

14. Цуканов Н.В., Федорчук А.В. Офиолитовые комплексы в аккреционной структуре Восточной Камчатки // Петрология и металлогения базит-гипербазитовых комплексов Камчатки. - М.: Научный мир, 2001. С. 159-169.
15. Fedorchuk A.V. Oceanic and back-arc basin remnants within accretionary complexes: geological and geochemical evidence from Eastern Kamchatka // Ofioliti. 1992. № 17 (2). P. 219–242.
16. Keller R.A., Fisk M.R., White W.M. Isotopic evidence for Late Cretaceous plume-ridge interaction at the Hawaiian hotspot // Nature. 2000. V. 405. P. 673-676.
17. Regelous M., Hofman A.W., Abouchami W., Galer, S.J.G. Geochemistry of lavas from the Emperor Seamounts, and the geochemical evolution of Hawaiian Magmatism from 85 to 42 Ma // Journal of Petrology. 2003. Vol. 44. P. 113-140.

УДК 550.83:551.214(265)

ГЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНОВ ТИХОГО ОКЕАНА
С БОРТА НИС «ВУЛКАНОЛОГ»

В.А. Рашидов

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
683006; e-mail: rashidva@kscnet.ru*

В феврале 2007 г. исполнилось 30 лет со дня выхода в первый рейс научно-исследовательского судна (НИС) «Вулканолог». Результаты, полученные при проведении вулканологических экспедиций на НИС «Вулканолог», имеют огромное научное значение. На их основе написаны известные как у нас в стране, так и за рубежом монографии. Они приведены в различных атласах, представлены на картах и востребованы многими отечественными и зарубежными учеными.

В 1977-1991 гг. в 19-ти вулканологических экспедициях с борта НИС «Вулканолог» были изучены современные подводные вулканы, вулканические массивы и зоны в районе «горячей точки» Сокорро, в Новогвинейском и Южно-Китайском окраинных морях, в Кермадек, Соломоновой, Марианской, Идзу-Бонинской и Курильской островных дугах, а также меловые гайоты Магеллановых гор (рис. 1) [1-37]. В комплекс исследований входили эхолотный промер, непрерывное сейсмоакустическое профилирование, гидромагнитная съемка, драгирование и отбор проб рыхлых осадков.

Ниже приводятся основные результаты выполненных работ, полученные при комплексной интерпретации всех имеющихся данных и, прежде всего, аномального магнитного поля (ΔT)_а.

В районе «горячей точки» Сокорро исследован подводный хребет субмеридионального простирания, который венчает остров-вулкан Сан-Бенедикто [9]. Установлено, что

магнитное поле, наблюдаемое над подводным вулканическим хребтом, обусловлено его глубинным строением, а многочисленные локальные аномалии вызваны разноглубинными аномалообразующими вулканическими телами. Сам хребет сложен переслаивающимися вулканическими породами.

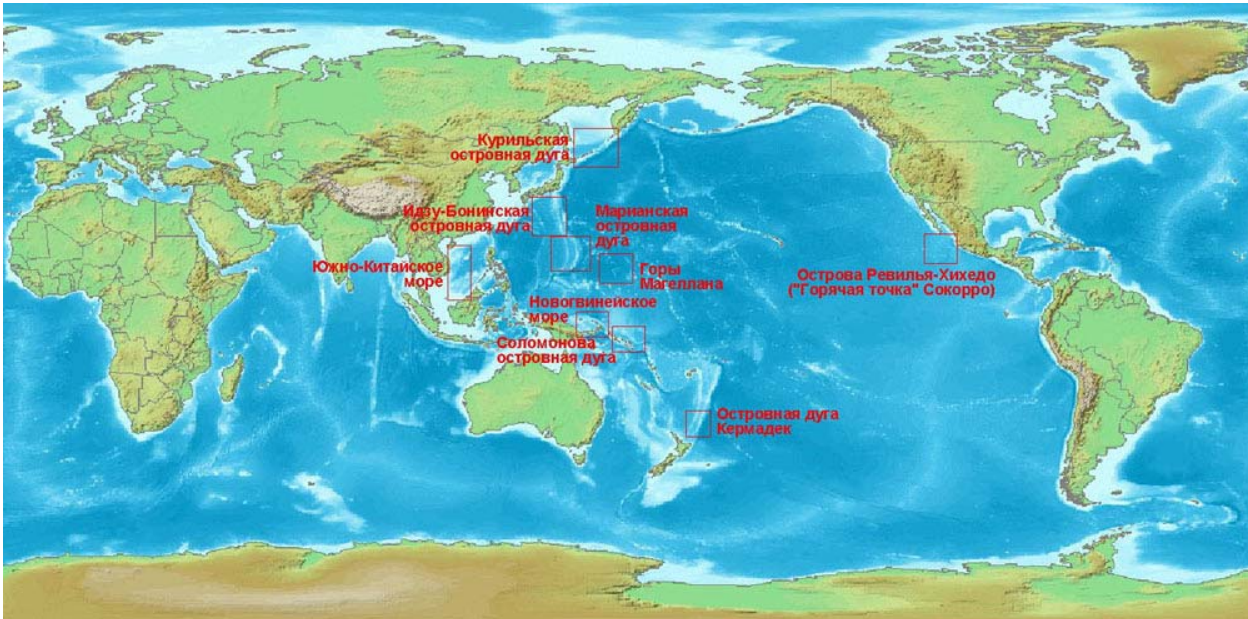


Рис. 1. Районы проведения геомагнитных исследований с борта НИС «Вулканолог» в Тихом океане.

В центральной части **Новогвинейского моря** по характерным интенсивным магнитным аномалиям выявлены площадные, по-видимому, трещинные подводные излияния базальтов, развитые в пределах рифтоподобной структуры [17]. Формирующиеся базальтовые покровы заполняют собой погружающиеся участки и неровности морского дна. Проявляются они на площади не менее 10000 км^2 . Общий объем излившихся лав по минимальным оценкам составляет $2000\text{--}3000 \text{ км}^3$.

На шельфе **Южно-Китайского моря** в пределах западной краевой части субмеридионального линеамента ($109\text{--}110^\circ$ в.д.) ареальный позднекайнозойский подводный вулканизм фрагментарно проявляется на расстоянии $> 700 \text{ км}$. Выявлены три участка позднекайнозойской подводной вулканической деятельности, на двух из которых она проявилась и на островах. Продукты вулканической деятельности распространены на площади $\sim 3400 \text{ км}^2$ [16, 18, 19, 23]. Наблюдается выдержанность преобладающих направлений зон линейных магнитных аномалий и системы разломов, с которыми связана вулканическая деятельность, что подтверждается и современными работами вьетнамских ученых. Отмечена хорошая корреляция данных гидромагнитной съемки и спутниковых магнитных измерений для всей Юго-Восточной Азии [19].

Объем извергнутых пород действующего **подводного вулкана Вулканолог**, расположенного в островной дуге Кермадек, составляет примерно 8 км^3 . Вулкан был открыт во

время проведения работ в 7-ом рейсе НИС «Вулканолог» весной 1979 г. Новозеландскими учеными в 1999 году вулкану было присвоено название «Руссиан», а позднее – «Вулканолог». Вулканическая постройка, намагничена по современному магнитному полю и имеет возраст моложе 700 тыс. лет. Она лишь сверху перекрыта маломощной коркой органогенного известняка, и сложена, скорее всего, эффузивными породами [22, 26].

В пределах **Соломоновой островной дуги** изучена эволюция **подводной вулканической группы Ковачи** и установлено наличие **подводного вулкана**, расположенного к югу от о. Симбо и отсутствие предполагаемого подводного вулкана «Кук» [20, 32, 35]. Из четырех вулканических построек подводной группы Ковачи действующим является собственно вулкан Ковачи, который с 1939 г. извергался 29 раз. Последнее извержение этого подводного вулкана произошло 14 мая 2000 г. Потенциально активными можно считать северный и северо-восточный вулканы. Магнитное поле северо-западного, северного и северо-восточного подводных вулканов обусловлено аномалообразующими телами, расположенными в интервале глубин 1-2.2 км, а аномальное магнитное поле собственно вулкана Ковачи - в интервале глубин 0.4-1.2 км. Современный рельеф вулканической постройки играет существенную роль только в строении аномального магнитного поля собственно вулкана Ковачи [35].

При изучении активных подводных вулканов в пределах **Марианской островной дуги** установлено, что интенсивная магнитная аномалия, отмеченная над вершиной вулкана Минами-Хиоси, создается телом, имеющим объем 0.17 км^3 , располагающимся в привершинной части постройки в интервале глубин 150-600 м и представляющим собой, скорее всего, лавовую пробку [25, 26]. На вулкане на глубине 100-120 м выявлено поднятие с активными фумаролами.

К привершинной части вулканической постройки **подводного вулкана Фукудзин** приурочен ряд интенсивных локальных дипольных аномалий магнитного поля субмеридионального простирания интенсивностью от 650 нТл до 2100 нТл, которые обусловлены соммой. Внутри соммы вырос конус, имеющий основание размером $4 \times 2 \text{ км}$ и относительную высоту 400 м. Фумарольная активность наблюдается и на северо-северо-западе привершинной части вулкана Фукудзин [25].

Подводному вулкану Эсмеральда соответствует дипольная аномалия магнитного поля $(\Delta T)_a$ юго-западного простирания интенсивностью более 1000 нТл. На вершине вулкана расположен четко выраженный открытый в западном направлении кратер [15]. На северо-восточном склоне обнаружены подводные фумаролы. Постройка вулкана сложена, преимущественно порфиоровыми базальтами и андезибазальтами, а афировые андезибазальты, обладающие высокой остаточной намагниченностью, характерны лишь для последних извержений и создают локальные аномалии в прикратерной части [33].

Подводная вулканическая группа Софу представляет собой хребет, протягивающийся в субширотном направлении перпендикулярно простиранию Идзу-Бонинской островной дуги, с глубин 2200-2400 м. В привершинной части хребта выделяется цепочка вулканических построек. Восточным окончанием хребта является крупный, размером 17.5×17.5 км, вулкан Софу. Его вершина в виде скалы, которая по всей видимости является некомпом, поднимается на 99-100 м выше уровня моря [33, 36]. 3D магнитное моделирование показало, что вулканические постройки подводной вулканической группы образовались в момент западного экскурса геомагнитного поля, а их возраст не древнее 700 тысяч лет. Глубоководная стадия подводной вулканической **группы Софу** характеризуется базальтовым вулканизмом, промежуточная - андезибазальтовым, а мелководная – эксплозивно-эффузивным дациандезитовым [36].

При проведении планомерных исследований **Курильской островной дуги** установлено, что большинство подводных вулканов, имеют четвертичный возраст. На некоторых из них отмечены признаки недавних извержений [1-8, 10-14, 21, 24, 28-30, 32, 37].

Плосковершинный подводный вулкан Крылатка представляет собой конусовидную постройку субмеридионального простирания, с плоской вершиной на глубине 300 м [21, 30]. На записях эхолотных промеров в центре плоской вершины подводного вулкана Крылатка в интервале глубин 210-250 м отмечены акустические аномалии в водной толще, которые, возможно, могут быть вызваны газогидротермальной деятельностью. Вулкан имеет довольно древний, по крайней мере, доголоценовый возраст. Формирование вулкана происходило, вероятнее всего, вблизи уровня моря. Во время позднеплейстоценового понижения уровня моря вершина вулкана была срезана абразией. Последние излияния лавы, скорее всего, происходили в морских условиях. При проведении 2.5D и 3D магнитного моделирования установлено, что породы, слагающие центральную часть вулканической постройки в интервале глубин 180-700 м, подверглись значительным гидротермальным изменениям и, в результате чего, утратили свои магнитные свойства. Возможно, что этот слабо намагниченный блок, представляет собой вершинную кальдеру, заполненную продуктами разрушения верхней части постройки и консолидированным галечником. При этом следует отметить достаточно хорошее совпадение результатов 2.5D и 3D моделирования, хотя в трехмерном случае модель становится более дифференцированной и отражает тонкие детали строения вулкана. В частности, на его склонах выделяются отдельные лавовые потоки [4, 5].

В пределах **вулканического массива Черных Братьев** насчитывается 13 вулканических построек, три из которых – действующие [10]. Здесь выделены две подводные кальдеры: древняя Внешняя кальдера Горшкова и молодая кальдера Горшкова, названные в честь известного отечественного вулканолога Г.С. Горшкова. Вулканический массив Черных Братьев, прошел длительную и сложную историю развития. В его эволюции можно выделить

пять этапов: древний докальдерный, древний кальдерный, межкальдерный, молодой кальдерный и современный посткальдерный. Суммарный объем изверженного в данном районе вулканического материала может превышать 1000-1300 км³. В пределах вулканического массива Черных Братьев в водной толще отмечены многочисленные акустические аномалии, которые, вероятнее всего, связаны с подводной газогидротермальной активностью [11].

Островершинный подводный вулкан Юбилейный, названный камчатскими вулканологами в честь 50-летия Советской вулканологии, расположен на восточном краю Курильской глубоководной котловины, в 30 км к северо-западу от о. Кетой [21]. В результате 3D моделирования на северо-востоке и юго-западе вулкана выделено две вершины, расположенные, соответственно, на глубинах 420 и 700 м. На его склонах в интервале глубин от 1100 до 2500 м находятся 7 побочных лавовых конусов [4, 5]. Исходя из морфологических особенностей лав, можно предположить, что андезибазальты, драгированные со склонов вулкана, изливались в подводных условиях. С вершины вулкана подняты дациандезиты, слагающие экструзивное тело, венчающее вулканическую постройку.

Правильная конусовидная форма вулканической постройки **подводного вулкана 3.18**, однородный состав довольно свежих вулканических пород, намагниченность постройки по направлению современного магнитного поля и незначительная мощность осадков, перекрывающих подножие вулкана, свидетельствуют о его молодом (четвертичном?) возрасте [14, 21].

Подводный вулканический массив Эдельштейна, образованный двумя слившимися близкорасположенными вулканическими постройками. Его северо-восточная и юго-западная постройки, поднимаются, соответственно, до глубин 620 и 840 метров [29]. Из результатов 2.5-мерного магнитного моделирования следует, что аномальное магнитное поле подводного вулканического массива Эдельштейна обусловлено, в основном, его постройкой. Роль «глубинных корней» вулканов весьма незначительна. Основной вклад в магнитное поле юго-западной постройки вулканического массива вносит основание вулкана, сформировавшееся на глубинном магмовыводящем разломе северо-восточного простиранья [14]. Породы, слагающие вулканическую постройку, намагничены по направлению современного магнитного поля и довольно однородны по составу, что хорошо согласуется с данными геологического опробования. Эффективная намагниченность соответствует породам андезибазальтового ряда. Вулкан имеет длительную историю формирования. Он начал формироваться в плиоцене, а его привершинная часть сформировалась в последние 700 тыс. лет.

Аномальное магнитное поле в районе **подводного вулкана Беянкина** обусловлено, в основном, его постройкой. Роль «глубинных корней» вулкана весьма незначительна. Породы, слагающие вулканическую постройку, довольно однородны по составу, что хорошо согласуется с данными геологического опробования. Основание вулкана, по-видимому, начало

формироваться в плиоцене, а основная часть постройки сформировалась в плейстоцене [21, 24, 28].

Аномальное магнитное поле в районе **подводного вулкана Смирнова** также обусловлено его постройкой. Плоская вершина вулкана свидетельствует о том, что когда-то он поднимался до уровня моря, а затем испытывал значительное опускание. Возраст его, по крайней мере, плиоценовый [21, 24, 28].

Островершинный подводный вулкан 1.4 находится на пересечении прогиба Атласова с продолжением поперечной структуры 4-го Курильского прогиба в 80 км к западу от о. Парамушир [5, 8, 21, 24]. Он расположен далеко в тылу Курильской островной дуги, возвышаясь над окружающим дном Охотского моря на 650-700 м. Основание его слегка вытянуто в северо-западном направлении и имеет размеры ~ 6.5×7 км. Вершина осложнена рядом пиков, а основание вулкана почти замкнутым кольцом опоясывается отрицательными формами рельефа. 3D магнитное моделирование показало, что последние по времени излияния лав происходили на северо-западном склоне на глубинах 1100-1200, где расположен активный вулканический центр [5]. Приблизительный возраст образования постройки составляет 0.4-0.7 млн. лет [8].

На запад-северо-западном склоне о. Парамушир изучена слабо проявленная в рельефе дна **вулканическая зона**, представленная почти полностью погребенными экструзивными куполами или небольшими вулканическими конусами [1, 13, 21]. Данные детальных геофизических исследований позволяют идентифицировать в данном районе 4 подводных вулкана. Все вулканические постройки отчетливо проявляются в аномальном магнитном поле наличием локальных аномалий. Выполненное двухмерное моделирование показало, что эффективная намагниченность вулканического массива 1.2 составляет 1.56 А/м, а расположенного к югу от него экструзивного купола – 3.7 А/м [2, 24].

Плосковершинный подводный вулкан Григорьева находится в 5.5 км к СЗ от о. Атласова (вулкан Алайд). Он располагается на генеральной линии северо-западного направления местоположения побочных кратеров вулкана Алайд, поднимаясь с глубин 800-850 м, а его основание срослось с основанием Алайда [4-7, 21, 24]. Вершина вулкана срезана абразией и сnivelирована до уровня 120-140 м, что практически соответствует уровню моря в позднем плейстоцене. В юго-западной части вершины отмечены скальные выступы, поднимающиеся до глубины 50-55 м, которые, возможно, образовались после формирования вершины и представляют собою голоценовые экструзии или небольшие лавовые постройки. На юго-западном склоне вулкана отмечена цепочка скальных выступов северо-восточного простирания с относительной высотой от 30 до 60 м и размерами в поперечнике – 400-650 м, которые, скорее всего, также являются экструзивными куполами или лавовыми конусами. При

драгировании вулкана Григорьева были подняты однотипные высокоглиноземистые, высокожелезистые, высококальциевые и умеренно-титанистые базальты.

3Dмагнитное моделирование показало, что эффективная намагниченность скальных выступов сопоставима с эффективной намагниченностью самой постройки вулкана. Это, вероятнее всего, указывает на их лавовую природу, а отмеченные неоднородности рельефа действительно являются экструзивными куполами или лавовыми конусами, развитыми вдоль радиальной трещины северо-восточного простирания. Сравнивая вычисленные значения эффективной намагниченности с результатами изучения магнитных свойств драгированных пород, можно с высокой вероятностью предположить, что вся постройка вулкана Григорьева сложена однотипными высокоглиноземистыми базальтами.

Действующий вулкан Алаид и подводный вулкан Григорьева генетически неразрывно связаны между собой и составляют единый массив северо-западного простирания. Массив располагается в пределах линейной зоны повышенной проницаемости северо-западного простирания, протягивающейся от хребта Вернадского (о. Парамушир) на юго-востоке и, возможно, до банки Лебеда на северо-западе [4-7].

Наличие значительного числа побочных конусов существенно отличает массив Алаид от большинства наземных и подводных вулканов Курильской островной дуги, что, наряду с другими факторами, дает основание говорить об аномальном магматизме массива Алаид, по отношению к другим вулканам и вулканическим массивам Курильской островной дуги [6, 7].

В пределах меловых **Магеллановых** гор исследованы два двухвершинных гайота [27, 34]. **Гайот Вулканолог** состоит из двух плосковершинных построек, расположенных на расстоянии 18 км друг от друга и имеющих общее основание овальной формы. Диаметр гайота, по изобате 5000 м, около 50 км. Плоские вершины расположены на глубинах 1200 м и 1380 м. Гайот назван в честь НИС «Вулканолог», с борта которого сотрудники Института вулканологии ДВО РАН в 1986 г. проводили комплексные вулканологические исследования этой постройки [34]. Надеемся, что в ближайшее время это название будет официально утверждено Международной океанографической комиссией ЮНЕСКО. Гайот расположен в области развития отрицательного магнитного поля, и только на его северном и южном склонах отмечены положительные значения. Интенсивность отрицательных аномалий над плоскими вершинами построек достигает 1000-200 нТл. Интенсивность положительной аномалии на северном склоне гайота - 400 нТл, а на южном – 100 нТл. Магнитные аномалии, зафиксированные над этим гайотом, имеют обратную полярность. Столь интенсивные аномалии магнитного поля могут быть вызваны лишь вулканическими породами, слагающими ядро гайота, а рифогенные известняки и Fe-Mn корки, широко развитые в пределах гайота, существенного влияния на структуру магнитного поля не оказывают.

При драгировании в 13 рейсе НИС «Вулканолог», с вершин гайота были подняты только обломки рифогенных известняков и облегающих их мощных, до 12-15 см, черных Fe-Mn корок.

Гайот ТИГ состоит из двух плосковершинных построек, расположенных на расстоянии 40 км друг от друга. Вершины расположены на глубинах 1360 м и 1180 м. Гайот расположен в области отрицательного магнитного поля, и только на его северном и южном склоне отмечены положительные значения. Интенсивность отрицательных аномалий над плоскими вершинами построек достигает 400-600 нТл, а над седловиной – 800 нТл. Интенсивность положительной аномалии на северном склоне гайота достигает 200 нТл, а на южном – 100 нТл. Магнитные аномалии, зафиксированные над этим гайотом, имеют обратную полярность. Структура аномального магнитного поля гайота ТИГ определяется вулканическими породами, слагающими ядро гайота.

При драгировании в 13 рейсе НИС «Вулканолог», с вершин гайота были подняты обломки рифогенных известняков и облегающих их мощных, до 12-15 см черных Fe-Mn корок, а также образцы, характеризующие состав вулканического ядра гайота: обломок долерита, галька афирового базальта и крупная глыба афирового базальта в «рубашках» из Fe-Mn окислов толщиной 2-5 мм.

Заключение. Геомагнитные методы исследований показали хорошую применимость при комплексных работах для поисков, обнаружений и изучений строения подводных вулканов, вулканических массивов и зон в различных морфоструктурах Тихого океана. Иногда ГМС являлась единственным действенным методом из всего комплекса исследований, применяемых на борту НИС «Вулканолог»[23].

Выявлено, что в пределах островных дуг к подводным вулканам приурочены отчетливые локальные аномалии магнитного поля. Размах их может достигать 3000 нТл, а горизонтальный градиент поля нередко превышает 100 нТл/км. В окраинных морях выявлены подводные вулканические зоны, в пределах которых преобладают трещинные излияния и ареальный вулканизм. Выделенные зоны хорошо оконтуриваются по интенсивным знакопеременным аномалиям магнитного поля.

Интерпретация данных геомагнитных исследований позволила определить внутреннее строение отдельных подводных вулканов и вулканических массивов в различных районах Тихого океана. Выявлены аномалообразующие тела, имеющие различные формы, размеры и глубины залегания. По характеру намагничивания вулканических построек и результатам моделирования сделаны оценки возраста образования и продолжительности проявления подводной вулканической деятельности подводных вулканов, вулканических массивов и зон. Оценены объемы вулканических построек и масштабы проявления подводной вулканической деятельности.

Проведенные исследования существенно дополнили имеющиеся представления о строении дна Тихого океана. Результаты исследований широко представлены в сети Интернет [1, 31, http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_05/kurily/index.html] и легко доступны.

Автор считает своим долгом поставить перед руководством ДВО РАН и отечественной научной общественностью вопрос об официальном присвоении имен дальневосточных ученых, внесших большой вклад в изучение подводного вулканизма, различным безымянным подводным вулканам Тихого океана.

Автор также искренне благодарит своих многочисленных соавторов и всех участников совместных экспедиций на НИС «Вулканолог».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05-05-65102) и ДВО РАН (проект 06-3-А-08-326).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдейко Г.П., Бондаренко В.И., Палуева А.А., Рашидов В.А., Романова И.М. Геофизические исследования подводных вулканов Курильской островной дуги: состояние, итоги, перспективы // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. 30 марта-1 апреля 2005 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2005. С. 3-7.
2. Авдейко Г.П., Гавриленко Г.М., Черткова Л.В. и др. Подводная газогидротермальная активность на северо-западном склоне о. Парамушир (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1984. № 6. С. 66-81.
3. Аникеева Л.И., Гавриленко Г.М., Рашидов В.А. и др. Железомарганцевые корки подводного вулканического массива Эдельштейна и подводного вулкана, расположенного к западу от о. Парамушир (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2005. № 6. С. 47-60.
4. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Бондаренко В.И. и др. Применение пакета программ структурной интерпретации СИГМА-3D при изучении подводных вулканов Курильской островной дуги // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2005. № 2. Вып. 6. С. 67-76.
5. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Бондаренко В.И. и др. 3D моделирование подводных вулканов Курильской островной дуги // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 33-ей сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. Екатеринбург, 30 января-3 февраля 2006 г. Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 2006. С. 16-21.
6. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Подводный вулкан Григорьева (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2006. № 5. С. 17-26.

7. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Вулканический массив Алаид (Курильская островная дуга) // Материалы международного симпозиума «Проблемы эксплозивного вулканизма» 50-летию катастрофического извержения вулкана Безымянный. 25-30 марта 2006 г. Петропавловск-Камчатский / Отв. ред. чл-корр. РАН Е.И. Гордеев. Петропавловск-Камчатский: ИВСДВО РАН, 2006. С. 135-143.
8. Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Селиверстов Н.И., Шкира В.А. Подводный вулкан к западу от о-ва Парамушир // Вулканонология и сейсмология. 1994. № 1. С. 13-18.
9. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Исследование подводного вулканического хребта к северу от острова Сан-Бенедикто // Вулканонология и сейсмология. 1995. № 6. С. 76-87.
10. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Вулканический массив Черных Братьев (Курильские острова) // Вулканонология и сейсмология. 2003. № 3. С. 35-51.
11. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. О возможной подводной вулканической активности в районе островов Черные Братья (Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2003. № 2. С. 80 - 88.
12. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Новые данные о морфологии подводных вулканических хребтов Гидрографов и Броутона (Курильская островная дуга) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2004. № 4. С. 51-58.
13. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Погребенная подводная вулканическая зона к западу от о. Парамушир (Курильская островная дуга) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2 Вып. 8. С. 69-85.
14. Брусиловский Ю.В., Иваненко А.Н., Рашидов В.А. Анализ магнитного поля трех позднекайнозойских подводных вулканов в северной части Курильской островной дуги. // Вулканонология и сейсмология. 2004. № 2. С. 73-83.
15. Горшков А.П., Абрамов В.А., Сапожников Е.А., Селиверстов Н.И., Рашидов В.А. Геологическое строение подводного вулкана «Эсмеральда» // Вулканонология и сейсмология. 1980. № 4. С. 65-78.
16. Горшков А.П., Иваненко А.Н., Рашидов В.А. Магнитные аномалии подводной вулканической зоны на шельфе Южно-Китайского моря // Проблемы исследования электромагнитных полей на акваториях. Сборник ИЗМИРАН. М., 1983. С.267-274.
17. Горшков А.П., Иваненко А.Н., Рашидов В.А. Гидромагнитные исследования подводных вулканических зон в окраинных морях Тихого океана (на примере Новогвинейского и Южно-Китайского морей) // Тихоокеанская геология. 1984. № 1. С. 13-20.
18. Горшков А.П., Иваненко А.Н., Рашидов В.А. Новые сведения об особенностях проявления подводной вулканической деятельности на шельфе Южно-Китайского моря по данным гидромагнитной съемки // Вулканонология и сейсмология. 1991. № 4. С. 80-85.

19. Колосков А.В., В.А. Рашидов В.А., Гатинский Ю.Г., и др. Исследования вулканизма шельфовой зоны Вьетнама морскими, наземными и спутниковыми методами // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. 1-2 апреля 2003 г. Петропавловск-Камчатский: из-во фонда «Наука для Камчатки», 2003. С. 9-15.
20. Ладыгин В.М., Округин В.М., Округина А.М., Рашидов В.А. Физико-механические свойства пород, драгированных на подводном вулкане, расположенном к югу от острова Симбо (Соломонова островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2005. № 2. С. 14-20.
21. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. Ответственный редактор академик Ю.М. Пушаровский. М.: Наука, 1992. 528 с.
22. Рашидов В.А. Строение действующего подводного вулкана в островной дуге Кермадек по данным гидромагнитной съемки // Вулканология и сейсмология. 1996. № 4. С. 114-118.
23. Рашидов В.А. Возможности гидромагнитной съемки при поиске подводных вулканов (на примере позднекайнозойского вулканизма Южно-Китайского моря) // Вулканология и сейсмология. 1997. № 1. С. 17-31.
24. Рашидов В.А. Геомагнитные исследования подводных вулканов северной части Курильской островной дуги // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. ИВГиГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский. 2001. С. 300-315.
25. Рашидов В.А. Геомагнитные исследования подводных вулканов Минами-Хиоси и Фукудзин (Марианская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2001. № 5. С. 55-64.
26. Рашидов В.А. Геофизические поля активных островодужных подводных вулканов: измерения и интерпретация // Уральский геофизический вестник. 2006. № 8. С. 29-35.
27. Рашидов В.А. Магеллановы горы (Тихий океан): состояние геологической изученности // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2006. № 2. С. 13-20.
28. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 6. С. 107-114.
29. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Подводный вулканический массив Эдельштейна (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 3-13.
30. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводного вулкана Крылатка (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2004. № 4. С. 65-76.
31. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Романова И.М., Палуева А.А. Геофизические исследования подводных вулканов Курильской островной дуги в электронных информационных ресурсах Интернет // Геофизический мониторинг Камчатки. Материалы научно-технической конференции 17-18 января 2006 г. г. Петропавловск - Камчатский. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2006. С. 75-82.

32. Рашидов В.А., Гавриленко Г.М. Проверка сообщений о проявлениях подводной вулканической деятельности в пределах Соломоновой островной дуги // Вулканология и сейсмология. 2002. № 1. С. 22-28.
33. Рашидов В.А., Горшков А.П., Иваненко А.Н. Магнитные исследования над подводными вулканами Эсмеральда и Софу // Изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии на акваториях морей и океанов электромагнитными методами. М: ИЗМИРАН., 1981. С. 213-218.
34. Рашидов В.А., Невретдинов Э.Б., Селянгин О.Б., Невретдинов Эр.Б. Геолого-геофизические исследования гайотов Магеллановых гор Тихого океана // Вестник КРАУНЦ. Наука о Земле. 2003. № 1. С. 103 - 126.
35. Рашидов В.А., Округин В.М., Ладыгин В.М., Округина А.М. Подводная вулканическая группа Ковачи (Соломонова островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2002. № 5. С. 11-24.
36. Рашидов В.А., Сапожников Е.А. Геолого-геофизические исследования подводной вулканической группы Софу (Идзу-Бонинская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2001. № 4. С. 39-47.
37. Glasby G.P., Chercashov G.A., Gavrilenko G.M. et al. Submarine hydrothermal activity and mineralization on the Kurile and western Aleutian island arcs, N.W. Pacific // Marine Geology. 2006. Vol. 231. P. 163-180.

УДК 550.34

АФТЕРШОКИ И ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА

А.В. Викулин¹, С.А. Викулина²

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: vik@kscnet.ru*

²*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

Введение. Сейсмический процесс в очаге землетрясения продолжается вполне определенное, отличное от нуля время. И это отличие становится тем заметнее, чем больше магнитуда землетрясения. Для наиболее сильных землетрясений, магнитуды и размеры очагов которых достигают наибольших значений $M_W = 9-9.5$, $L = 1000-3000$ км, интенсивный афтершоковый процесс продолжается в течение многих дней, недель и даже месяцев [10, 15]. При этом сейсмичность всего региона (островной дуги), а часто и всей планеты, в целом, оказывается сосредоточенной исключительно в пределах только очага большого землетрясения и практически равна нулю за его пределами. Таким образом, пространственно-временные закономерности распределения афтершоков в очагах больших землетрясений отражают региональные и планетарные особенности сейсмического процесса Земли.