

*На правах рукописи*



**Рашидов Владимир Александрович**

**ГЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПОДВОДНЫХ  
ВУЛКАНОВ ОСТРОВНЫХ ДУГ И ОКРАИННЫХ МОРЕЙ ЗАПАДНОЙ  
ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА**

Специальность 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных  
ископаемых

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Петропавловск-Камчатский – 2010

Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Авдейко Геннадий Порфирьевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
Галуев Владимир Иванович  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт геологических, геофизических  
и геохимических систем Минприроды России

доктор геолого-минералогических наук,  
Мирлин Евгений Гилельевич  
Учреждение Российской академии наук  
Государственный геологический  
музей им. В.И. Вернадского


Ведущая организация: Геологический факультет Московского  
государственного университета  
им. М.В. Ломоносова

Защита диссертации состоится «    » 2010 г.  
в    часов на заседании Диссертационного совета Д 002.001.01 при Учреждении  
Российской академии наук Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН по  
адресу 123995, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10.

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2010 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения Российской  
академии наук Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат физико-математических наук



О.В. Пилипенко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Всестороннее изучение Мирового океана является одной из важнейших и насущных задач, стоящих перед современной наукой. В комплексе решаемых проблем большое место принадлежит геологическим наукам.

Изучение строения тихоокеанской зоны перехода представляет несомненный интерес, так как здесь в настоящее время происходят интенсивные геологические процессы, поверхностным проявлением которых являются высокая сейсмичность и современный вулканизм. Подавляющее большинство подводных вулканов Тихого океана расположено в его западной и северо-западной частях.

Особое место в ряду методов, применяемых сегодня для изучения подводного вулканизма, занимают геомагнитные исследования. Анализ карт аномального магнитного поля открывает путь к изучению строения вулкана, его эволюции и определению возраста образования, характеристик слагающих его пород, тектоники районов исследования и к поиску новых подводных вулканов. Он также позволяет судить о природе проявлений подводной вулканической деятельности и рудообразовании в изученных регионах.

**Цель работы** – на основе современных технологий и интегрированного анализа данных геомагнитных исследований, эхолотного промера, непрерывного сейсмоакустического профилирования и геологического опробования изучить строение и эволюцию подводных вулканов островных дуг и окраинных морей западной части Тихого океана, определить формы, масштабы и продолжительность проявления подводной вулканической деятельности.

В соответствии с поставленной целью в процессе исследований выполнялось решение следующих задач:

- разработка и совершенствование методики комплексного изучения подводных вулканов;
- разработка технологии количественной интерпретации материалов модульной гидромагнитной съемки (ГМС) в комплексе с эхолотным промером, непрерывным сейсмоакустическим профилированием (НСП), анализом естественной остаточной намагниченности и химического состава драгированных горных пород;
- интерпретация оригинальных материалов геомагнитных исследований для изучения строения подводных вулканов и их эволюции;
- изучение особенностей, масштабов, формы и продолжительности проявления подводной вулканической деятельности в островных дугах и окраинных морях западной части Тихого океана.

**Научная новизна.** Впервые выполнены комплексные вулканологические исследования 125 подводных вулканов в западной части Тихого океана. Обнаружены современные подводные вулканы в Южно-Китайском море, островных дугах Кермадек и Курильской.

Разработана эффективная технология количественной интерпретации материалов ГМС в комплексе с эхолотным промером, НСП и анализом естественной остаточной намагниченности и химического состава драгированных горных пород для изучения строения подводных вулканов, позволяющая проводить интерпретацию непосредственно по исходным данным, не прибегая к некорректной процедуре их предварительного восстановления в узлах регулярной сети.

В результате внедрения разработанной технологии получены качественно новые данные о строении подводных вулканов островных дуг западной части Тихого океана. Выделены отдельные лавовые потоки, лавовые пробки, вершинные кальдеры. В окраинных морях выявлены зоны трещинных подводных излияний. Прослежена эволюция ряда изолированных вулканов, вулканических массивов и групп, оценены масштабы, форма и продолжительность проявления подводной вулканической деятельности. Получены оригинальные данные о величинах естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости драгированных пород.

На основе интегрированного анализа данных комплексных геолого-геофизических исследований, выполненных в рейсах НИС «Вулканолог», большого числа литературных источников и материалов из сети Интернет составлен «Каталог позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана» ([http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant\\_04/catalogue.html](http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/catalogue.html)), содержащий сведения о 316 подводных вулканах. С каталогом сопряжены данные об объемах 124-х вулканов, оригинальные данные о намагниченности пород 23-х и сведения о химическом составе пород 83-х подводных вулканов.

Создан web-сайт «Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане» ([http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant\\_04/index.html](http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/index.html)).

**Практическая значимость.** Изложенные в работе результаты геомагнитных исследований подводных вулканов включены в отчеты по теме ГКНТ и ФЦП «Мировой океан», представлены в монографиях «Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги» (1992), «Геотраверс Северо-Китайская равнина – Филиппинское море – Марианский желоб» (1992) и вошли составной частью в «Международный геолого-геофизический атлас Тихого океана» (2003).

Открытые в рейсах НИС «Вулканолог» современные подводные вулканы нанесены на различные навигационные карты и включены в различные каталоги.

Материалы ГМС, эхолотного промера и результаты геологического опробования, выполненные в пределах акватории Южных Курил, использованы Сахалинской геолого-разведочной экспедицией при составлении комплекта Государственной геологической карты масштаба 1:200000 Курильской серии, о чем имеется акт о внедрении.

Данные ГМС переданы в Международный центр данных и Центр океанографических данных. Материалы ГМС, выполненной в районах Кермадек и Соломоновой островных дуг переданы новозеландским ученым и ученым Соломоновых островов, а проведенные на акваториях Южно-Китайского и Новогвинейского окраинных морей – соответственно ученым Вьетнама и Папуа-Новой Гвинеи. Результаты геомагнитных исследований, выполненных в районе острова Сан-Бенедикто и в Центрально-Американском желобе, предоставлены мексиканским коллегам. Часть фактического материала, положенного в основу данной работы, передана в виде каталогов и карт для практического применения в ИЗМИРАН, СПБО ИЗМИРАН, ИМГиГ ДВО РАН, НИИГА, СТГЭ НПО «Севморгеология» и другие организации. Созданные каталог и web-сайт доступны широкому кругу пользователей.

### **Защищаемые положения**

1. Разработана эффективная технология количественной интерпретации материалов гидромагнитной съемки в комплексе с эхолотным промером, непрерывным сейсмоакустическим профилированием и анализом естественной остаточной намагниченности и химического состава драгированных горных пород, позволяющая проводить интерпретацию непосредственно по исходным данным, не прибегая к процедуре их предварительного восстановления в узлах регулярной сети.

2. Количественная интерпретация данных гидромагнитной съемки с помощью разработанной технологии обеспечивает выделение в пределах вулканических построек отдельных лавовых потоков, вершинных кальдер, лавовых пробок, а также дает возможность выявлять зоны трещинных излияний, оценивать масштабы, форму, продолжительность и, в ряде случаев, стадийность проявления подводной вулканической деятельности.

3. На основе интегрированного анализа данных комплексных геолого-геофизических исследований получена принципиально новая геолого-геофизическая информация о 316 подводных вулканах, включенных в «Каталог позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана», предоставляющая исследователям уникальные информационные возможности для изучения подводного вулканизма.

**Личный вклад автора.** В работе приводятся результаты, обработки данных ГМС, проведенной с борта НИС «Вулканолог» в период 1977-1991 гг. в 19-ти вулканологических экспедициях, в 14-ти из которых автор принимал непосредственное участие в различных должностях: от инженера до начальника экспедиции. Он активно участвовал в строительстве НИС «Вулканолог» и создании на его борту геомагнитной лаборатории. Принимал участие в открытии современных подводных вулканов в Южно-Китайском море, островных дугах Кермадек и Курильской. При участии автора одному из гайотов Магеллановых гор Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 февраля 2010

г. № 95 «О присвоении наименований географическим объектам в Тихом океане» присвоено официальное название «Вулканолог». Под руководством автора созданы «Каталог позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана» и web-сайт «Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане».

**Апробация работы.** Результаты выполненных исследований и основные положения работы докладывались и обсуждались на Всесоюзных семинарах «Фундаментальные проблемы морских электромагнитных зондирований» (Звенигород 1981, 1983 и 1990 гг.); Международном симпозиуме «Строение и динамика переходных зон» (Сочи, 1983 г.); Тихоокеанских школах по морской геологии (Владивосток, 1983 и 1987 гг.); на совещании «Гравитационные и магнитные поля Востока СССР и Тихого океана» (Хабаровск, 1983 г.); Всесоюзных вулканологических совещаниях (Тбилиси, 1980 г., Петропавловск-Камчатский, 1985 г., Иркутск, 1991 г.); Всесоюзной конференции «Корреляция геофизических полей Мирового океана» (Звенигород, 1985 г.); на 1-м Советско-Вьетнамском семинаре «Молодой вулканизм на территории СРВ» (Хошимин, 1982 г.); на 1-й Конференции по геологии Индокитая (Хошимин, 1986 г.); на 3-м Советско-Китайском симпозиуме «Геология, геофизика, геохимия и минеральные ресурсы окраинных морей Тихого океана» (Владивосток, 1989 г.); на 3-ем интернациональном совещании «Магнитные, электрические и электромагнитные методы в сейсмологии и вулканологии» (Москва, 2002); на международных конференциях «Современный вулканизм Курило-Камчатской, Японской и Алеутско-Аляскинской островных дуг» (Петропавловск-Камчатский, 1998 г.; Саппоро, 2006 г.; Анкорридж, 2009 г.); на сессиях международного семинара «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей» им. Д.Г. Успенского (Екатеринбург, 2006 г., Москва, 2007 и 2010 гг., Казань, 2009 г.); на Международном симпозиуме «Проблемы эксплозивного вулканизма» (Петропавловск-Камчатский, 2006); на Международных научных конференциях по морской геологии (Москва, 2007, 2009 гг.); на 3-ем Всероссийском Симпозиуме по вулканологии и палеовулканологии (Петропавловск-Камчатский, 2009 г.).

**Публикации.** Автором лично и в соавторстве по теме диссертации опубликовано 154 работы, из них три главы – в монографиях и один лист карты, 39 статей – в журналах, входящих в перечень ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из «Введения», пяти глав, «Заключения», пяти приложений и содержит 240 страниц основного текста, включая 143 рисунка. Библиографический список включает 468 наименований.

**Благодарности.** Диссертационная работа выполнена под руководством д.г.-м.н., профессора Г.П. Авдейко с которым автор участвовал во многих рейсах

НИС «Вулканолаг» и которому, пользуясь случаем, выражает свою признательность.

Особую благодарность автор выражает своим коллегам по экспедициям и соавторам д.г.-м.н. Н.И. Селиверстову и д.г.-м.н. А.В. Колоскову, а также д.г.-м.н. Д.М. Печерскому за критические замечания и ценные советы.

Искреннюю благодарность автор выражает своим соавторам и, в первую очередь, к.г.-м.н. В.И. Бондаренко, профессору, д.ф.-м.н. Ю.И. Блоху, к.т.н. А.А. Трусову, И.М. Романовой, А.А. Палуевой, П.С. Бабаянцу, д.ф.-м.н. А.С. Долгалю, д.г.-м.н. Ю.Г. Гатинскому, к.г.-м.н. О.Б. Селяннину, к.г.-м.н. Г.П. Пономареву, к.г.-м.н. А.Н. Иваненко, к.г.-м.н. Ю.В. Брусилловскому, д.г.-м.н. А.Г. Родникову, д.х.н. А.В. Дубинину, к.г.-м.н. А.И. Абдурахманову, д.г.-м.н. Г.А. Черкашеву, Л.П. Аникину, В.Е. Казаковой, Д.Р. Акмановой, П.Н. Новиковой.

Автор благодарит своих многочисленных коллег за плодотворную совместную работу, поддержку, ценные советы и критические замечания.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** диссертации сформулированы актуальность проблемы, изложены цели и задачи исследований, показаны научная новизна, практическая значимость и структура работы.

### **Глава 1. Краткий обзор состояния проблемы и методика работ**

Морская магнитометрия является одним из древнейших направлений в изучении магнитного поля Земли и геологического строения дна Мирового океана (Гордин, 2004), а гидромагнитная съемка играет существенную роль при комплексном исследовании подводного вулканизма. В последние 50 лет геомагнитные исследования подводных вулканов (гор) получили широкое распространение. Для аномального магнитного поля (АМП) Мирового океана характерно наличие четких локальных аномалий, приуроченных к подводным вулканам, имеющих амплитуду, достигающую 3000 нТл и горизонтальные градиенты, нередко превышающие 200 нТл/км. Отмечена хорошая корреляция АМП подводных вулканов с их современным рельефом. Наблюдаемые локальные аномалии представляют собой суперпозицию магнитного эффекта от самой вулканической постройки и ее глубинных корней. В областях проявления современного подводного вулканизма горные породы сильно дифференцированы по величине естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости.

Со времен пионерских исследований АМП подводных вулканов развиваются два взаимодополняющих направления. При палеомагнитном изучении на основе совместного анализа данных ГМС и эхолотного промера, вычисляется величина и направление вектора эффективной намагниченности, а затем координаты виртуальных палеомагнитных полюсов. Это позволяет оценить

динаты виртуальных палеомагнитных полюсов. Это позволяет оценить возраст образования вулканических построек, а при наличии данных об абсолютном возрасте пород, слагающих вулкан, проводить геодинамические реконструкции. При геолого-структурном изучении на основе геомагнитного моделирования и определения магнитных свойств драгированных пород исследуется строение подводных вулканов и их эволюция.

Первоначально вулканические постройки аппроксимировались вертикальными круговыми конусами и цилиндрами, или набором однородно намагниченных прямоугольных параллелепипедов (Вакье, 1976; Деменицкая и др., 1978; Talwani, 1965). Решалась прямая задача, которая сравнивалась с наблюдаемым магнитным полем. В последующие годы строились модели состоящие из блоков с различными величиной и направлением вектора намагниченности (Keating, Sager, 1980; Kodama, Ueda, 1979). Выполнялось совместное определение средней однородной и минимальной неоднородной намагниченности внутри вулканической постройки (Hildebrand, Parker, 1987; Parker, 1988; Parker et al., 1987), моделирование, основанное на решении обратной задачи по методу обобщенной линейной инверсии в комплексе с процедурой перепараметризации модели (Иваненко, 1993) и восстановление намагниченности по площади (Бонатти и др., 1997). С появлением современных технологий в последнее время появились новые пакеты программ 3D магнитного моделирования подводных вулканов (Бабанц и др., 2004, 2005; Блох и др., 2006; Blanco-Montenegro et al., 2008; Caratori Tontini et al., 2009; Cella et al., 2008; Koyama et al., 2008; Kubota, Uchiyama, 2005; Paoletti et al., 2008), позволяющие определять особенности строения вулканических построек.

В Тихом океане выполнен большой объем гидромагнитных исследований подводных гор (Брусиловский и др., 1992; Городницкий, 1985; Горшков и др., 1980; Жигулев и др., 1988; Рашидов, 1996; 2001б, 2005, 2006, 2007, 2009а, 2009б; Рашидов, Гавриленко, 2002; Рашидов и др., 1981, 2002, 2003, 2009; Родников и др., 2007; Селиверстов, 1998; 2009; Francheteau et al., 1970; Honsa, Tamaki, 1985; Tae-Gook et al., 2003; Ueda S., 1966; Ueda Y., 2004, 2007; Ueda, Richards, 1966; Ueda et al., 2008; Vacquier, Yamazaki et al. 1991).

В результате 15-ти летних исследований подводного вулканизма Тихого океана с борта НИС «Вулканолог» была разработана эффективная методика изучения современного подводного вулканизма, исследовано большое количество подводных вулканов, выявлены определенные критерии обнаружения неизвестных вулканических объектов геофизическими и гидрохимическими методами исследований. Детально изучены позднекайнозойские подводные вулканы Новогвинейского и Южно-Китайского окраинных морей, Кермадек Соломоновой, Марианской, Идзу-Бонинской, Курильской островных дуг, южной части Командорской котловины, «горячей точки» Сокорро и меловые гайоты Магеллановых гор (рис. 1).

В комплекс вулканологических исследований входили эхолотный промер, НСП, ГМС и драгирование. На первом этапе на ходу судна выполнялись профильные или полигонные геофизические исследования, а на втором – в выбранных точках обрабатывались станции драгирования.

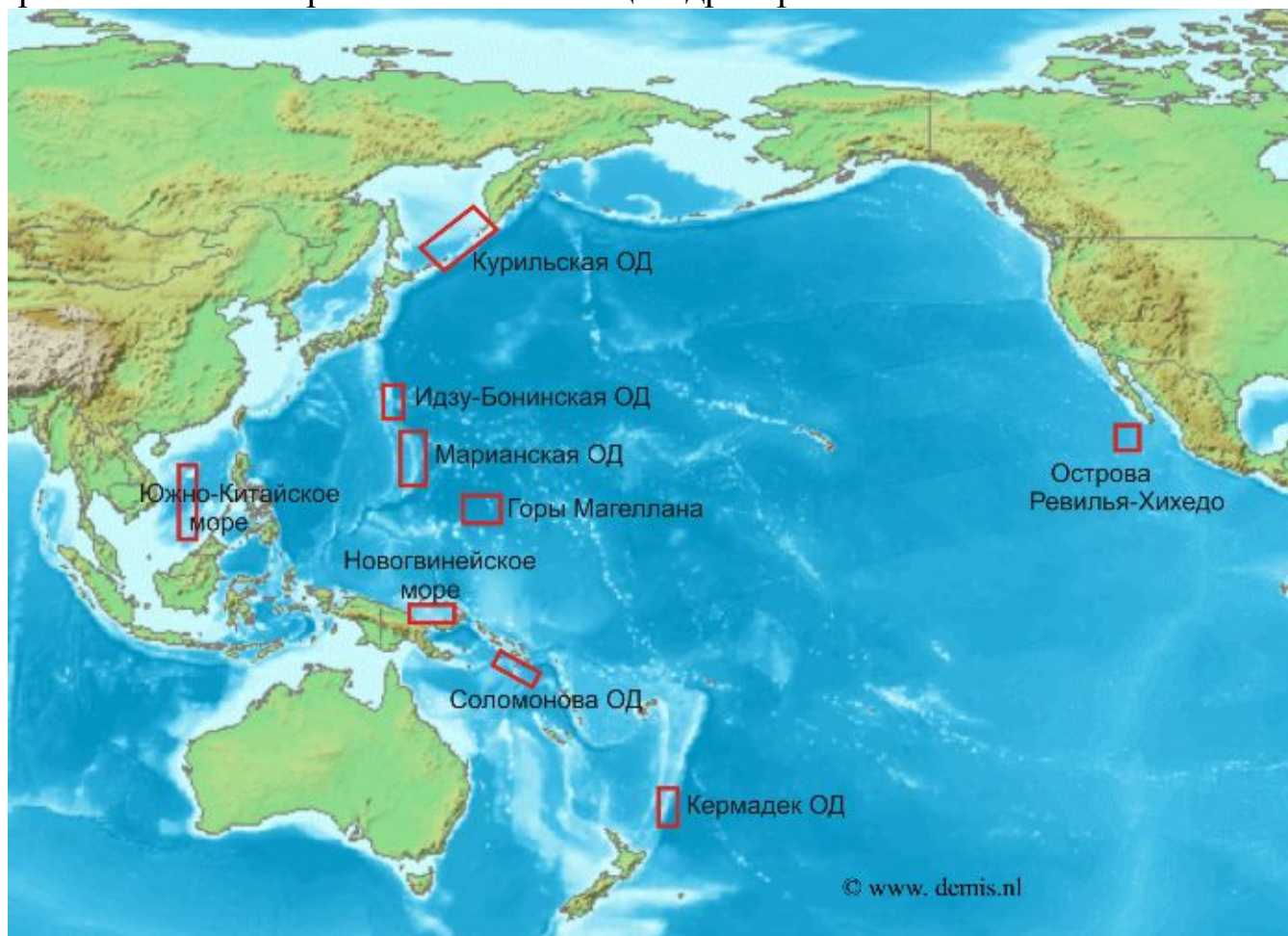


Рис. 1. Районы исследований проявлений подводного вулканизма в Тихом океане с борта НИС «Вулканолог».

Полигонные геофизические исследования выполнялись при скорости судна от 1-2 до 7-11 узлов. Измерения проводились по ортогональной сети профилей, по сети профилей, пересекающихся под различными углами, или по системе галсов «звезда». Сети профилей выбирались с учетом задач, стоящих перед комплексными вулканологическими исследованиями и наращивалась при проведении последующих работ на изучаемых объектах. К большому сожалению, часто сети съемочных профилей оказывались нерегулярными, а их плотность редкой. Драгирование проводилось на малых скоростях судна.

Использовалась единая служба судового времени, позволявшая синхронизировать работу всей регистрирующей аппаратуры и приводить результаты измерений к единым координатам времени и пространства. Навигационная привязка геофизических профилей и геологических станций осуществлялась с помощью судовых радиолокаторов и спутниковой навигационной системы. Эхолотный промер проводился глубоководным и рыбопоисковым эхолотами.

НСП проводилось в одноканальном варианте в модификации метода центрального луча с применением электроискрового источника типа «спаркер». Драгирование проводилось с помощью цилиндрических драг.

ГМС абсолютного значения (модуля) полного вектора индукции магнитного поля Земли осуществлялась квантовым магнитометром КМ-2 и протонным магнитометром ПМИВ, стендовая точность которых была не ниже 1-2 нТл. В наблюдаемые значения магнитного поля вводилась поправка за девиацию, которая во время проведения вулканологических исследований не превышала 10-12 нТл. Косвенный учет вариаций осуществлялся путем проведения контрольных замеров на прямом и обратном курсах, а также путем анализа невязок в точках пересечения опорных и секущих маршрутов. Среднеквадратическая погрешность во время проведения ГМС на полигонах не превышала 7-10 нТл, а в аномальных зонах – 18-22 нТл.

При проведении съемки по нерегулярным сетям в них образуются лакуны. Часто материалы подобных съемок для построения карт и интерпретации полученных данных предварительно редуцируют на регулярную сеть, что, строго говоря, является некорректной процедурой. Для этого используется множество различных способов редуцирования, каждый из которых обладает своими специфическими недостатками. Каждый из алгоритмов продуцирует свою сеть значений, причем получаемые сети довольно заметно различаются даже в рамках одной модификации редуцирования при изменении параметров (Блох, 2009).

На рис. 2 показаны различия, полученные при редуцировании данных ГМС, выполненной по редкой и нерегулярной сети на подводном вулкане б.1 в пределах КОД, на квадратную сеть с помощью методов «обратного расстояния» и «минимальной кривизны».

Из анализа рисунка следует, во-первых, что размах разностных значений составляет примерно четверть размаха самой аномалии. Во-вторых, четко проявляется то, что южный минимум интерполированного поля на несколько километров смещается по горизонтали в зависимости от способа интерполяции. Локальные же аномалии на интерполированной карте в данном случае вообще определяются не столько наблюдаемыми значениями, сколько выбором способа интерполяции. Следует отметить, что ошибка интерполяции значительно превышает среднеквадратическую погрешность съемки.

Переход от исходных сетей к интерполированным, особенно, в случае нерегулярных редких сетей, приводит к серьезным ошибкам в интерпретации (Блох, 2009). Дело в том, что большинство встречающихся на практике обратных задач являются неустойчивыми, и, зачастую, даже бесконечно малая погрешность, внесенная в исходные данные, может губительно сказаться на результатах. Это непосредственно относится и к рассматриваемым погрешностям интерполяции.

Для интерпретации материалов, полученных на нерегулярных редких сетях наблюдений, разработана технология количественной интерпретации материалов ГМС в комплексе с эхолотным промером, НСП и анализом естественной остаточной намагниченности и химического состава драгированных горных пород, позволяющая проводить интерпретацию непосредственно по исходным данным, не прибегая к некорректной процедуре их предварительного восстановления в узлах регулярной сети.

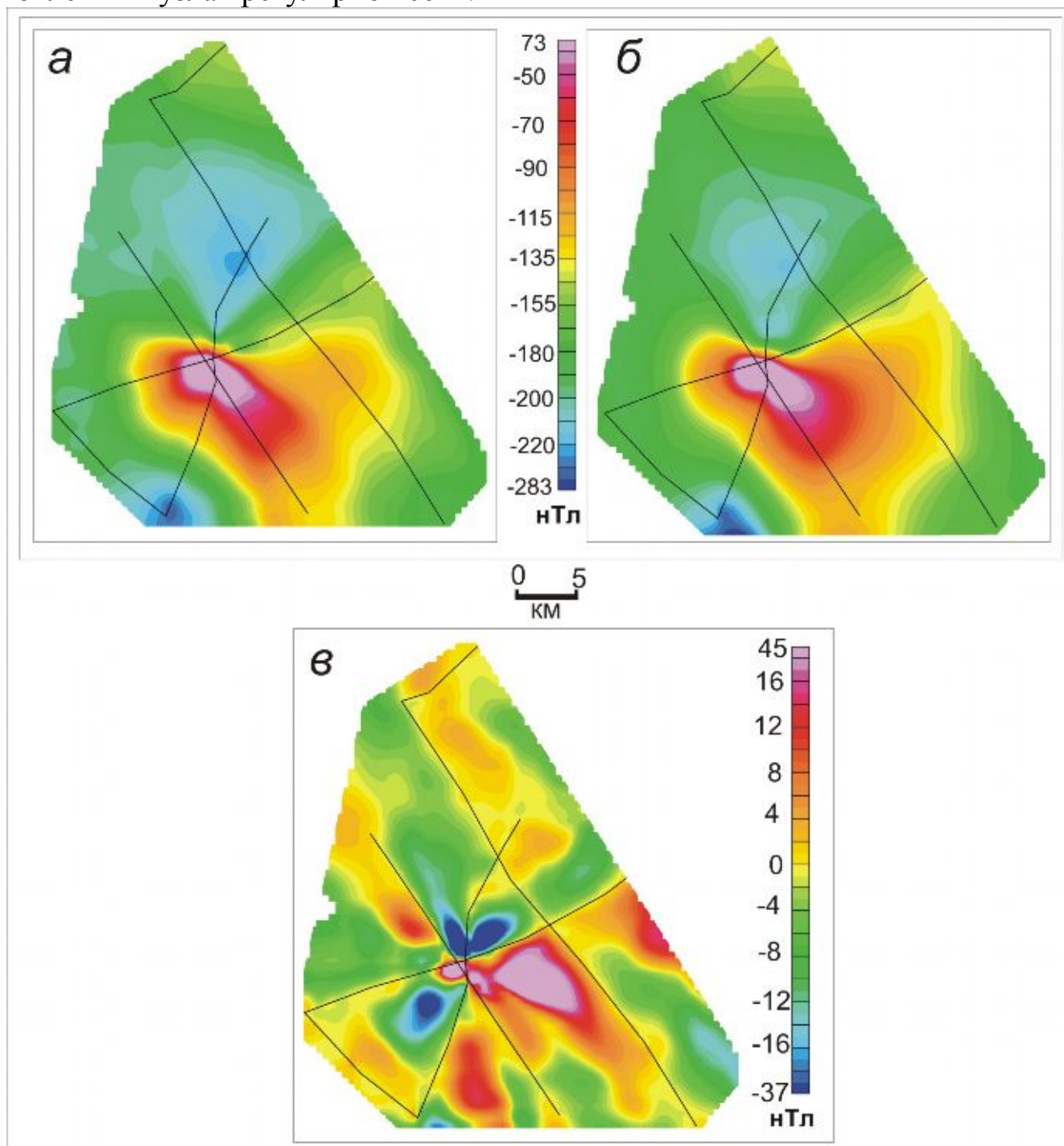


Рис. 2. Карты аномального магнитного поля ( $\Delta T$ ) а подводного вулкана б.1, полученные при редуцировании в одни и те же точки квадратной сети методами «обратного расстояния» (а), и «минимальной кривизны» (б); карта разностных значений (в). Съемочные галсы показаны сплошными линиями.

Технология состоит в применении методов особых точек с помощью интегрированной системы СИНГУЛЯР (Блох, 2009; Блох и др., 1993) и 2.5D моделирования (Лойтер и др., 1986) на отдельных галсах и последующего 3D моделирования с мощностью программ пакета структурной интерпретации СИГМА-3D (Бабаянц и др., 2003а; 2003б; 2004; 2005) по всему массиву исходных данных на базе модели субгоризонтального слоя с латерально изменяющейся намагниченностью.

Применяемые комплекс исследований и технология количественной интерпретации оказались весьма эффективными при изучении подводных вулканов западной части Тихого океана. Комплексование различных геолого-геофизических методов позволило уменьшить неоднозначность решения обратной задачи и построить наиболее реалистичные геомагнитные модели.

## **Глава 2. Геомагнитные исследования подводных вулканов островных дуг Кермадек, Соломоновой, Марианской и Идзу-Бонинской**

По наличию интенсивной магнитной аномалии, достигающей 3300 нТл, акустических помех, зафиксированных на записях эхолота, и гидрохимических аномалий при обследовании безымянной банки на восточном окончании хребта Кертис в **островной дуге Кермадек**, был обнаружен действующий подводный вулкан **Вулканолог** (Гавриленко, 1984, 1997; Рашидов, 1996, 2005). 2.5D магнитное моделирование показало, что постройка вулкана сложена породами дациандезитового состава и лишь сверху перекрыта маломощной коркой органического известняка.

В пределах **Соломоновой островной дуги** установлено наличие подводного вулкана, расположенного к югу от о. Симбо, отсутствие предполагаемого подводного вулкана **Кук** и исследована подводная **вулканическая группа Ковачи** (Бондаренко, 1983; Ладыгин и др., 2005; Рашидов, Гавриленко, 2002; Рашидов и др., 2002;). Из четырех построек группы Ковачи действующим является собственно вулкан Ковачи. АМП северо-западного, северного и северо-восточного подводных вулканов обусловлено аномалеобразующими телами, расположенными в интервале глубин 1-2.2 км, а аномальное магнитное поле вулкана Ковачи – телами в интервале глубин 0.4-1.2 км. Начиная с 1939 г., вулкан Ковачи извергался 30 раз (Рашидов и др., 2002).

При изучении активных подводных вулканов **Марианской островной дуги** установлено, что подводному **вулкану Эсмеральда** соответствует дипольная аномалия магнитного поля ( $\Delta T$ )а ЮЗ простирания интенсивностью более 1000 нТл, а эффективная намагниченность постройки составляет 5-8 А/м (Горшков и др., 1980; Рашидов и др., 1981). На вершине вулкана расположен четко выраженный, кратер, а на северо-восточном склоне – подводные фумаролы (Гавриленко, 1997; Гавриленко и др., 1980; Горшков и др., 1980; Рашидов и др., 1981; Селиверстов, 1987; Gorshkov et al., 1982). Постройка вулкана сложена,

преимущественно, порфировыми базальтами и андезибазальтами, а афировые базальты, обладающие высокой естественной остаточной намагниченностью, достигающей 199 А/м, характерны лишь для последних извержений и создают локальные аномалии в прикратерной части. В истории вулкана выделяются два этапа: эффузивный и эксплозивный.

К привершинной части вулканической постройки подводного **вулкана Фукудзин** приурочены локальные дипольные аномалии магнитного поля субмеридионального простирания интенсивностью от 650 до 2100 нТл, которые, как показало 2.5D магнитное моделирование, обусловлены соммой. Внутри соммы вырос конус, а фумарольная активность наблюдается и на ССЗ привершинной части вулкана (Рашидов, 2001б). На ранних этапах эруптивной деятельности извержения были, в основном, эффузивными, а в последнее время преобладают эксплозивные извержения.

Магнитная аномалия, превышающая 3000 нТл, отмеченная над вершиной **подводного вулкана Минами-Хиоси**, как показало 2.5D магнитное моделирование, создается телом, имеющим объем 0.17 км<sup>3</sup>, располагающимся в привершинной части постройки в интервале глубин 150-600 м и представляющим собой, скорее всего, лавовую пробку (Рашидов, 2001б). На вулкане на глубине 100-120 м выявлено поднятие с активными фумаролами.

Для четвертичной **подводной вулканической группы Софу** (Идзу-Бонинская островная дуга) характерны дипольные изометрические аномалии ( $\Delta T$ ) субширотного простирания амплитудой 950-1050 нТл, тяготеющие к вулканическим постройкам. 3D магнитное моделирование позволило предположить, что вулканические постройки группы образовались в момент экскурса геомагнитного поля, а их возраст не древнее 700 тысяч лет (рис. 3).

Глубоководная стадия развития вулканической группы Софу характеризуется базальтовым вулканизмом, промежуточная – андезибазальтовым, а мелководная – эксплозивно-эффузивным дациандезитовым (Рашидов и др., 1981; Рашидов, Сапожников, 2001).

### **Глава 3. Геомагнитные исследования подводных вулканов Курильской островной дуги**

В пределах Курильской островной дуги (КОД) выделено 8 вулканических зон, которые находят свое отражение в структуре аномального магнитного поля, и 116 подводных вулканов и гор (Авдейко и др., 1992, 2005; Бондаренко и др., 1994; Бондаренко, Рашидов 2003а, 2004, 2006, 2008). Большая часть вулканических построек намагничена по направлению современного магнитного поля. Интенсивность аномалий, наблюдаемых над подводными вулканами, изменяется от 70 до 1000 нТл. В пределах КОД в рейсах НИС «Вулканолог» изучено 109 подводных вулканов.

Применение разработанной технологии количественной интерпретации материалов ГМС при изучении подводных вулканов КОД показало, что АМП

плосковершинного подводного вулкана **Крылатка** обусловлено его современным рельефом (Бабаянц и др., 2005; Блох и др., 2010; Рашидов, Бондаренко, 2004). Вероятно, породы, слагающие центральную часть вулканической постройки в интервале глубин 180-700 м, подверглись значительным гидротермальным изменениям и, в результате этого, произошло уменьшение их намагниченности.

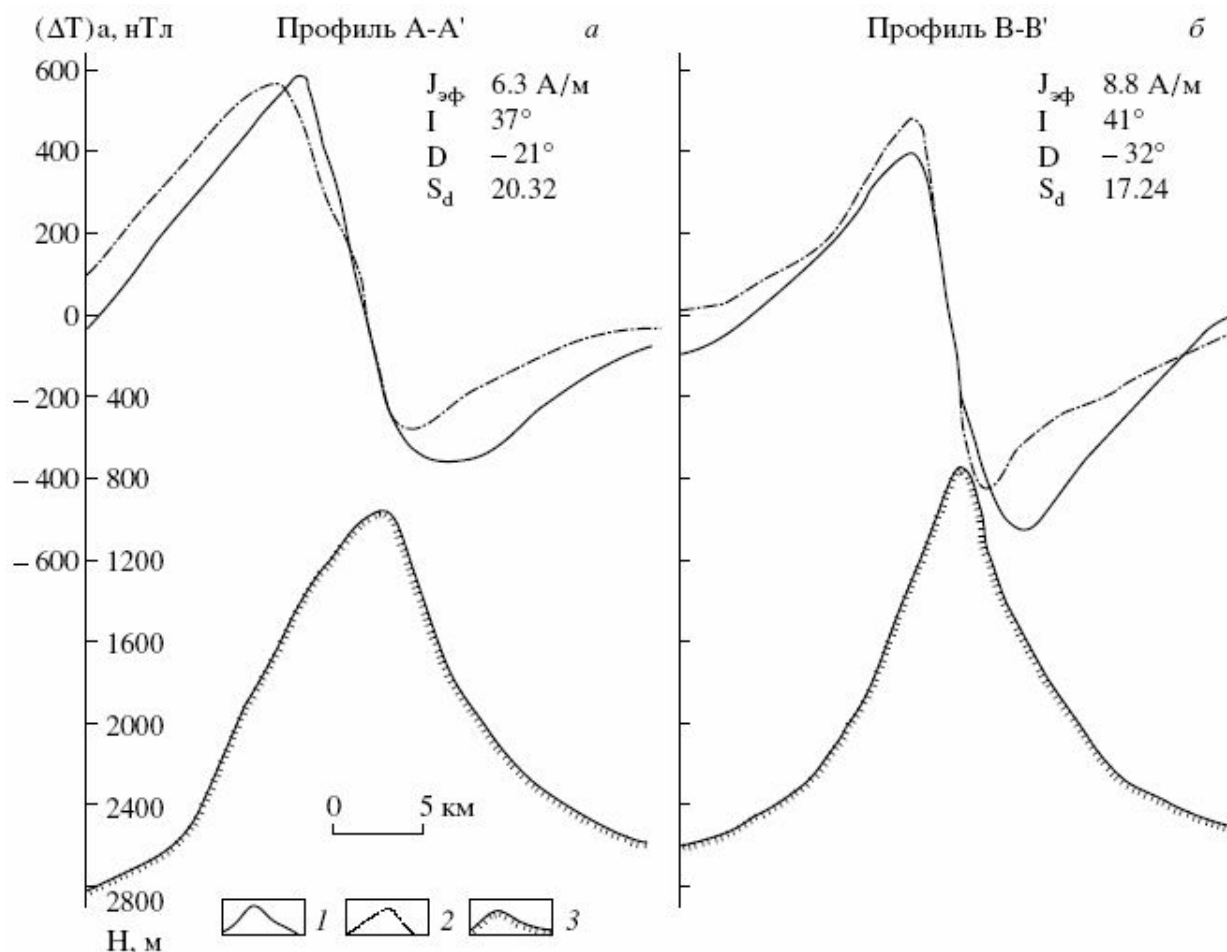


Рис. 3. 3D магнитное моделирование подводной вулканической группы Софу: *а* – западный конус; *б* – западная вершина двухвершинной горы. 1, 2 – графики магнитного поля, соответственно, аномального и модельного; 3 – рельеф вулканической постройки.  $J_{эф}$  – эффективная намагниченность;  $I$  – наклонение;  $D$  – склонение;  $S_d$  – среднеквадратическое отклонение.

Возможно, что этот слабо намагниченный блок представляет собой вершинную кальдеру, заполненную продуктами разрушения верхней части постройки и галечником. Следует отметить достаточно хорошее совпадение результатов 2.5D и 3D моделирования, хотя в трехмерном случае модель становится более дифференцированной и отражает тонкие детали внутреннего строения вулкана. На СЗ склоне в привершинной части постройки в интервале глубин 330-530 м подняты железомарганцевые корки гидротермального генезиса (Авдейко и др., 1992; Гавриленко, 1997; Glasby et al., 2006). На записях эхолотных промеров в рейсах НИС «Вулканолог» в 1983, 1987 и 1989 гг. в

центре плоской вершины вулкана в интервале глубин 210-250 м отмечены акустические аномалии в водной толще, которые могут быть вызваны фумарольной деятельностью (Рашидов, Бондаренко, 2004).

Излияние лавовых потоков плосковершинного подводного **вулкана Берга** происходило в привершинной части западного склона постройки (Блох и др., 2008). Судя по величине эффективной намагниченности, превышающей 9 А/м, и результатам драгирования (Остапенко, 1978; Остапенко, Кичина, 1977) эти потоки сложены, скорее всего, базальтами и изливались, вероятнее всего, уже в подводных условиях.

В **вулканическом массиве Черных Братьев** выявлены кальдера Горшкова и Внешняя кальдера Горшкова (Бондаренко, Рашидов, 2003а, 2003б). В эволюции массива выделено пять этапов: древний докальдерный, древний кальдерный, межкальдерный, молодой кальдерный и современный посткальдерный. В пределах массива на записях эхолота были обнаружены многочисленные акустические аномалии, которые, вероятнее всего, вызваны подводной газогидротермальной активностью.

На СВ и ЮЗ островершинного **вулкана Юбилейный** выделено две вершины, а на склонах вулкана – 7 побочных лавовых конусов. Вершины вулкана и побочные конусы характеризуются повышенными значениями намагниченности, что свидетельствует об однотипности слагающих их пород. Вулкан имеет молодой, возможно голоценовый, возраст (Бабаянц и др., 2005; Блох и др., 2010). Сделано предположение о нахождении на глубине ~ 3.5 км возможной магматической камеры.

АМП подводного вулкана **к западу от острова Райкоке** обусловлено как составляющей, связанной с современным рельефом, так и глубинными корнями вулкана (Бондаренко и др., 2003; Брусиловский и др., 2004).

Интенсивность аномалий, приуроченных к ЮЗ и СВ постройкам подводного вулканического **массива Эдельштейна**, достигает, соответственно, 1060 и 850 нТл (рис. 4). Максимальный градиент магнитного поля, равный 350 нТл/км, приурочен к привершинной части СЗ склона СВ вулканической постройки. АМП вулканического массива Эдельштейна обусловлено, в основном, его современным рельефом (Рашидов, Бондаренко, 2003). СВ постройка имеет «юго-восточное» направление подводящего канала (Блох и др., 2010), а ЮЗ постройка – «юго-западное».

АМП плосковершинного подводного **вулкана Смирнова** обусловлено его постройкой. Вулканическая постройка сложена высококалиевыми амфиболсодержащими андезитами (Рашидов, 2001; Рашидов, Бондаренко, 1998). Сделано предположение о наличии возможной магматической камеры на глубине немногим более 2 км (Блох и др., 2010).

АМП подводного островершинного подводного **вулкана Белянкина** (рис. 5) обусловлено его постройкой, сложенной довольно однородными породами, что хорошо согласуется с данными геологического опробования (Авдейко и

др., 1992; Кичина, Остапенко, 1977; Рашидов, 2001; Рашидов, Бондаренко, 1998). Основание вулкана, по-видимому, начало формироваться в плиоцене, а основная часть постройки сформировалась в плейстоцене. Естественная остаточная намагниченность пород, слагающих вулканическую постройку, изменяется в пределах 10-29 А/м, а Q-фактор – в пределах 5.5-16. Сделано предположение о наличии возможной магматической камеры на глубине 4 км (Блох и др., 2010).

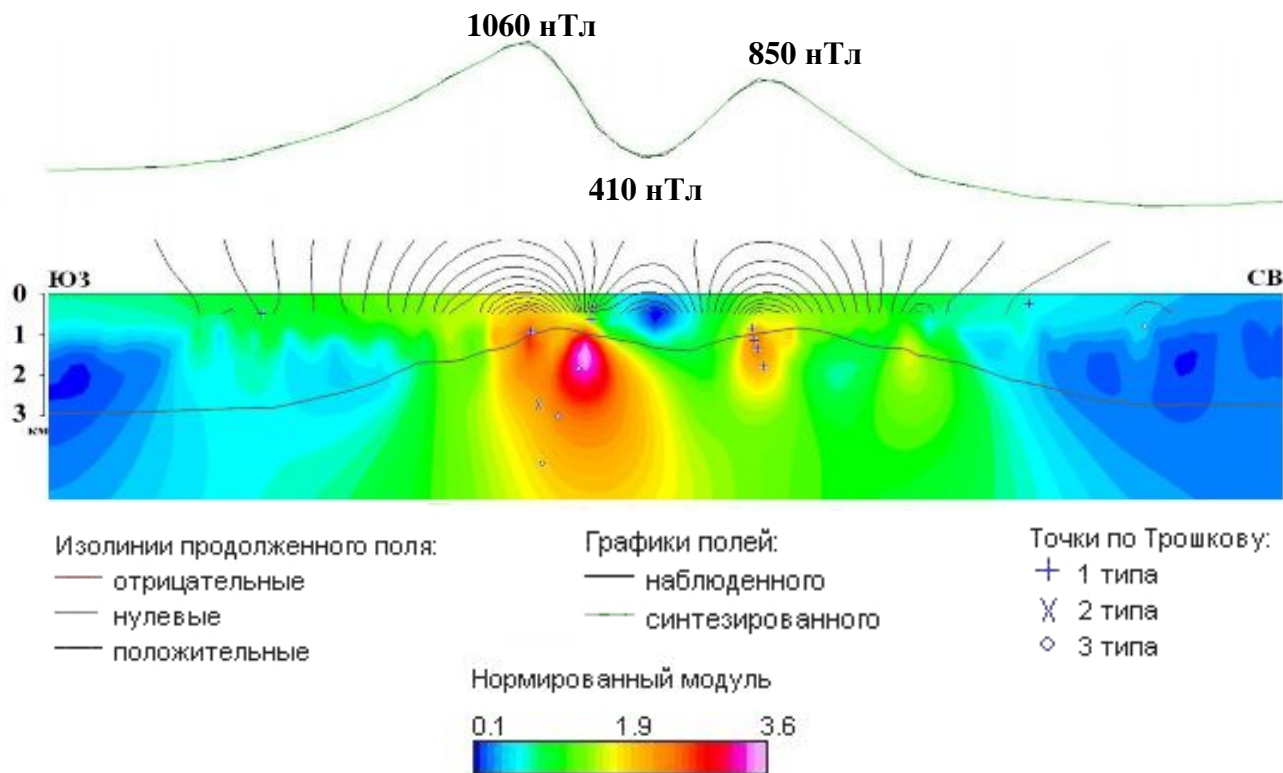


Рис. 4. Изображение, синтезированное системой СИНГУЛЯР для локализации особых точек функции, описывающей аномальное магнитное поле ( $\Delta T$ ) подводного вулканического массива Эдельштейна, с наложенным рельефом дна по данным эхолотных промеров.

Островершинный **подводный вулкан 1.4** был открыт в 1989 в 34-м рейсе НИС «Вулканолог» (Рашидов и др., 1992). Установлено, что наибольшая эффективная намагниченность отмечена на СЗ склонах постройки, на глубинах 1100-1200 м, где расположен активный вулканический центр (Бабаянц и др., 2006; Блох и др., 2007). Возраст образования вулкана находится в интервале 0.4-0.7 млн. лет (Бондаренко и др., 1994). Сделано предположение о наличии подводящего канала, имеющего «юго-западное» направление (Блох и др., 2010).

Данные детальных геофизических исследований в районе **погребенной подводной вулканической зоны к западу от о. Парамушир** позволили идентифицировать четыре подводных вулкана, которые отчетливо отражаются в магнитном поле наличием локальных аномалий интенсивностью 110-480 нТл. В пределах зоны выделены две вспышки магматической активности: неогеновая и позднеплиоценовая или четвертичная (Бондаренко, Рашидов, 2006).

**Вулканический массив Алаид** размером  $23 \times 30$  км состоит из острова-вулкана Алаид (о. Атласова) и подводного вулкана Григорьева.

В XX веке произошли последние извержения вулкана *Алаид*: латеральные – в 1933-1934 гг. Такетоми и в 1972 г. прорыв Олимпийский, а также в 1981 г. – терминальное. На вулкане Алаид обнаружено 36 паразитических кратеров со шлаковыми конусами, расположенных как у основания вулкана, так и на его склонах и сконцентрированных в нескольких группах (Абдурахманов и др., 1978; Горшков, 1967).

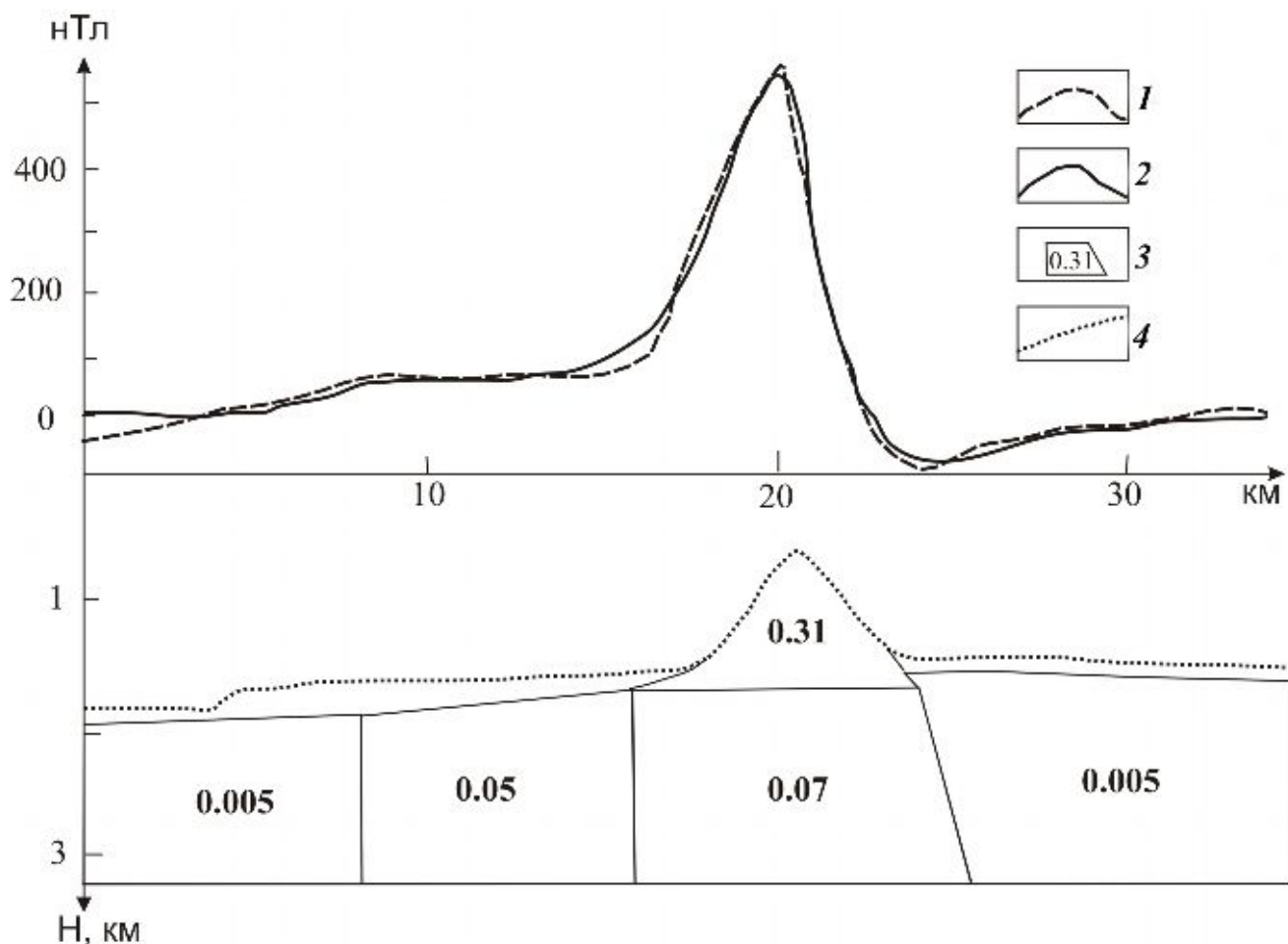


Рис. 5. 2.5D моделирование подводного вулкана Белянкина: 1, 2 – графики магнитного поля, соответственно, аномального и модельного; 3 – аномалеобразующие тела и значение эффективной намагниченности для них в А/м; 4 – поверхность дна.

Вершина подводного *вулкана Григорьева* срезана абразией и сивелирована до уровня 120-140 м (рис. 6), что практически соответствует положению уровня моря в позднем плейстоцене.

В З и ЮЗ частях вершины отмечены скальные выступы, поднимающиеся до глубин 50-55 м (Авдейко и др., 1992; Бабаянц и др., 2005; 2006; Блох и др., 2005, 2006). Возможно, они являются отпрепарированным некком, а может быть, образовались после формирования вершины и представляют голоценовые экструзии или небольшие лавовые постройки. На ЮЗ склоне вулкана на

глубинах 750-230 м отмечена цепочка скальных выступов СВ простирания, которые, вероятно, также являются экструзивными или лавовыми куполами.

Естественная остаточная намагниченность драгированных базальтов изменяется в диапазоне 1.47-28.45 А/м.

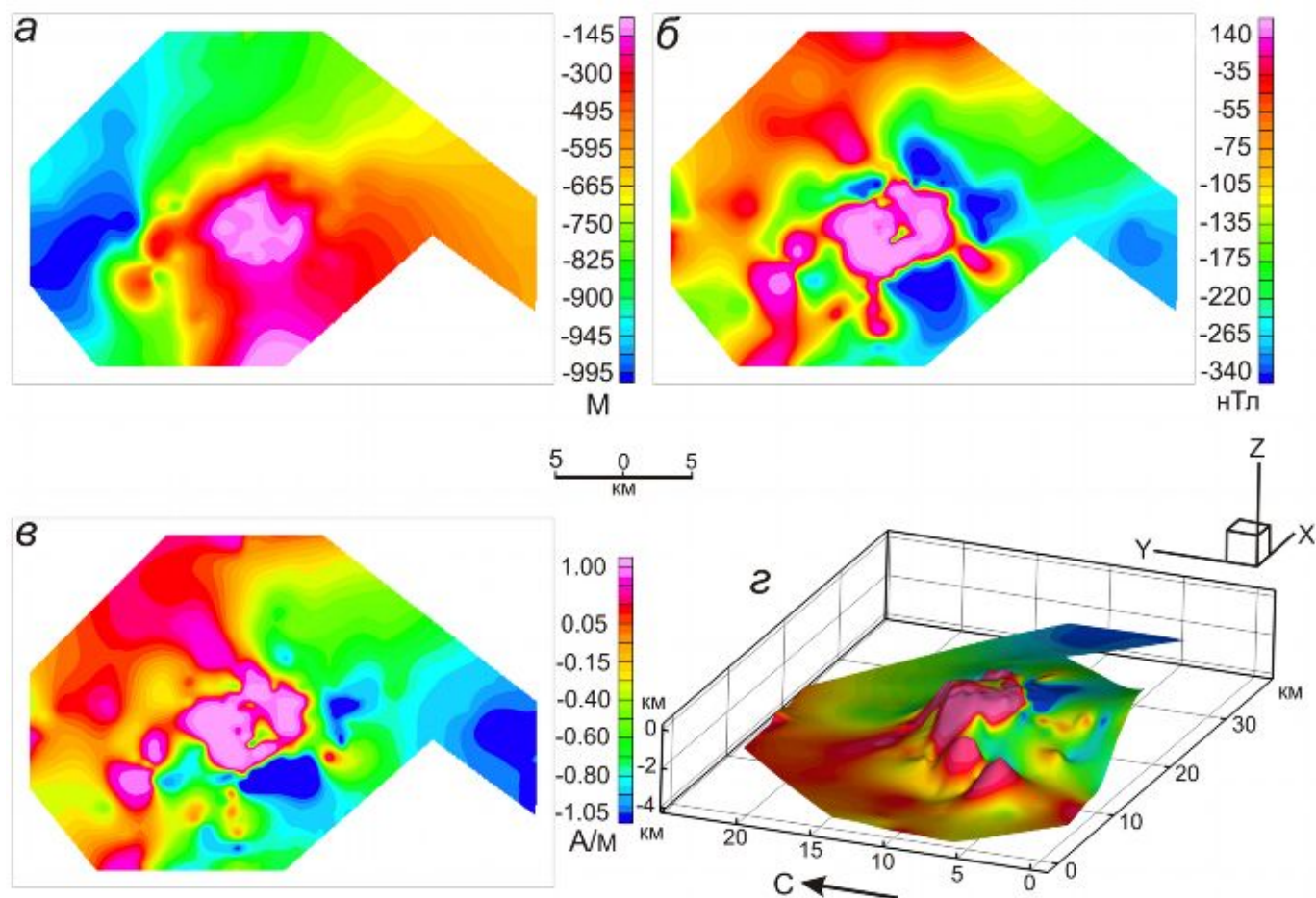


Рис. 6. 3D магнитное моделирование подводного вулкана Григорьева: *а* – батиметрия; *б* – аномальное магнитное поле ( $\Delta T$ ); *в* – распределение эффективной намагниченности вулкана; *г* – распределение эффективной намагниченности, изображенное на поверхности вулкана.

Установлено, что эффективная намагниченность отмеченных скальных выступов (рис. 6) сопоставима с намагниченностью самой постройки подводного вулкана Григорьева (Бабаянц и др., 2005; 2006; Блох и др., 2005, 2006). Это указывает на их лавовую природу, а отмеченные неоднородности рельефа действительно являются лавовыми куполами, развитыми вдоль радиальной трещины СВ простирания. С большой долей вероятности, можно предположить, что вся постройка подводного вулкана Григорьева сложена однотипными высокоглиноземистыми базальтами.

Сделано предположение о наличии на глубине  $\sim 1-1.5$  км возможных магматических камер и о субвертикальном направлении подводящих каналов (Блох и др., 2010). Подводный вулкан Григорьева является самостоятельным вулканическим сооружением (Блох и др., 2005, 2006), а не боковым конусом

вулкана Алаид, как предполагалось ранее (Абдурахманов и др., 1978; Безруков и др., 1958; Горшков, 1967) и, возможно, является потенциально активным.

Наличие множества побочных конусов и куполов является характерным отличием вулканического массива Алаид от большинства остальных массивов и одиночных вулканов КОД.

В КОД на долю островершинных подводных вулканов приходится 56%, а 44% – на долю плосковершинных. Суммарный объем подводных вулканов КОД по минимальным оценкам составляет 9151 км<sup>3</sup>.

#### **Глава 4. Геомагнитные исследования подводного вулканизма окраинных морей**

В центральной части **Новогвинейского моря** в пределах рифтоподобной структуры субширотного простирания выявлены трещинные подводные излияния базальтов. К этой структуре приурочена зона интенсивных знакопеременных магнитных аномалий, амплитуда которых достигает 2000 нТл (Горшков и др., 1983, 1984; Сузюмов, 1977; Connely, 1976). Естественная остаточная намагниченность драгированных базальтов достигает 127 А/м, и они являются источником отмеченных магнитных аномалий.

В результате 2D магнитного моделирования выявлены изолированные тела, имеющие как прямое, так и обратное намагничение и представляющие собой базальтовые покровы. Совокупность полученных данных позволяет выделить зону проявлений современного вулканизма в пределах широт 2°27' ю.ш. – 3°06' ю.ш. Базальтовые покровы проявляются на площади не менее 10000 км<sup>2</sup>. Объем излившихся лав составляет 3000 км<sup>3</sup>.

В период с 1977 по 1987 гг. было выполнено семь экспедиций на НИС «Вулканолог» на акватории ~ 70000 км<sup>2</sup>, направленных на изучение позднекайнозойского вулканизма на шельфе **Южно-Китайского моря**. Молодой вулканизм на ранних этапах носит площадной покровный характер, а для позднего этапа характерны многочисленные мелкие центры вулканической деятельности (ареальный вулканизм). Ранним этапам свойственны толеитовые и субщелочные базальты, а позднему этапу – щелочные оливиновые базальты (Гатинский, 1980; Колосков и др., 1987). Ранние этапы вулканизма связаны с разломами СЗ и СВ направлений, а поздний – с субмеридиональными разломами.

В результате проведенных исследований установлено, что на шельфе Южно-Китайского моря в пределах западной краевой части субмеридионального линеамента (108-110° в.д.) позднекайнозойский подводный вулканизм фрагментарно проявляется на расстоянии > 700 км. Продукты его деятельности распространены на площади ~ 3400 км<sup>2</sup>. По полученному критерию поиска участков проявления современной подводной вулканической деятельности – появлению высокочастотных знакопеременных участков на фоне спокойного магнитного поля (Рашидов, 1991) выявлены три участка позднекайнозойской подводной вулканической деятельности. На двух из них вулканизм проявляет-

ся и на островах (Горшков и др., 1991; Колосков и др., 1987, 2003; Надежный, 1986; Рашидов, 1997).

В пределах **подводной вулканической зоны в районе островов Тху-Катуик** обнаружено несколько десятков современных вулканов, имеющих диаметры оснований 0.5-3 км и высоту 40-200 м. Около 20 из них – погребенные. Вулканическая зона по данным ГМС протягивается в субмеридиональном направлении на 80-90 км при ширине 10-25 км. Площадь зоны ~ 1600 км<sup>2</sup> (Рашидов, 1997). Над зоной отмечена область высокочастотных знакопеременных магнитных аномалий амплитудой от 50 до 500 нТл, резко контрастирующая с окружающим спокойным АМП. Источником таких аномалий могут быть только вулканогенные породы. Оси корреляции магнитных аномалий имеют преобладающее субмеридиональное, а также подчиненное СЗ простирание и пространственно совпадают с магмовыводящими разломами субмеридионального и СЗ простираний. Корреляция между рельефом и магнитными аномалиями наблюдается как по данным ГМС, так и по данным спутниковых измерений (Колосков и др., 2003). В пределах зоны идентифицированы покровы базальтов, лавовые и шлаковые конусы, разноглубинные субвулканические тела. Отмечены как прямо, так и обратно намагниченные тела, что свидетельствует об их сравнительно длительном образовании. Объем вулканитов и их интрузивных аналогов в верхней 500-метровой толще составляет ~ 20 км<sup>3</sup>.

В пределах **вулканической зоны в районе островов Ре-Бобай** отмечен вулканизм двух типов: ареальный (Колосков и др., 1987) и более древний – покровный. Эта зона также четко выделяется по приуроченным к ней высокочастотным знакопеременным магнитным аномалиям (Колосков и др., 2003а, 2003б; Рашидов, 1997). Она протягивается от побережья Вьетнама мористее на расстояние от 24 до 36 км и вытянута в субмеридиональном направлении на 60 км. Площадь зоны ~ 1650 км<sup>2</sup>. Наиболее благоприятными для магмовыделения являются разрывные нарушения субмеридионального и СЗ направлений.

**Южный участок проявления подводной вулканической деятельности** был обнаружен при проведении ГМС над банкой с отметкой «-34.5 м», расположенной на расстоянии около 85 км к югу от о-вов Катуик, (Горшков и др., 1991; Рашидов, 1997). Обнаруженный подводный вулкан имеет высоту ~ 100 м и диаметр основания ~ 1 км.

## **Глава 5. Обобщение и систематизация материалов исследований, и представление их в сети Интернет**

Проведенные исследования показали высокую эффективность применения комплексных исследований на НИС «Вулканолаг» для изучения подводных вулканов островных дуг и окраинных морей западной части Тихого океана. В экспедициях получены материалы высокого качества, о чем свидетельствует идентичность сопоставления разномасштабных карт АМП и батиметрических карт подводных вулканов Минами-Хиоси, Фукудзин, Эсмеральда,

вулканической группы Софу, гайотов Вулканолог и Коцебу, построенных по оригинальным данным, с картами, построенными отечественными, японскими и американскими учеными (Рашидов, 2001б, 2005, 2006; Рашидов и др., 1981, 2003, 2009; Рашидов, Сапожников, 2001; Удинцев и др., 2003; Baker et al., 1996; Bloomer et al., 1989; Jackson, Fryer, 1991; Martinez et al., 1995; Smoot, 1988; Yamazaki et al., 1991).

В результате обобщения, систематизации и интегрированного анализа полученных данных установлено, что в пределах островных дуг преобладают излияния центрального типа. Подводные вулканы, представляющие собой изолированные постройки, массивы и группы, отчетливо проявляются в АМП наличием локальных аномалий, приуроченных к вулканическим постройкам. Амплитуда их может достигать 3000 нТл, а горизонтальный градиент поля нередко превышает 200 нТл/км. В окраинных морях выявлены подводные вулканические зоны, в пределах которых преобладают трещинные излияния. Выделенные зоны хорошо прослеживаются по интенсивным знакопеременным аномалиям магнитного поля (Горшков и др., 1984; Рашидов, 1997; 2007).

Горные породы, слагающие подводные вулканы, оказались сильно дифференцированными по величине естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости.

На базе «Каталога подводных вулканов Курильской островной дуги» (Авдейко, 1993; Авдейко и др., 1992; Лаверов и др., 2005), в котором приводится информация о 97 вулканах, создан «Каталог позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана», в котором представлены сведения о 316 подводных вулканах. С каталогом сопряжены данные об объемах 124-х, оригинальные данные о намагниченности пород 23-х и сведения о химическом составе пород 83-х подводных вулканов (приложения 1-5).

Интегрированный анализ имеющегося материала показал, что над 16.7% позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана отмечены отрицательные аномалии магнитного поля ( $\Delta T$ )<sub>a</sub>. Над 13% – положительные аномалии с амплитудой до 100 нТл. По 10% составляют вулканы с амплитудой 101-200 и 401-501 нТл.

34.5% подводных вулканов расположены в пределах Курильской, а 19% – в пределах Марианской островных дуг.

У 29.5% вулканов вершины расположены на глубинах 0-200 м.

26% составляют вулканы с относительной высотой от 501 до 1000 м, а 41% – с размером основания от 5.1 до 10 км.

На долю подводных вулканов, с объемом построек от 1 до 50 км<sup>3</sup> приходится 55.6% (рис. 7).

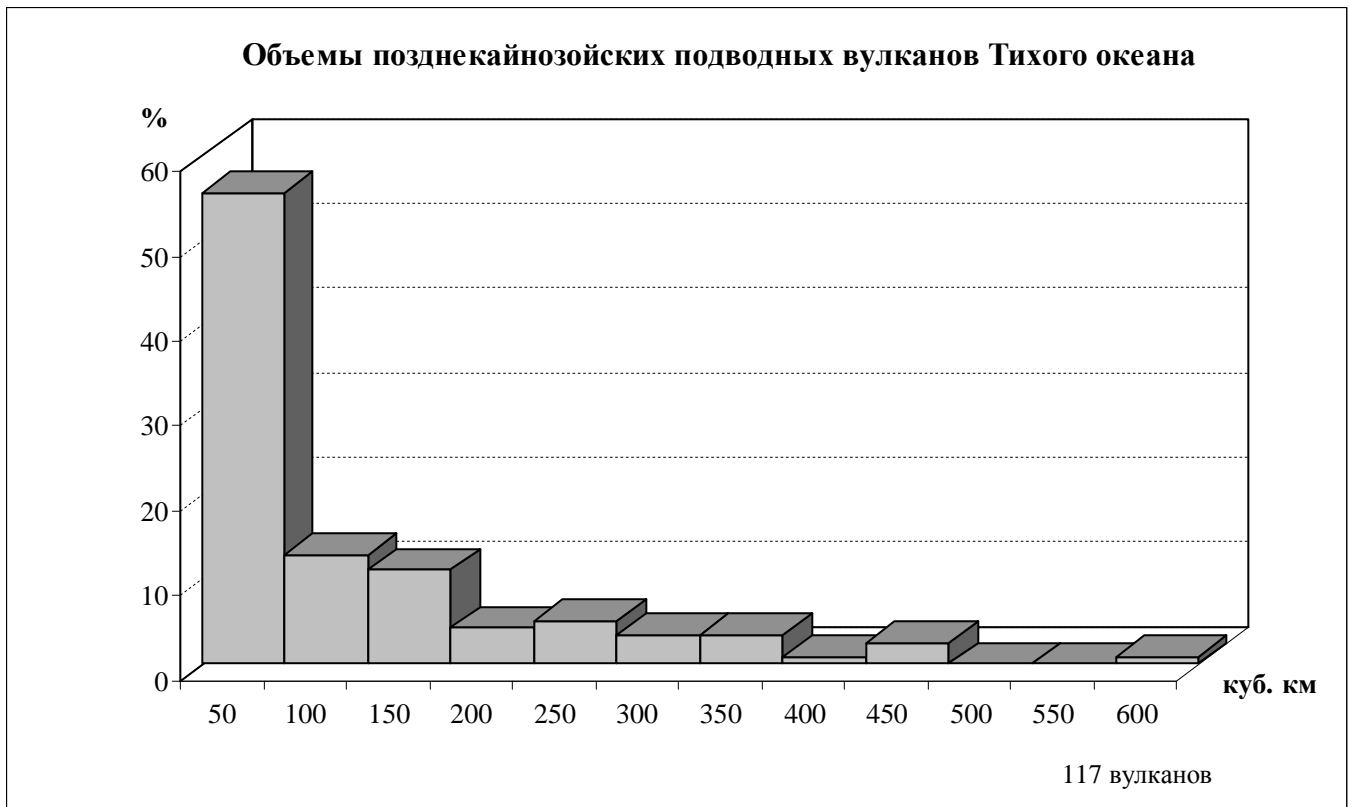


Рис. 7. Распределение объемов позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана.

Для визуализации выполненных комплексных исследований создан веб-сайт «Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане» ([http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant\\_04/index.html](http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/index.html)). В настоящее время этот сайт является единственной обобщающей работой по геомагнитным исследованиям позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана (Авдейко и др., 2005; Рашидов и др., 2006, 2008, 2010).

На сайте представлены «Каталог позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана» ([http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant\\_04/catalogue.html](http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/catalogue.html)), объемы построек ([http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant\\_04/tables/volume.xls](http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/tables/volume.xls)), намагнитченность ([http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant\\_04/tables/magnit.xls](http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/tables/magnit.xls)) и химический состав ([http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant\\_04/tables/chem.xls](http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/tables/chem.xls)) драгированных пород. Сделаны ссылки на сетевые ресурсы, представляющие уникальные карты, модели, фотографии, видеофильмы, сделанные российскими и иностранными коллегами и биографии выдающихся отечественных ученых, чьими именами названы подводные вулканы Курильской островной дуги. Приведены публикации авторов сайта и литература по подводному вулканизму Тихого океана.

## **Заключение**

Применяемая на НИС «Вулканолаг» методика проведения комплексных исследований оказалась весьма эффективной при выявлении и изучении подводных вулканов и позволила получить материалы высокого качества.

Разработанная технология количественной интерпретации материалов ГМС в комплексе с эхолотным промером, НСП и анализом естественной остаточной намагниченности и химического состава драгированных горных пород, позволила проводить интерпретацию непосредственно по исходным данным, не прибегая к некорректной процедуре их восстановления в узлах регулярной сети.

Оригинальный фактический материал, собранный при проведении исследований в рейсах НИС «Вулканолаг» существенно дополнил имеющиеся представления о подводном вулканизме Мирового океана и о строении тихоокеанской зоны перехода. Впервые выполнены комплексные вулканологические исследования 125 подводных вулканов в западной части Тихого океана. Обнаружены современные подводные вулканы в Южно-Китайском море, островных дугах Кермадек и Курильской. При изучении подводных вулканов островных дуг выделены отдельные лавовые потоки, вершинные кальдеры, лавовые пробки. В окраинных морях выявлены зоны трещинных подводных излияний. Оценены масштабы, форма, продолжительность и, в ряде случаев, стадийность проявления подводной вулканической деятельности. Установлены закономерности проявления подводного вулканизма в различных регионах западной части Тихого океана.

Составлен «Каталог позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана» и создан web-сайт «Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане». Подсчитаны объемы подводных вулканических построек, выполнены измерения естественной остаточной намагниченности и магнитной восприимчивости драгированных образцов и приведены сведения о химическом составе пород, слагающих подводные вулканы. Материалы исследований широко представлены как в научной литературе, так и в сети Интернет и предоставляют различным исследователям уникальные информационные возможности для изучения подводного вулканизма.

## **Список основных публикаций по теме диссертации**

### Главы в монографиях и атласы

Иседзаки Н., Годун Лю, Гуандин Лю, Рашидов В.А. Магнитные аномалии // Геотраверс Северо-Китайская равнина – Филиппинское море – Марианский желоб / Отв. ред.: А.Г.Родников (СССР), Н. Иседзаки, У. Сики (Япония), Лю Годун (Китай). М.: Наука, 1991. С. 89-92.

Авдейко Г.П., Рашидов В.А. Геолого-структурное положение вулканов Курильской островной дуги // Подводный вулканизм и зональность Курильской

островной дуги / Ответственный редактор академик Ю.М. Пушаровский. М.: Наука, 1992. С. 7-28.

Авдейко Г.П., Волинец О.Н., Рашидов В.А. и др. Каталог подводных вулканов Курильской островной дуги // Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Ответственный редактор академик Ю.М. Пушаровский. М.: Наука, 1992. С. 29-227.

Родников А.Г., Строев П.А., Рашидов В.А. и др. Геотраверс Филиппинского моря / Международный геолого-геофизический атлас Тихого океана. Удинцев Г.Б. (ред.). МОК (Юнеско), РАН, ФГУП ПКО «Картография», ГУНиО, Москва – Санкт-Петербург, 2003. С. 137.

#### Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

Горшков А.П., Абрамов В.А., Сапожников Е.А., Селиверстов Н.И., Рашидов В.А. Геологическое строение подводного вулкана «Эсмеральда» // Вулканология и сейсмология. 1980. № 4. С. 65-78.

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.

Авдейко Г.П., Гавриленко Г.М., Рашидов В.А., и др. Подводная газогидротермальная активность на Северо-Западном склоне о. Парамушир (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1984. № 6. С. 66-81.

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.

Рашидов В.А. Строение действующего подводного вулкана в островной дуге Кермадек по данным гидромагнитной съемки // Вулканология и сейсмология. 1996. № 4. С. 114-118.

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.

Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 6. С. 107-114.

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.

Рашидов В.А. Геомагнитные исследования подводных вулканов Минами-Хиоси и Фукудзин (Марианская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2001. № 5. С. 55-64.

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.

Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Подводный вулканический массив Эдельштейна (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 3-13.

Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Вулканический массив Черных Братьев (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 3. С. 35-51.

Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводного вулкана Крылатка (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2004. № 4. С. 65-76.

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.

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.

Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусков А.А. Подводный вулкан Григорьева (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2006. № 5. С. 17-26.

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.

Glasby G.P., Chercashov G.A., Gavrilenko G.M., Rashidov V.A., Slotvsov I.B. Submarine hydrothermal activity and mineralization on the Kurile and western Aleutian island arcs, N.W. Pacific // Marine Geology. 2006. V. 231. P. 163-180.

Аникеева Л.И., Казакова В.Е., Гавриленко Г.М., Рашидов В.А. Железомарганцевые корковые образования западно-тихоокеанской переходной зоны // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 1. Вып. 11. С. 10-31.

Дубинин А.В., Успенская Т.Ю., Гавриленко Г.М., Рашидов В.А. Геохимия и проблемы генезиса железомарганцевых образований островных дуг западной части Тихого океана // Геохимия. 2008. № 10. С. 1280-1303.

Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусков А.А. Подводный вулкан Берга (Курильская островная дуга) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2. Вып. 12. С. 70-75.

Рашидов В.А., Долгаль А.С., Новикова П.Н. Геомагнитные исследования гайотов Вулканолог и Коцебу (Магелановы горы, Тихий океан) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009 № 1 (Вып. № 13). С. 98-106.

#### Другие публикации

Рашидов В.А. Геомагнитные исследования подводных вулканов северной части Курильской островной дуги // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН, 2001. С. 300-315.

Рашидов В.А. Геофизические поля активных островодужных подводных вулканов: измерения и интерпретация // Уральский геофизический вестник. 2005. № 8. С. 29-35.

Рашидов В.А. Геомагнитные исследования подводных вулканов с борта НИС «Вулканолог» // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. 28-31 марта 2007 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2007. С. 289-300.

Rodnikov A.G., Sergeyeva N.A., Zabarinskaya L.P., Filatova N.I., Piip V.B., Rashidov V.A. The deep structure of active continental margins of the Far East (Russia) // Russian journal of earth sciences. 2008. V. 10. № 4. ES4002. doi:10.2205/2007ES000224.

Рашидов В.А. Изучение подводных вулканов Курильской островной дуги // История наук о Земле. Сборник статей. Вып. 3. М: ИИЕТ РАН, 2009. С. 33-42.

Рашидов В.А., Романова И.М., Бондаренко В.И., Палуева А.А. Информационные технологии в геомагнитных исследованиях позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана // Российский журнал наук о Земле. 2010. V. 11. № 3. RE3001, doi:10.2205/2009ES000358.

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 конференции. Петропавловск-Камчатский. 11-17 октября 2009 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2010. С. 161-165.

Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. История геомагнитных исследований подводных вулканов Курильской островной дуги // Материалы Всероссийской конференции, посвященной 75-летию Камчатской вулканологической станции / Отв. ред. академик Е.И. Гордеев. Петропавловск-Камчатский: Изд-во ИВиС ДВО РАН, 2010. С. 6-10 ([http://www.kscnet.ru/ivs/slsecret/75-KVS/Material\\_conferenc/art2.pdf](http://www.kscnet.ru/ivs/slsecret/75-KVS/Material_conferenc/art2.pdf)).

Рашидов Владимир Александрович  
Геоманнитные исследования при изучении подводных вулканов островных  
дуг и окраинных морей западной части Тихого океана

Автореферат диссертации на соискание  
ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 2010 г.  
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 1. Тираж 120 экз.

Отпечатано в ООО «ФОН», 683006, г. Петропавловск-Камчатский, бульвар  
Пийпа, 9.