

УДК 550.83:551.214(265)

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНОВ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ: СОСТОЯНИЕ, ИТОГИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Г.П. Авдейко¹, В.И. Бондаренко², А.А. Палуева¹, В.А. Рашидов¹, И.М. Романова¹

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия; e-mail: gavdeiko@kcs.iks.ru*

²*Костромской Государственный Университет им. Некрасова, г. Кострома, Россия*

Изучение строения зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану представляет в настоящее время несомненный интерес, так как здесь происходят интенсивные геологические процессы, поверхностными проявлениями которых являются высокая сейсмичность и современный вулканизм.

Курильская островная дуга (КОД) является типичной островной дугой Восточной Азии. Она протягивается от о. Хоккайдо до южной оконечности п-ова Камчатка и состоит из внутренней (вулканической) и внешней (тектонической) дуг, разделенных междуговым трогом. С юго-востока она сопряжена с Курило-Камчатским глубоководным желобом, а с северо-запада граничит с Курильской котловиной.

Верхняя часть геологического разреза Большой Курильской гряды (вулканическая дуга) представлена среднеплиоценовыми и четвертичными вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами. Малая Курильская гряда (тектоническая дуга) сложена, в основном, верхнемеловыми образованиями. Междуговой прогиб представлен неогеновыми и четвертичными туфогенно-осадочными образованиями. Четвертичные вулканические породы КОД очень сходны с неогеновыми и совместно с ними представляют типичную андезитовую формацию орогенного типа. Северная часть КОД в структурном отношении более близка к Южной Камчатке, чем к остальной части Большой Курильской гряды.

Охотоморский склон КОД осложнен подводными вулканами. Подводные вулканы имеют, как правило, конусообразную форму. Часто подводные вулканы приурочены к разломным зонам, подводным поднятиям и хребтам.

Первые сведения о подводных вулканах КОД были получены в результате проведения экспедиций Института океанологии АН СССР на НИС «Витязь» в конце 50-х годов прошлого века [3]. В конце 60-х годов в северной части КОД две экспедиции были выполнены японскими специалистами [28,29]. В 70-е и 80-е годы Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт провел ряд экспедиций, направленных на изучение вещественного состава подводных вулканов в пределах этой дуги, на НИС «Пегас», «Морской геофизик» и «Орлик» [13-15,17,18,24 и др.].

Планомерное изучение подводного вулканизма КОД было выполнено в 11 комплексных вулканологических экспедициях в рейсах НИС «Вулканолог» в 1981-1991 гг. Институтом вулканологии и Институтом вулканической геологии и геохимии, в которых получен большой фактический материал и изучены 97 из 104 подводных вулканов КОД [1,2,4-12,19-23].

В последующее 10 лет в этом районе, к огромному сожалению, подобные исследования не проводились. Новые данные о строении подводных вулканов Курильской островной дуги были получены в начале XXI века в рамках программы «КОМЕХ» [26,27].

В комплекс вулканологических исследований, применяемых на НИС «Вулканолог» при изучении подводных вулканов КОД, в качестве обязательных методов входили эхолотный промер, непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП), гидромагнитная съемка (ГМС) и драгирование. Геофизические исследования выполнялись при скорости судна от 1-2 до 7-11 узлов по сети профилей, пересекающихся под различными углами. Сеть профилей постоянно наращивалась при проведении последующих работ на выбранных объектах.

При проведении геофизических исследований использовалась единая служба судового времени. Она позволяла синхронизировать работу измерительной аппаратуры различных методов исследований и приводить результаты измерений к единым координатам времени и пространства. Навигационная привязка геофизических профилей и станций осуществлялась с помощью судовых радиолокаторов по береговым ориентирам и с помощью спутниковой навигационной системы. Эхолотный промер проводился глубоководными, рыбопоисковыми и навигационными эхолотами. Непрерывное сейсмоакустическое профилирование выполнялось в одноканальном варианте в модификации центрального луча с применением электроискрового источника типа «Спаркер» [2]. Гидромагнитная съемка абсолютного значения полного вектора напряженности геомагнитного поля (ΔT) осуществлялась квантовыми и протонными магнитометрами. Драгирование проводилось с помощью различных цилиндрических драг.

По данным геофизических исследований в пределах КОД выделено 8 вулканических зон. Установлено, что подводные вулканы образуют цепочки, причлняющиеся, как правило, косо к Большой Курильской гряде. По-видимому, местоположение цепочек подводных вулканов контролируется магмовыводящими зонами разрывных нарушений. Нередко подводные вулканы объединены в массивы. Большинство подводных вулканов, как и наземных, имеют четвертичный возраст. На некоторых из них отмечены признаки недавних извержений. Подводные вулканы сложены породами андезибазальтового, реже андезитового и базальтового состава. Подножия вулканов обычно сложены лавовыми потоками базальтов и андезибазальтов, в привершинных частях островершинных вулканов часто наблюдаются экструзии дацитов и риодацитов [19]. Относительные высоты подводных вулканов иногда превышают 3 км, а крутизна склонов изменяется от $1-15^{\circ}$ у подножий до 30° и более в привершинных частях. Размеры по осям основания меняются от 3 до 25 км, а объемы вулканических построек от 1-3 до 400-450 км³. Некоторые постройки возвышаются над уровнем моря в виде вулканов-островов. Отмечены островершинные и плосковершинные вулканы. В настоящее время плоскости этих вершин, в основном, наклонены в сторону Курильской котловины. Глубина их закономерно увеличивается с удалением от фронтальной зоны Курильской островной дуги, что свидетельствует о продолжающемся погружении котловины. В северной части КОД обнаружены погребенные вулканические постройки.

Большинство подводных вулканов четко отражается в магнитном поле, и к ним приурочены локальные аномалии, не нарушающие общий характер поля. Интенсивность аномалий изменяется от 70 до 1000 нТл, а горизонтальный градиент поля нередко превышает 100 нТл/км. Аномалии имеют различные простирания, а размеры их сопоставимы с размерами оснований вулканических построек. Преобладают изометричные аномалии, хотя в ряде случаев отмечены и вытянутые формы. Основанию вулкана могут соответствовать как положительные, так и отрицательные значения магнитного поля. Над вершинами вулканических построек наблюдается повышение магнитного поля и, в основном, его положительные значения. Над некоторыми подводными вулканами отмечен мозаичный характер аномального магнитного поля. Иногда отмеченные аномалии осложнены дополнительными экстремумами, связанными как с разноглубинными вулканическими телами и локальными осложнениями рельефа построек, так и с последующим перемагничиванием магматического материала.

Анализ магнитного поля подводных вулканов КОД показал, что наблюдаемые локальные аномалии обусловлены, в основном, современным рельефом построек, а роль «глубинных корней» незначительна. Подавляющая часть подводных вулканических построек намагничена по направлению современного магнитного поля [12,20-23].

Образцы горных пород, драгированных в пределах КОД, сильно дифференцированы по своим магнитным характеристикам, причем наиболее магнитными являются свежие неизмененные разности.

По данным НСП отмечены достаточно отчетливые контакты вулканических построек с перекрывающими или вмещающими их осадочными толщами. Выявлены существенно лавовые и существенно пирокластические постройки.

В пределах КОД получили значительное распространение кальдерообразование и оползневые процессы [4-6,8,9]. При этом некоторые из оползневых тел занимают «висячее» положение на склонах вулканических массивов. Не исключено, что при сильных землетрясениях или извержениях эти тела могут сместиться вниз по склону и стать причиной цунами.

В бухте Кратерной (остров Янкича) на подводном вулкане Крылатка и в пределах вулканического массива Черных Братьев во время проведения исследований с борта НИС «Вулканолог» отмечены акустические помехи в водной толще, которые, возможно, вызваны подводной газогидротермальной активностью [4, 9].

В результате выполненных геофизических исследований изучены внутреннее строение и эволюция изолированных подводных вулканов, подводных кальдер и вулканических массивов. Сделаны оценки масштабов проявления подводной вулканической деятельности. Выявлены потенциально цунамиопасные районы.

Составлен «Каталог подводных вулканов и гор Курильской островной дуги» [19], который непрерывно пополняется. Создана база данных подводных вулканов КОД в формате dbf.

Результаты геофизических исследований подводных вулканов КОД вошли составной частью в отчеты по темам ГКНТ, ФЦП «Мировой океан», ФЦП «Интергация», в международный проект «Геотраверс». Они представлены в монографии [19], Международном геолого-геофизическом атласе Тихого океана [16] и значительном количестве публикаций.

Фактический материал передан в виде каталогов и карт для практического применения в Международный центр данных, Центр океанографических данных, в различные институты РАН и МПР РФ.

Материалы ГМС и эхолотного промера, полученные в пределах акватории Южных Курил, использованы Сахалинской геолого-разведочной экспедицией при составлении комплекта Государственной геологической карты масштаба 1:200000 Курильской серии.

Некоторые оригинальные карты аномального магнитного поля, структурные и батиметрические карты представлены в качестве иллюстрирующего материала в публикациях отечественных и иностранных коллег.

На различных национальных и международных совещаниях неоднократно отмечался высокий профессиональный уровень выполненных геофизических исследований и результатов их интерпретации.

Результаты геофизических исследований подводных вулканов КОД размещены в глобальной сети Интернет по адресам:

[http://web.ru/db/msg.html?mid=11649956;](http://web.ru/db/msg.html?mid=11649956)

<http://zeus.wdcb.ru/wdcb/sep/traverses/traversr.html>; <http://www.kcs.iks.ru/kraesc/index.html>;

http://www.kcs.iks.ru/ivs/grant/grant_04/index.html.

Обработка материалов геофизических исследований подводных вулканов КОД, выполненных с борта НИС «Вулканолог», продолжается. Недавно обнаружены 4 новые постройки в пределах подводных вулканических хребтов Гидрографов и Броутона [10].

В настоящее время идет работа над созданием ГИС «Подводные вулканы КОД» средствами ArcView GIS. ГИС содержит различные структурные и батиметрические карты, карты и карты-графики аномального магнитного поля. Предусмотрена возможность запроса и отображения информации из базы данных подводных вулканов КОД.

Проводится совместная интерпретация материалов геофизических исследований и результатов изучения железомарганцевых образований подводных вулканов КОД, которые могут рассматриваться как индикаторы возможного гидротермального сульфидного рудообразования.

Неоспорима необходимость возобновления на современном уровне детального комплексного изучения подводных и наземных вулканов КОД в тесном контакте как с российскими, так и иностранными учеными, заинтересованными в этих работах.

Учитывая реалии сегодняшнего дня, основной акцент в ближайшие годы следует сделать на изучение состояния активности подводных вулканов, их влияния на окружающую среду и жизнедеятельность человека.

Исследование подводного вулканизма КОД на многие годы может стать одним из основных направлений научной деятельности Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, находящегося в стадии своего становления. В настоящее время институт пока еще располагает достаточным количеством здоровых высококлассных специалистов, компетентных в области изучения подводного вулканизма КОД. Эти сотрудники способны организовать и провести на хорошем профессиональном уровне морские экспедиционные исследования и передать свой богатый опыт аспирантам и студентам Камчатского государственного педагогического университета в рамках процесса интеграции науки и высшего образования, подготовив себе тем самым достойную смену. К счастью, суда научно-исследовательского флота ДВО РАН до сих пор еще вполне работоспособны.

Необходимо лишь в корне изменить политику правительства страны, руководства Камчатской и Сахалинской областей, президиума РАН в отношении проведения фундаментальных морских геолого-геофизических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05-05-65102), ДВО РАН (проект 05-3-А-08-104), ФЦП «Интеграция науки и высшего образования России на 2002-2006 гг.» (проект Э0334) и ведущих научных школ (проект №-НШ-2294.2003.5).

Список литературы

1. *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.
2. *Баснак В.В., Дубровский В.Н., Селиверстов Н.И.* Аппаратурный комплекс НСП на НИС «Вулканолог» // Вулканология и сейсмология. 1981. № 1. С. 93-103.
3. *Безруков П.Л., Зенкевич Н.Л., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б.* Подводные горы и вулканы Курильской островной гряды // Тр. Лаборатории вулканологии. 1958. Вып. 13. С. 71-88.
4. *Бондаренко В.И.* Строение вулканической бухты кратерная (Курильские острова) по данным сейсмоакустических исследований // Вулканология и сейсмология. 1986. № 5. С. 96-101.
5. *Бондаренко В.И.* Новая подводная кальдера у о-ва Онекотан (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1990. № 3. С. 92-95.
6. *Бондаренко В.И.* Сейсмоакустические исследования кальдеры Львиная Пасть // Вулканология и сейсмология. 1991. № 4. С. 44-53.
7. *Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Селиверстов Н.И., Шкира В.А.* Подводный вулкан к западу от о-ва Парамушир // Вулканология и сейсмология. 1994. № 1. С. 13-18.
8. *Бондаренко В.И., Рашидов В.А.* Вулканический массив Черных Братьев (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 3. С. 35-51.
9. *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.
10. *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.
11. *Брусиловский Ю.В., Иваненко А.Н., Рашидов В.А.* Анализ магнитного поля трех позднекайнозойских подводных вулканов в северной части Курильской островной дуги // Вулканология и сейсмология. 2004. № 2. С. 73-83.
12. Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы / Под ред. К.С. Сергеева, М.Л. Красного. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. 36 листов.
13. *Кочергин Е.В., Павлов Ю.А., Сергеев К.Ф.* Геомагнитные аномалии Курильской и Рюкю островных систем. М.: Наука, 1980. 126 с.

14. *Красный М.Л.* Геофизические поля и глубинное строение Охото-Курильского региона. Владивосток: Из-во ДВО РАН, 1990. 162 с.
15. Международный геолого-геофизический атлас Тихого океана. Удинцев Г.Б. (ред.). МОК (Юнеско), РАН, ФГУП ПКО «Картография», ГУНиО, Москва-Санкт-Петербург, 2003. 192 с.
16. *Остапенко В.Ф.* Некоторые аспекты новейшей истории прикурильской части Охотского моря в свете изучения подводных вулканов этого региона // Вулканизм Курило-Камчатского региона и о. Сахалин. Южно-Сахалинск: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 34-74.
17. *Остапенко В.Ф., Кичина Е.Н.* Вещественный состав лав подводных вулканов Курильской дуги // Геология дна Дальневосточных морей. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР. СА КНИИ, 1977. С. 24-45.
18. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Отв. ред. Пушаровский Ю.М. М.: Наука, 1992. 528 с.
19. *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.
20. *Рашидов В.А., Бондаренко В.И.* Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 6. С. 107-114.
21. *Рашидов В.А., Бондаренко В.И.* Подводный вулканический массив Эдельштейна (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 3-13.
22. *Рашидов В.А., Бондаренко В.И.* Геофизические исследования подводного вулкана Крылатка (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2004. № 4. С. 65-76.
23. *Соловьев С.Л., Павлов Ю.А., Красный М.Л. и др.* Исследования естественных геофизических полей Сахалинским комплексным научно-исследовательским институтом // Естественные геофизические поля Дальневосточных окраинных морей. Владивосток, 1977. С.3-25.
24. Geomar Report 88 / Ed. Biebow N., Ludmann T., Karp B., Kulinich R. Geomar Research Center for Marine Geosciences Christian Albrechts University in Kiel. Kiel, 2000. 296 p.
25. Geomar Report 110 / Ed. Biebow N., Kulinich R., Baranov B. Geomar Research Center for Marine Geosciences Christian Albrechts University in Kiel. Kiel, 2003. 190 p.
26. *Yasui M., Hashimoto Y., Ueda S.* Geomagnetic and Bathymetric Study of the Okhotsk Sea - (1) // Oceanographical Magazine. 1967. V. 19. № 1. P. 75-85.
27. *Yasui M., Nagasaka K., Hashimoto Y., Anma K.* Geomagnetic and Bathymetric Study of the Okhotsk Sea - (2) // Oceanographical Magazine. 1968. V. 20. № 1. P. 65-72.