

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

Блох Ю.И.¹, Бондаренко В.И.², Долгаль А.С.³, Новикова П.Н.³, Рашидов В.А.⁴, Трусов А.А.⁵

¹Москва, yuri_blokh@mail.ru;

²Костромской ГУ им. Н.А. Некрасова, г. Кострома;

³Горный институт УрО РАН, г. Пермь;

⁴Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский;

⁵ЗАО «ГНПП Аэрогеофизика», г. Москва

Введение

В период 1981-1991 гг. в пределах Курильской островной дуги (КОД) с борта НИС «Вулканолог» были выполнены комплексные геолого-геофизические исследования 125 подводных вулканов, 35 из которых располагаются в ее северной части (рис. 1). Комплекс исследований включал в себя эхолотный промер, непрерывное сейсмоакустическое профилирование, гидромагнитную съемку и драгирование.

Результаты исследований

Проведенные исследования [1-16] показали, что относительные высоты подводных вулканов в северной части КОД достигают 2500 м, а крутизна склонов увеличивается от 1-15° у подножий, до 30° и более – в привершинных частях. Объемы вулканических построек изменяются от 2 до 315 км³, а размеры основания – от 5 до 17 км.

Большинство подводных вулканов четко отражается в магнитном поле, над ними зафиксированы локальные аномалии, интенсивностью от 70 до 1000 нТл, контрастно выделяющиеся на общем слабоградиентном фоне.

Драгированные горные породы, слагающие подводные вулканы, оказались сильно дифференцированы по своим магнитным характеристикам, причем наиболее магнитными являются свежие неизменные разности.

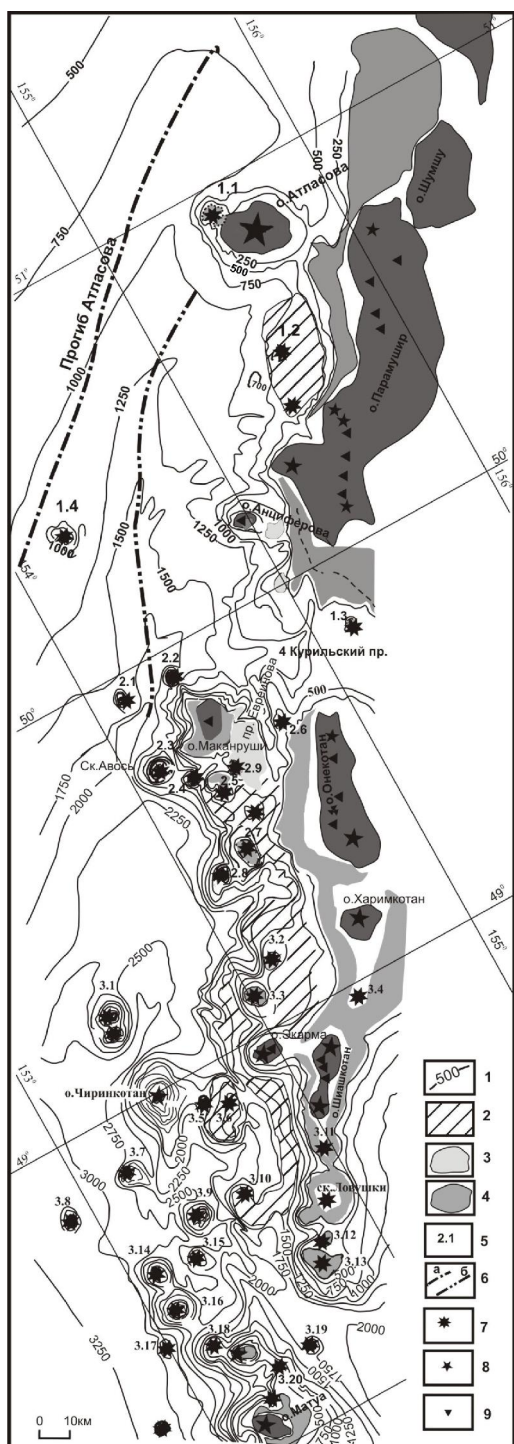


Рис. 1. Батиметрическая схема северной части Курильской островной дуги (б): 1 – изобаты; 2-4 – уплощенные участки поверхности дна на глубинах, соответственно: 600–1500 м (3 уровень), 200-400 м (2 уровень), и поверхность шельфа и уплощенные вершины вулканов на глубинах 120-180 м (1 уровень); 5 – номера подводных вулканов; 6 – оси древнего прогиба Атласова (а) и современного прогиба в рельефе дна в районе о. Парамушир; 7 – подводные вулканы; 8 – действующие наземные вулканы; 9 – потухшие наземные вулканы.

В пределах северной части КОД можно выделить три морфоструктурные зоны: Парамуширская, Онекотанская и пролива Крузенштерна [10].

В районе Парамуширской зоны Охотоморский склон КОД имеет сложное ступенчатое строение. Здесь отчетливо выделяются ряд уплощенных участков дна на различных глубинах, которые разграничиваются довольно крутыми уступами (рис. 1).

Онекотанская зона характеризуется сложным геологическим строением и наличием большого количества наземных и подводных вулканов. Из 8 подводных вулканов, входящих в эту зону, 6 являются плосковершинными, а два – островершинными [4, 9]. В рельефе дна района выделяется несколько батиметрических уровней.

Зона зоны пролива Крузенштерна характеризуется большим количеством подводных вулканов, многочисленными структурами тектонического происхождения и эрозионными формы рельефа.

В северной части КОД широко развиты процессы гидратообразования и грязевого вулканизма и выявлены крупные подводные каньоны и мощные гравитационно-неустойчивые крупные «висячие» тела осадочных или рыхлых вулканогенных отложений на крутых склонах островов или подводных вулканов [8, 10]. Ниже этих тел, на склонах, рыхлые отложения удалены в результате эрозионных или оползневых процессов. Подобные тела вследствие их гравитационной неустойчивости, при сильных землетрясениях могут приходить в движение и стать причиной возникновения цунами.

Ведущим процессом в северной части КОД во время неотектонического этапа развития были периодические опускания фундамента дуги с последующим поднятием в ее осевой части и надстраиванием островов за счет вулканической деятельности. При этом происходило уменьшение площади островной дуги [10].

К настоящему времени в северной части КОД с помощью эффективных технологий интерпретации материалов геолого-геофизических исследований детально изучен целый ряд подводных вулканов [1-16]. Применялись методы особых точек в 2D-варианте (система СИНГУЛЯР), 2.5D-моделирование на отдельных галсах и последующее 3D-моделирование с (программы ИГЛА и REIST (пакет СИГМА-3D)) по всему массиву данных на базе модели субгоризонтального слоя с латерально изменяющейся намагниченностью. Для изучения глубинного строения подводных вулканов использовались метод интерпретационной томографии и монтажный метод 2.5D-обратной задачи магниторазведки по отдельным галсам.

С помощью программы СИНГУЛЯР выявлены местоположения периферических магматических очагов на глубинах 0.65-4 км и положения подводящих каналов для ряда подводных вулканов северной части КОД (рис. 2).

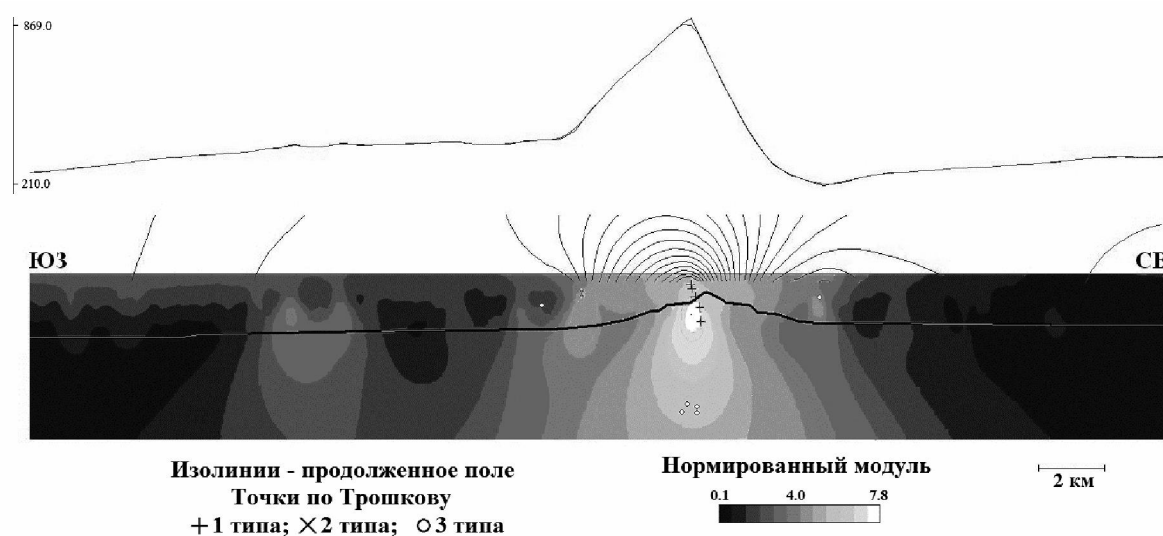


Рис. 2. Расположение особых точек функции, описывающей аномальное геомагнитное поле подводного вулкана Белянкина.

С помощью программ ИГЛА и REIST построены различные 3D-модели пространственного распределения намагниченности вулканических построек (рис. 3, 4), в пределах которых выявлены отдельные лавовые потоки, активные вулканические центры и побочные конусы.

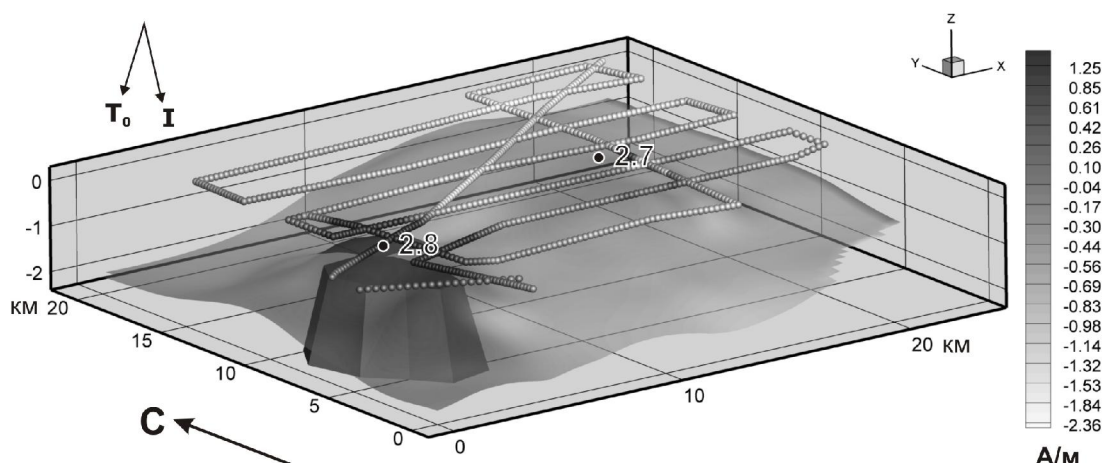


Рис. 3. Уточнение ориентировки вектора намагниченности пород подводных вулканов 2.7 и 2.8 с помощью программы ИГЛА.

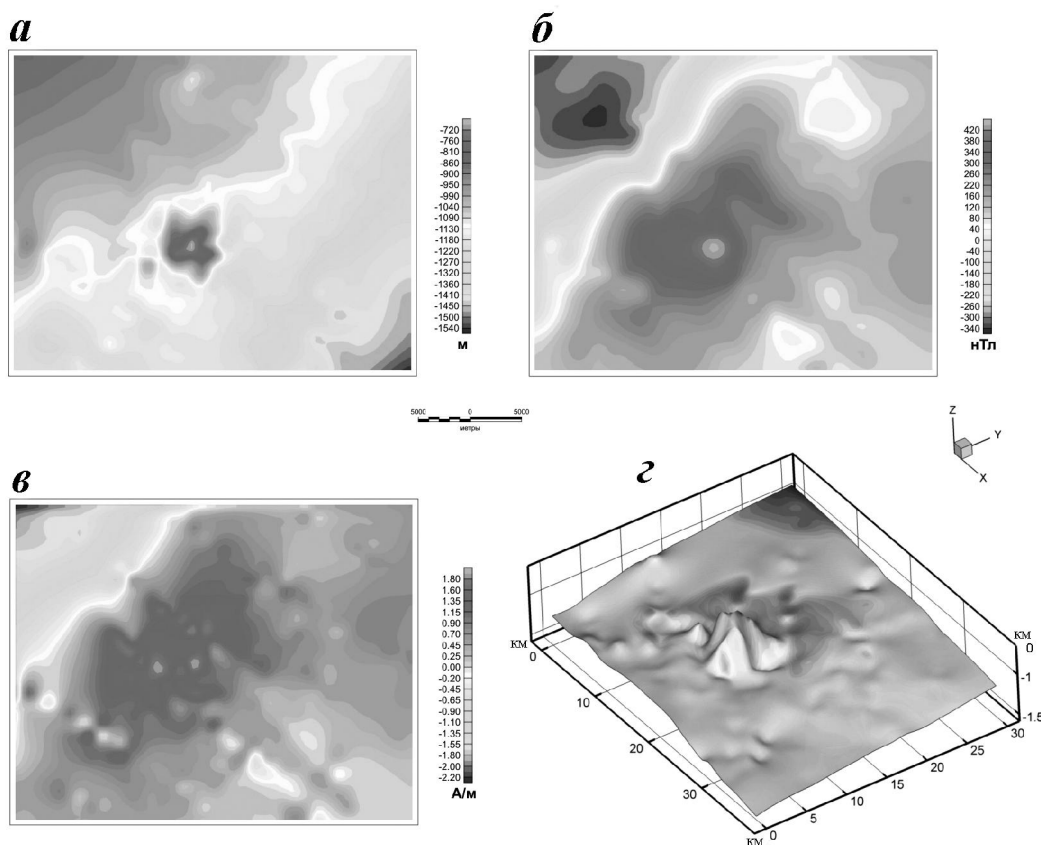


Рис. 4. Подводный вулкан 1.4: а – батиметрия; б – аномальное магнитное поле, ΔT_a ; в – распределение эффективной намагниченности; г – распределение эффективной намагниченности, изображенное на поверхности вулкана.

С помощью интерпретационной томографии и монтажного метода решения обратной задачи магниторазведки изучено глубинное строение вулканических построек, внутри которых оконтурены застывшие магматические системы подводных вулканов (рис. 5).

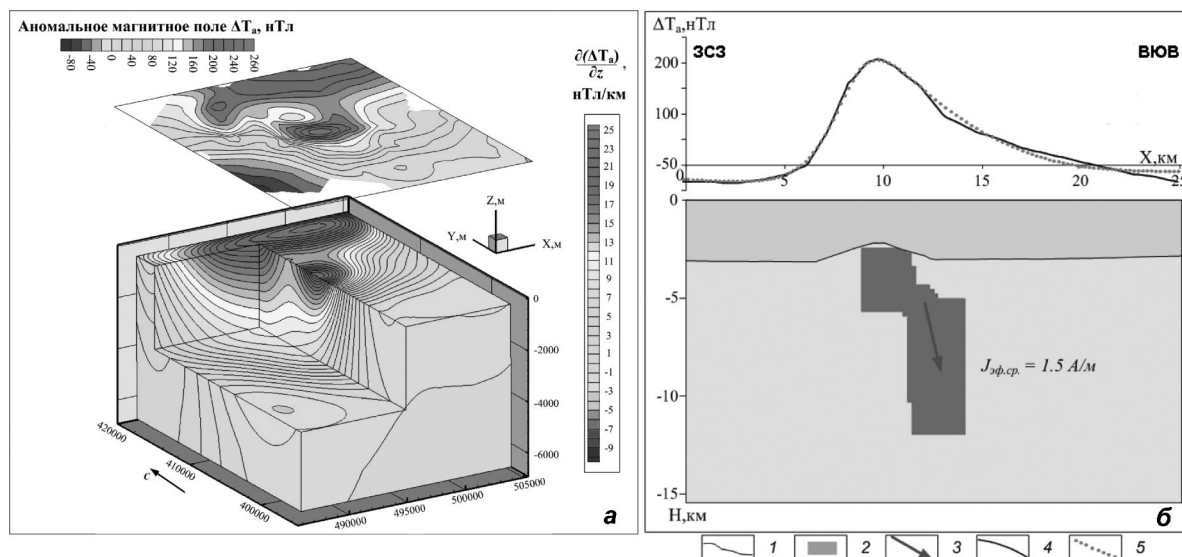


Рис. 5. 3D-диаграмма квазинамагниченности (а), построенная по результатам интерпретационной томографии магнитного поля и результаты решения обратной задачи монтажным методом (б) для подводного вулкана 3.8: 1 – рельеф постройки по данным эхолотного промера; 2 – аномалиеобразующий объект; 3 – вектор эффективной намагниченности объекта; 4 – наблюдаемое магнитное поле; 5 – модельное магнитное поле.

В результате проведенных комплексных геолого-геофизических исследований в пределах северной части КОД открыты новые подводные вулканы в вулканическом массиве Эдельштейна и к западу от острова Парамушир [11, 12, 16].

Сделаны предположения о возрасте формирования подводных вулканов Григорьева, 1.4, Белянкина, Смирнова, 2.7, 2.8 [1-4, 15].

Установлено, что Парамуширские гидроакустические аномалии приурочены к долгоживущей зоне глубинных разломов на границе структур прогиба Атласова и Парамуширского островного блока. Эта зона является активной, по крайней мере, с неогена [8].

Сделан вывод о том, что действующий вулкан Алаид и подводный вулкан Григорьева неразрывно связаны между собой и составляют единый массив северо-западного простирания – вулканический массив Алаид, располагающийся в пределах линейной зоны повышенной проницаемости северо-западного простирания. Установлено, что подводный вулкан Григорьева является самостоятельным вулканическим сооружением, а не боковым конусом генетически близкого вулкана Алаид, как предполагалось ранее [2, 3].

Заключение

Проведение комплексных геолого-геофизических исследований с борта НИС «Вулканолог» позволило получить кондиционные данные, а их последующая обработка в рамках интеграции академической, вузовской и отраслевой науки ученых из различных городов России с помощью современных интерпретационных технологий существенно расширило имеющиеся представления о масштабах и формах проявления подводного вулканизма в северной части КОД.

В результате выполненных работ в северной части КОД были открыты новые вулканические постройки, сделаны предположения о возрасте формирования ряда подводных вулканов и изучено их глубинное строение, уточнены основные черты неотектоники северной части КОД.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 15-05-02955-а и 15-05-01823-а).

Список литературы

1. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусков А.А. 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.

2. 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.
3. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Вулканический массив Алаид (Курильская островная дуга) // Материалы международного симпозиума «Проблемы эксплозивного вулканизма» к 50-летию катастрофического извержения вулкана Безымянный. 25-30 марта 2006 г. Петропавловск-Камчатский / Отв. ред. чл.-корр. РАН Е.И. Гордеев. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2006. С. 135-143.
4. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Рашидов В.А., Трусов А.А. Комплексное моделирование подводных вулканов 2.7 и 2.8 (Курильская островная дуга) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 1. Вып. 21. С. 77-85.
5. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Рашидов В.А., Трусов А.А. Комплексные геофизические исследования подводного вулкана 3.8 (Курильская островная дуга) // Материалы региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвящённой Дню вулканолога, 27 - 28 марта 2014 г. // Главный редактор: академик РАН Е. И. Гордеев Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. С. 144-151.
6. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Рашидов В.А., Трусов А.А. Интерпретационная технология моделирования магнитных полей подводных вулканов Курильской островной дуги // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Четвертая научно-техническая конференция. 30 сентября - 5 октября 2013 г., г. Петропавловск-Камчатский. Материалы конференции. /Отв. ред. В.Н. Чебров. Обнинск: ГС РАН, 2013. С. 425-429.
7. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Магнитное моделирование подводных вулканов Охотоморского склона Курильской островной дуги // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Второй региональной научно-технической конференция. Петропавловск-Камчатский. 11-17 октября 2009 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2010. С. 161-165.
8. 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.
9. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Подводные вулканы и неотектоника Онекотанской зоны (Курильские острова) // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: VIII Косыгинские чтения. Материалы Всероссийской конференции. 17-20 сентября 2013 г. Хабаровск. Владивосток: Дальнаука, 2013. С. 369-371.
10. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Особенности тектоники северной части Курильской островной дуги // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всероссийская научная конференция с международным участием, Южно-Сахалинск, 26 - 30 мая 2015 г.: сборник материалов. В 2-х томах / под ред. Б.В. Левина, О.Н. Лихачевой. Владивосток: Дальнаука, 2015. Том 2. С. 24-27.
11. 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.
12. 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.
13. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Отв. ред. Пушаровский Ю.М. М.: Наука, 1992. 528 с.
14. 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.
15. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 6. С. 107-114.
16. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Подводный вулканический массив Эдельштейна (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 3-13.