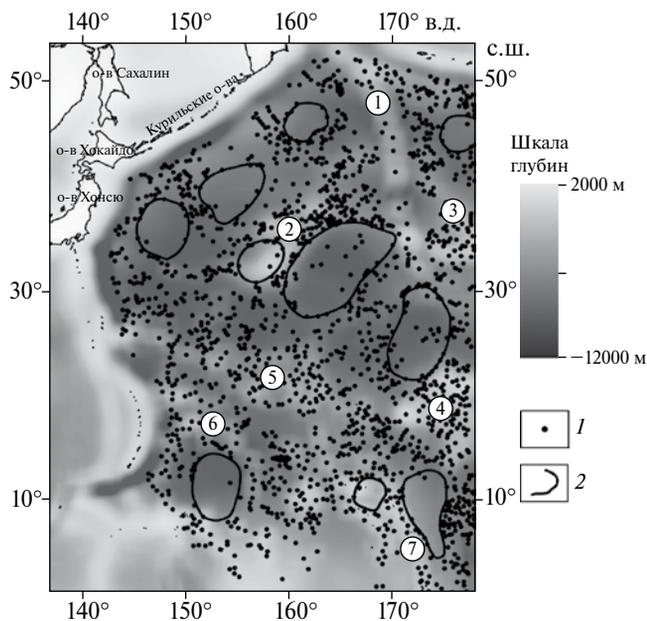


Рис. 5. Участки отсутствия или минимального количества подводных гор, выделенных визуально. 1 – вершина горы, 2 – границы участков. Наименования крупнейших внутриплитных поднятий см. подписи к рис. 2.

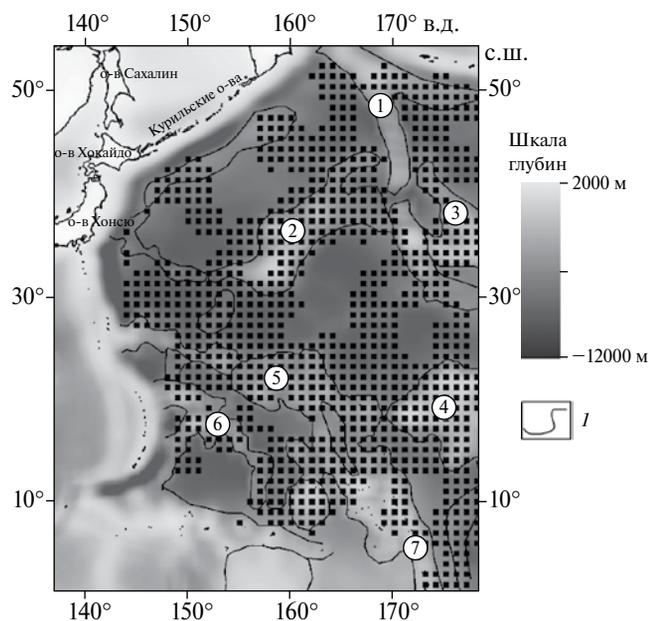


Рис. 6. Участки скопления (показаны точками) и отсутствия подводных гор на основе кластерного анализа. 1 – границы крупнейших морфоструктур, их наименование см. подписи к рис. 2.

1.2–1.6 млрд лет назад), являются отношения долгоживущих изотопов Sr, Nd и Pb, поскольку величина этих отношений не меняется в ходе дифференциации магм [3]. Исходя из этого, были проанализированы данные по Sr-Nd-Pb изотопному составу вулканитов внутриплитных структур северо-западного сектора Тихого океана, имеющих точную географическую привязку. Для полноты картины в исследуемую выборку были включены анализы пород, вскрытых скважинами глубоководного бурения в котловинах Восточно-Марианская, Науру, Пигафетта, а также на плато Онтонг-Ява. Исходные анализы были заимствованы из базы данных GEOROCK (<http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de>). Общий объем выборки составил 136 анализов.

В результате проведенного анализа выявлено, что в составах вулканитов отсутствует какой-либо единый для всех, преобладающий изотопно-геохимический компонент. Точки составов вулканических пород из различных структур рассматриваемого региона распределены вдоль линий смешения между каким-либо одним из конечных компонентов “мантийного тетраэдра” Зиндлера-Харта: DM (деплетированная мантия), HIMU (высокоурановая мантия), EM1 (нижняя

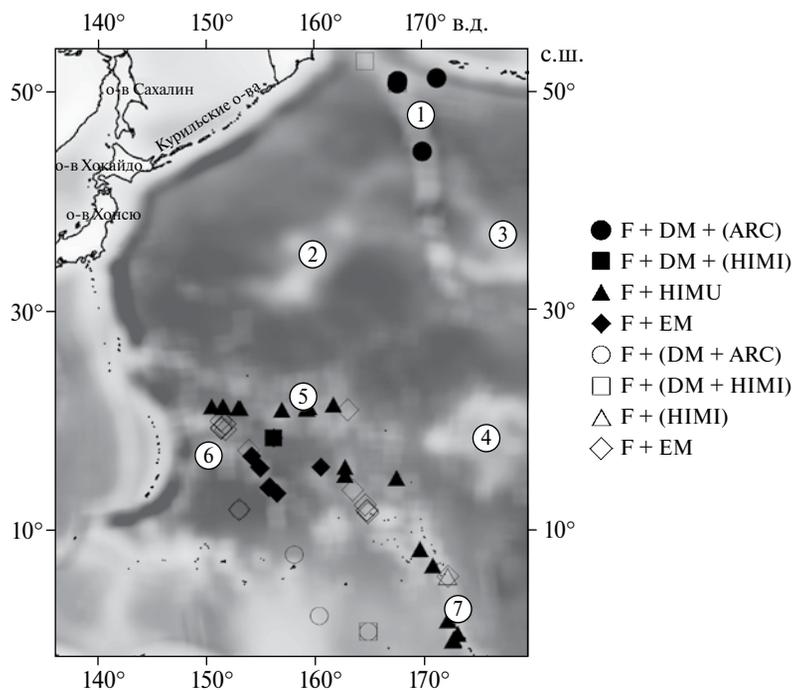


Рис. 7. Схема пространственного распределения Sr-Nd-Pb-изотопных типов вулканических пород подводных гор и котловин северо-западного сектора Тихого океана. Классификационные изотопные компоненты (пояснения в тексте, в скобках указаны примесные компоненты). Крупнейшие внутриплитные поднятия: 1 – Императорские горы, 2 – возвышенность Шатского; поднятия: 3 – Хесса, 4 – Мид-Пасифик, 5 – Маркус-Уэйк, 6 – Магеллановы горы, 7 – Маршалловы острова.

субконтинентальная литосфера), EM2 (верхняя континентальная кора) [20] и общим компонентом F (“focal”). Последний представляет собой общую характеристику совокупности часто используемых внутритетраэдрных компонентов (FOZO, C, PREMA и др.), полученную на основе методов многомерной статистики [16]. Отмечается пространственная разобщенность вулканических пород, изотопный состав которых отвечает разным квазибинарным линиям смещения (рис. 7). Состав вулканитов, входящих в Гавайско-Императорскую цепь гор, представляет собой продукт смещения компонентов F и DM с примесью компонента ARC (специфический компонент базальтов срединно-океанических хребтов Арктической провинции), который расположен далеко за пределами “мантийного тетраэдра” в области высоких значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и низких $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ и $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ [16]. Полоса гор с относительно высокими суммарными объемами, протягивающаяся в юго-западном районе исследуемого сектора Тихого океана с северо-запада на юго-восток, характеризуется весьма пестрым изотопным составом вулканитов. На хребте Гилберта и восточной ветви Маршалловых островов, а также на поднятии Уэйк выявлены породы – продукты полного смещения компонент F и HIMU. Ближе к Евразийскому континенту (западная ветвь Маршалловых островов и северо-западная часть Магеллановых гор) роль компонента HIMU резко падает, и здесь начинают преобладать породы, отвечающие компоненту F с заметной примесью континентально-корового вещества (компонент EM2). Вероятнее всего, это вещество поступало из осадков, снесенных с континентальных блоков. Еще ближе к континенту (основная часть Магеллановых гор, а также подводная гора Улджан, расположенная к западу от Маршалловых островов) компоненты EM2 и EM1 (вещество субконтинентальной литосферной мантии) становятся, наряду с компонентом F, равноправными основными смесеобразующими компонентами.

В целом мы приходим к заключению, что внутриплитным вулканитам северо-западного сектора Тихого океана свойственна ярко выраженная изотопно-геохимическая гетерогенность, что не позволяет связать их природу с каким-либо одним определенным типом мантийных или мантийно-коровых источников.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Обратимся к истолкованию полученных результатов с позиции геодинамики. Важно отметить, что в силу своей древности мощность литосферы в исследуемом регионе весьма велика и превышает 90 км [9]. Оценки геодинамического положения

подводных гор, выполненные с использованием метода “эластической мощности” литосферы [19], показывают, что значительное их количество в северо-западном секторе Тихого океана было сформировано за пределами флангов срединно-океанического хребта, т.е. на литосфере, мощность которой составляет многие десятки километров. Очевидно, что любая модель внутриплитного вулканизма должна учитывать этот принципиально важный фактор.

Первоначальная модель плюмов как источников внутриплитного вулканизма в настоящее время существенно усложнена: предполагается, что плюмы могут сужаться, расщепляться, пульсировать, от них могут отрываться небольшие по объему “капли”. Если исходить из данной модели, то, учитывая значительную мощность литосферы в исследуемом регионе, для объяснения природы очагов внутриплитных вулканов трудно обойтись без предположения о возникновении в литосфере трещины, разлома или системы разломов. В этом случае продвижение разломов к кровле литосферы может обеспечивать резкий рост ее проницаемости и поступление вещества плюма. Данная модель может объяснить образование не только вулканической горной цепи с монотонно меняющимся возрастом из-за перемещения плиты относительно восходящего плюма, но и формирование различных по объему подводных гор в силу разномасштабности разломов. В то же время, природа других выявленных нами феноменов: значительная неоднородность в пространственном распределении гор, наличие кластеров и “овалов”, в пределах которых горы практически отсутствуют, существование районов с преобладанием разновысоких гор, а также изотопно-геохимическая гетерогенность вулканитов (с отсутствием какого-либо единого “специфического” плюмового компонента) с позиции этой модели остается непонятной.

Может ли объяснить природу этих феноменов альтернативная гипотеза, которая базируется на представлениях о том, что литосфера, характеризующаяся внутренней разноранговой неоднородностью от микрозерен горных пород до крупных блоков и плит, представляет собой открытую нелинейную термодинамическую систему, способную преобразовывать поступающую в нее энергию [8]? Возможность применения этой концепции к возникновению очагов магматизма траппов и рифтовых зон океанов рассмотрена в работе [6]. Преобразование и высвобождение энергии происходит под воздействием изменений в геодинамической обстановке и может порождать магматические очаги разного ранга. Сходный механизм может “работать” применительно к магматическим очагам внутриплитных вулканов, если

допустить, что и во внутриплитной обстановке литосфера подвергается значительным воздействиям. К примеру, это могут быть астеносферные потоки, оказывающие влияние на подошву литосферы. Такое предположение выглядит вполне оправданным в силу того, что северо-западный сектор Тихого океана отмечен весьма значительным гравитационным градиентом, который может свидетельствовать о мощном конвективном потоке, направленном от Тихого океана в сторону Евразии. Возможно, данный поток сопровождается и сопровождался в геологическом прошлом вихревой компонентой; воздействие последней на подошву литосферы могло повлечь за собой формирование овальных в плане, близких к спиральным участков с минимальным количеством гор. Эта же гипотеза вполне может объяснить образование внутприплитных вулканов не только разного ранга (в силу различного количества высвобождаемой в геосреде энергии), но и разного состава (в силу геохимической неоднородности самой геосреды). Правда, образование районов с преобладанием гор разной высоты и объема остаются трудно объяснимыми.

Подводя итог изучению подводных гор северо-западного сектора Тихого океана, можно сделать следующие выводы:

– Внутприплитный магматизм в северо-западном секторе Тихого океана характеризуется ярко выраженной многомасштабностью, неоднородным распределением в пространстве, а также изотопно-геохимической гетерогенностью, свидетельствующей об отсутствии магмогенерирующего резервуара, единого для всех выявленных вулканических гор;

– В настоящее время не существует единой геодинамической модели, которая способна объяснить всю совокупность выявленных феноменов. Тем не менее, многомасштабность внутриплитного вулканизма и его изотопно-геохимическая неоднородность свидетельствуют в пользу того, что, по крайней мере, некоторые из магматических очагов, питающих внутриплитные вулканы, обусловлены процессами в литосфере как открытой нелинейной системе, способной преобразовывать поступающую в нее энергию.

Требуется, таким образом, дальнейшее совершенствование геодинамических моделей внутриплитных процессов, объясняющих природу установленных фактов в их совокупности. Наиболее эффективный путь к этому: вовлечение в анализ материалов по внутриплитному вулканизму других регионов Мирового океана с использованием уже разработанной методологии.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Мировой океан – многомасштабность, многофазность, многопараметричность”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асавин А.М., Жулева Е.В.* Основы построения стандарта метаданных по рельефу подводных гор // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 2. Вып. 14. С. 143–152.
2. *Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р.* О новом подходе к кластеризации // Кибернетика и системный анализ. 2002. № 2. С. 104–122.
3. Интерпретация геохимических данных / Под ред. Склярова Е.В. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
4. *Кеннет Дж.П.* Морская геология. В двух томах. Т. 1. М.: Мир, 1987. 397 с.
5. *Марова Н.А.* Подводные горы Мирового океана: особенности их распределения по высоте и в пространстве // Океанология. 2002. Т. 42. № 3. С. 409–413.
6. *Мирлин Е.Г., Кононов М.В., Миронов Ю.В.* Возможная природа траппового магматизма на основе концепции вихревых движений в тектоносфере и нелинейной геофизической среды // Вестн. КРАУНЦ. 2008. № 2. С. 28–41.
7. *Писаренко В.Ф., Родкин М.В.* Распределения с тяжелыми хвостами: приложения к анализу катастроф М.: ГЕОС, 2007. 240 с.
8. *Садовский М.А.* Автомодельность геодинамических процессов // Вестн. АН СССР. 1986. № 8. С. 3–11.
9. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Глобальная эволюция Земли. М.: Изд-во МГУ, 1991. 446 с.
10. *Тихоцкий С.А.* Размещение крупных и суперкрупных месторождений минерального сырья в аномальных гравитационном и магнитном полях Земли // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Т. 1. Глобальные закономерности размещения. М.: ИГЕМ РАН, 2006. С. 149–175.
11. *Юбко В.М., Лыгина Т.И.* Внутриплитные вулкано-гидротермальные системы зоны Кларифон-Клиппертон Тихого океана // Докл. РАН. 2015. Т. 462. № 4. С. 452–455.
12. *Becker J.J., Sandwell D.T., Smith W.H.F. et al.* Global bathymetry and elevation data at 30 seconds resolution: SRTM30_PLUS // Marine Geology. 2009. V. 32. № 4. P. 355–371.

13. *Chadwick W.W., Butterfield D.A., Embley R.W et al.* Spotlight 1: Axial seamount // *Oceanography*. 2010. V. 23. № 1. P. 38–39.
14. *Kitchingman A., Lai S., Morato T., Pauly D.* How many seamounts are there and where are they located? Chapter 2 // *Seamount: Ecology, Fisheries and Conservation Blackwell Fish and Aquatic Resources Series 12* /Eds. Pitcher T.J. et al. Oxford, U.K, 2007. P. 28–40.
15. *Menard H.W.* Marine geology of The Pacific. New York: McGraw-Hil, 1964. 271 p.
16. *Mironov Yu.V., Rhyakhovskii V.M., Pustovoi A.A.* Sr–Nd–Pb Isotopic Zoning in the World Ocean and Mantle Plumes // *Geochemistry International*. 2000. V. 38. Suppl. 1. P. 20–27.
17. *Smith D.K., Cann J.R.* Hundreds of small volcanoes on the median valley floor of the Mid-Atlantic Ridge at 24–30° N // *Nature*. 1990. V. 348. P. 152–155.
18. *Staudigel H., Koppers A.A.P., Lavelle J.W. et al.* Defining the word “seamount” // *Oceanography*. 2010. V. 23. P. 20–21.
19. *Watts A.B., Sandwell D.T., Smith W.H.F., Wessel P.* Global gravity, bathymetry, and the distribution of submarine volcanism through space and time // *J. Geophys. Res.* 2006. V. 111. B08408, doi:10.1029/2005JB004083.
20. *Zindler A., Hart S.* Chemical geodynamics // *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 1986. V. 14. P. 493–571.

The Intraplate Seamounts of the North-West Sector of the Pacific Ocean

E. G. Mirlin, Yu. V. Mironov, M. V. Rodkin, E. I. Chesalova

The proposed method for the identification of seamounts in the northwestern sector of the Pacific ocean on the basis of the following criteria: closed, close to an isometric contour of the isobaths at the base of the structures, its quasi-conical shape, the angles of slope exceeding 5° within the limits of the closed contour. Compiled the catalogue of the mountains with 1995 objects with their quantitative characteristics. By statistical processing of catalog data calculated: the correlation between the number of seamounts on the radius of their base and volume, the distribution of the number of mountains and the total volume within the study area. It is shown that seamounts characterized multiscale, they are located very unevenly: allocated areas their accumulation and lack of it, composition of volcanic rocks is characteristic of the isotope-geochemical heterogeneity. It is concluded that currently there is no single geodynamic model that can explain the totality of the revealed phenomena. At the same time, the findings data suggest that the nature of some of the magma chambers that feed intraplate volcanoes caused by the transformation of energy in the lithosphere as a nonlinear open system.