

ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
Итоги Электронного Геофизического Года
3–6 июня 2009 • Переславль-Залесский, Россия

Информационные технологии в геомагнитных исследованиях позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана

В. А. Рашидов,¹ И. М. Романова,¹ В. И. Бондаренко,² и А. А. Палуева¹

Получено 29 октября 2009; принято 17 ноября 2009; опубликовано 9 января 2010.

Для решения задач систематизации, хранения и визуализации материалов, полученных в 1977–1991 гг. в 19-ти вулканологических экспедициях НИС “Вулканолог” в Тихом океане в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, начиная с 2004 года, создается информационная система “Позднекайнозойские подводные вулканы Тихого океана”. Информационная система включает веб-сайт, базу данных и ГИС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: информационная система, подводные вулканы, веб-технологии, база данных, ГИС-технологии.

Ссылка: Рашидов, В. А., И. М. Романова, В. И. Бондаренко, и А. А. Палуева (2010), Информационные технологии в геомагнитных исследованиях позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана, *Росс. ж. наук о Земле*, 11, RE3001, doi:10.2205/2009ES000358.

Введение

В последние годы наблюдается существенная нехватка средств на проведение в должном объеме морских научно-исследовательских экспедиционных работ. Многие материалы, полученные в предыдущие годы и по ряду причин не архивированные должным образом, оказываются безвозвратно потерянными.

Используя современные компьютерные технологии, такие как географические информационные системы (ГИС), базы данных (БД) и веб-технологии, можно сохранить и сделать достоянием российской и мировой науки уникальные данные, полученные в прошлые годы во время проведения отечественных морских экспедиционных исследований в различных регионах Мирового океана.

В период 1977–1991 гг. в 19-ти вулканологических экспедициях НИС “Вулканолог” собран и обработан оригинальный фактический материал, который существенно дополнил имеющиеся в мире представления о строении позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана.

Комплекс выполненных вулканологических исследований включал эхолотный промер, непрерывное сейсмоакустическое профилирование в модификации метода “центрального луча” модульную гидромагнитную съемку, драгирование и отбор проб рыхлых осадков.

Для решения задач систематизации, хранения и визуализации полученных материалов, а также данных, полученных из литературных источников и сети Интернет, в Институте вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, начиная с 2004 года, создается информационная система (ИС) “Позднекайнозойские подводные вулканы Тихого океана”.

В настоящее время ИС включает следующие компоненты:

- Веб-сайт “Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане”
- БД “Позднекайнозойские подводные вулканы Тихого океана”
- ГИС “Геомагнитные исследования позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана”.

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия

²Костромской Государственный Университет, Кострома, Россия

Результаты геомагнитных исследований

Основную содержательную часть ИС составляют результаты геомагнитных исследований на НИС “Вулканолог”.

В ходе экспедиций были исследованы позднекайнозойские подводные вулканы, вулканические массивы и зоны Тихого океана в пределах Кермадек, Соломоновой, Марианской, Идзу-Бонинской и Курильской островных дуг, Южно-Китайского и Новогвинейского окраинных морей и “горячей точки” Сокорро.

В пределах Марианской островной дуги выявлено, что основным источником магнитной аномалии, зафиксированной над подводным вулканом Минами-Хиоси, является лавовая пробка, расположенная в верхней части вулканической постройки. Отмеченный ряд экстремумов аномального магнитного поля над подводным вулканом Фукудзин вызван соммой. Постройка подводного вулкана Эсмеральда 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.

Глубоководная стадия подводной вулканической группы Софу (Идзу-Бонинская островная дуга) характеризуется базальтовым вулканизмом, промежуточная – андезибазальтовым, а мелководная – explosивно-эффузивным андезидацитовым.

В пределах Соломоновой островной дуги исследована эволюция подводной вулканической группы Ковачи и установлено наличие подводного вулкана, расположенного к югу от о. Симбо, и отсутствие подводного вулкана “Кук”.

Для вулкана Вулканолог в островной дуге Кермадек определены объем извергнутых пород и продолжительность проявления подводной вулканической деятельности.

В Курильской островной дуге в районах Средних и Южных Курил, к западу от острова Парамушир, а также в пределах вулканического массива Эдельштейна, хребтов Броутона и Гидрографов открыты и описаны неизвестные ранее подводные вулканы. Выявлены особенности строения комплекса древних подводных кальдер в вулканическом массиве Черных Братьев и прослежена его эволюция. Сделаны предположения о возможной современной газогидротермальной активности в вулканическом массиве Черных Братьев и на подводном вулкане Крылатка. Определен возраст формирования подводных вулканов Белянкина, Смирнова и Григорьева.

Установлено, что на шельфе Южно-Китайского моря в пределах западной краевой части субмеридионального линеамента (109-110° в.д.) ареальный позднекайнозойский подводный вулканизм фрагментарно проявляется на расстоянии > 700 км. Продукты его деятельности распространены на площади ~ 3400 км². Выявлены небольшие вулканические постройки, размеры которых не превышают 3 км в диаметре и 200 м по высоте. Наблюдается выдержанность преобладающих направлений зон линейных магнитных аномалий и системы разломов, с кото-

рыми, скорее всего, связана вулканическая деятельность. Отмечена хорошая корреляция данных гидромагнитной съемки и спутниковых магнитных измерений.

Для центральной части Новогвинейского моря характерны трещинные подводные излияния, формирующие горизонтально залегающие лавовые покровы без образования вулканических построек. Объем извергнутых лав здесь по минимальным оценкам составляет 2000 км³, а площадь – 10000 км².

Аномальное магнитное поле, наблюдаемое над подводным вулканическим хребтом, расположенным к северу от острова Сан-Бенедикто (“горячая точка” Сокорро), обусловлено его глубинным строением, многочисленные локальные аномалии вызваны разноглубинными аномалообразующими вулканическими телами, а сам хребет сложен переслаивающимися плотными и рыхлыми вулканическими породами.

Материалы выполненных исследований широко представлены как в научной литературе [Авдейко и др., 2005; Бабаянц и др., 2005; Блох и др., 2006, 2008; Бондаренко и Рашидов, 1995, 2003, 2006; Бондаренко и др., 1994; Горшков и др., 1984; Подводный. . . , 1992; Рашидов, 1996; 2001; Рашидов и Бондаренко, 1998, 2003, 2004; Рашидов и Гавриленко, 2002; Рашидов и др., 1981, 2002; Rodnikov et al., 2008 и др.], так и в сети Интернет (http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/index.html; http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_05/kurily/index.html; <http://www.kscnet.ru/ivs/volcanoes/submarine/index.php>; http://www.kscnet.ru/kraesc/2005/2005_6/art8.pdf; http://www.kscnet.ru/kraesc/2006/2006_8/art6.pdf; http://www.kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2005/art1.pdf; <http://elpub.wdcb.ru/journals/rjes/v10/2007ES000224/2007ES000224.pdf>).

Веб-сайт “Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане”

Веб-сайт расположен в сети Интернет на веб-сервере ИВиС ДВО РАН по адресу http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/index.html (Рис. 1).

Сайт является в настоящее время единственной обобщающей работой по геомагнитным исследованиям позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана [Рашидов, Бондаренко и др., 2008; Рашидов и др., 2008; Рашидов и др., 2009].

Многочисленные оригинальные карты и графики аномального магнитного поля, батиметрические и структурные карты, фрагменты записей эхолотного промера и непрерывного сейсмоакустического профилирования, фотографии наземных вулканов, широко представленные на сайте, теперь доступны широкому кругу исследователей. Там же представлены результаты интерпретации геолого-геофизических исследований.

На сайте сделаны ссылки на сетевые ресурсы, на которых представлены уникальные карты, модели, фотогра-

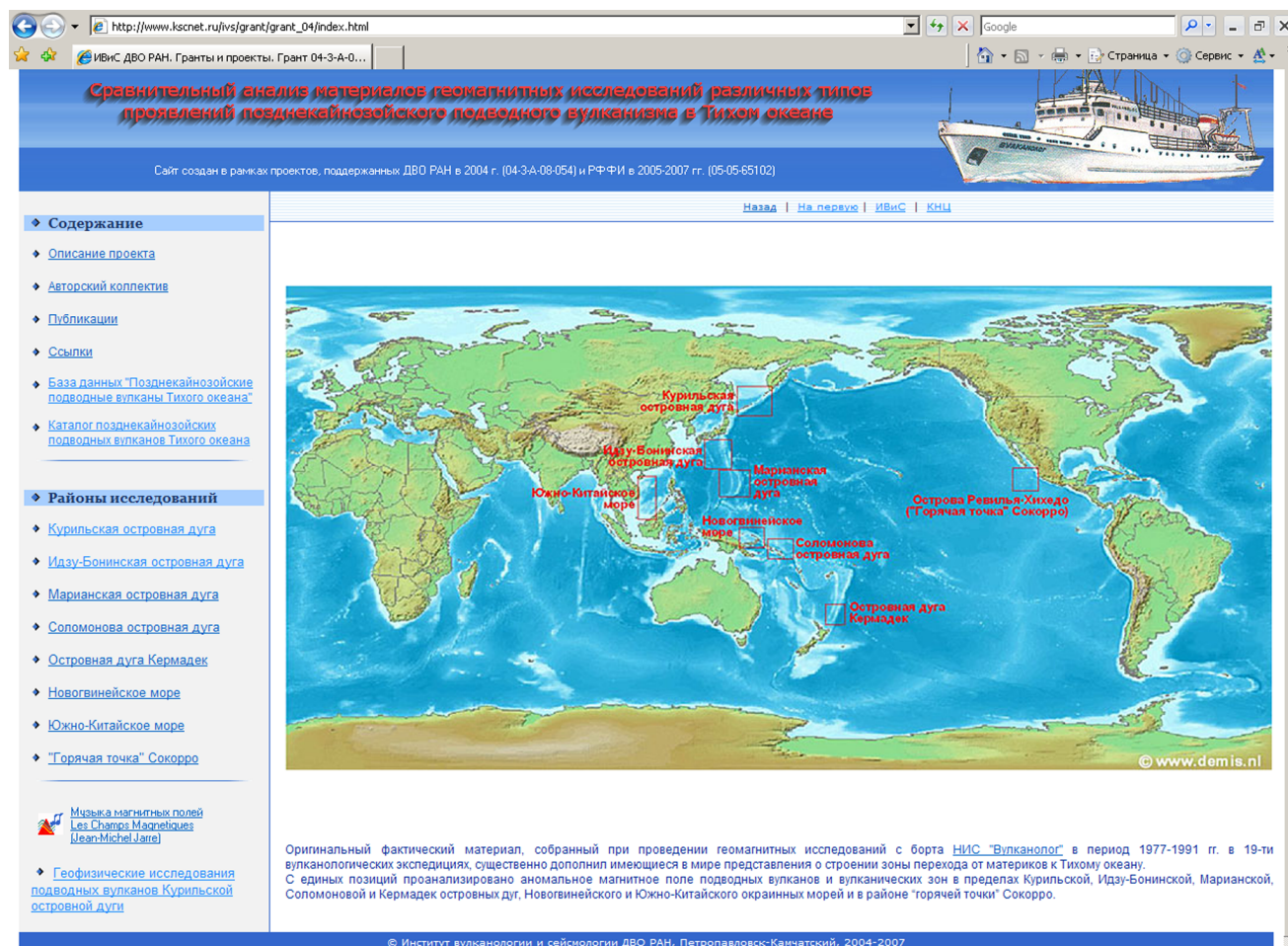


Рис. 1. Домашняя страница веб-сайта "Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявлений позднечайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане".

фии и видеофильмы, сделанные отечественными и иностранными коллегами, а также на биографии выдающихся отечественных ученых, чьи имена названы подводные вулканы Курильской островной дуги.

Приведены публикации авторов и литература по подводному вулканизму Тихого океана. Некоторые публикации авторов и других исследователей представлены в полнотекстовом формате.

В виде таблиц представлены результаты изучения магнитных и химических свойств драгированных образцов, объемы подводных вулканических построек и "Каталог позднечайнозойских подводных вулканов Тихого океана" [http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_04/catalogue.html], созданный с использованием оригинальных данных, большого объема литературных источников [Гущенко, 1979; Новейший... , 2005; Подводный... , 1992; Sapper, 1917; Simkin, Siebert, 1992 и др.], и материалов из сети Интернет. Этот каталог явился основой для создания базы данных (БД).

БД "Позднечайнозойские подводные вулканы Тихого океана"

БД размещена на веб-сервере ИВМС ДВО РАН по адресу http://www.kscnet.ru/ivs/volcanoes/submarine/.

База данных разрабатывается на основе обобщения и ревизии оригинальных данных и литературных источников.

Для создания БД выбрано свободное программное обеспечение – реляционная система управления базами данных MySQL, отличающаяся хорошим быстродействием и надежностью.

В настоящий момент в БД описаны 313 подводных вулканов, находящихся в пределах 31 региона Тихого океана. Для каждого вулкана приведены регион, координаты, минимальная глубина, зафиксированная над его вершиной, относительная высота. Для 124 подводных вулканов приведены объемы построек. Для 83 вулканов приведе-

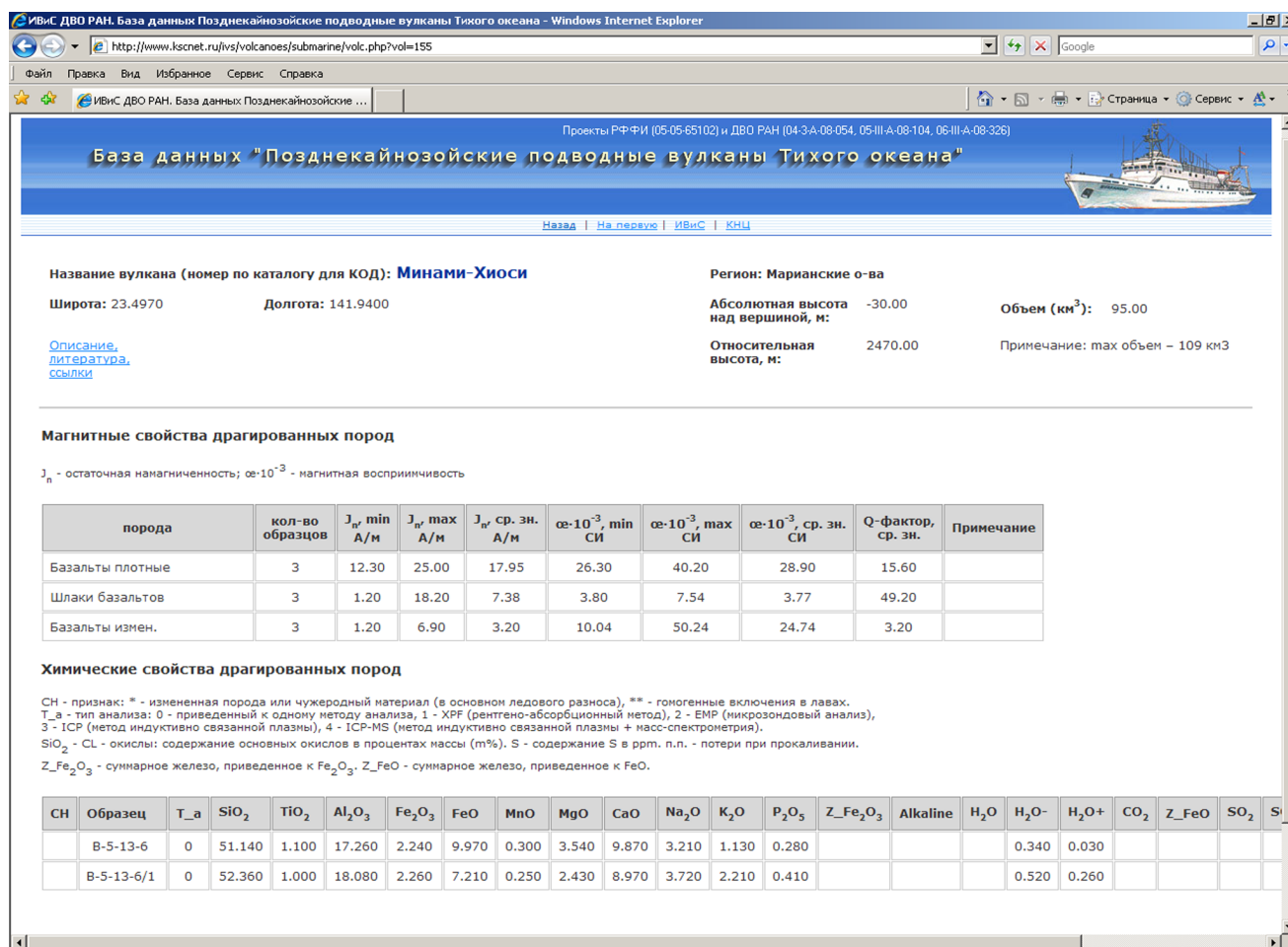


Рис. 2. Веб-страница с детальной информацией о вулкане из БД "Позднекайнозойские подводные вулканы Тихого океана".

ны сведения о химическом составе, а для 23 вулканов – магнитные свойства драгированных образцов.

На данном этапе разработки БД включает следующие таблицы:

- таблица Region, содержащая названия регионов Тихого океана;
- таблица Volcano, содержащая описание вулканов: название, географические координаты, абсолютная (минимальная глубина над вершиной) и относительная высоты, объем вулканической постройки;
- таблица Magnit, содержащая магнитные свойства драгированных пород: остаточную намагниченность J_n , магнитную восприимчивость σ , Q-фактор;
- таблица Chem, содержащая сведения о химическом составе драгированных пород.

Для работы пользователей с БД через браузер создано веб-приложение, предоставляющее удобный пользова-

тельский интерфейс, который обеспечивает выбор вулканов по регионам, по названию, а также расширенный поиск информации о вулканах по нескольким атрибутам в БД. В соответствии с заданным критерием поиска пользователь получает список выбранных объектов, из которого можно перейти к детальной информации по отдельному вулкану, включающей описание вулкана, магнитные свойства и химический состав драгированных пород (Рис. 2).

ГИС "Геоманитные исследования различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане"

ГИС представляет собой настольную локальную систему, разрабатывается в среде ESRI ArcGIS и предназначена для хранения, систематизации и визуализации

Курильская островная дуга ПОДВОДНЫЙ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ МАССИВ ЭДЕЛЬШТЕЙНА

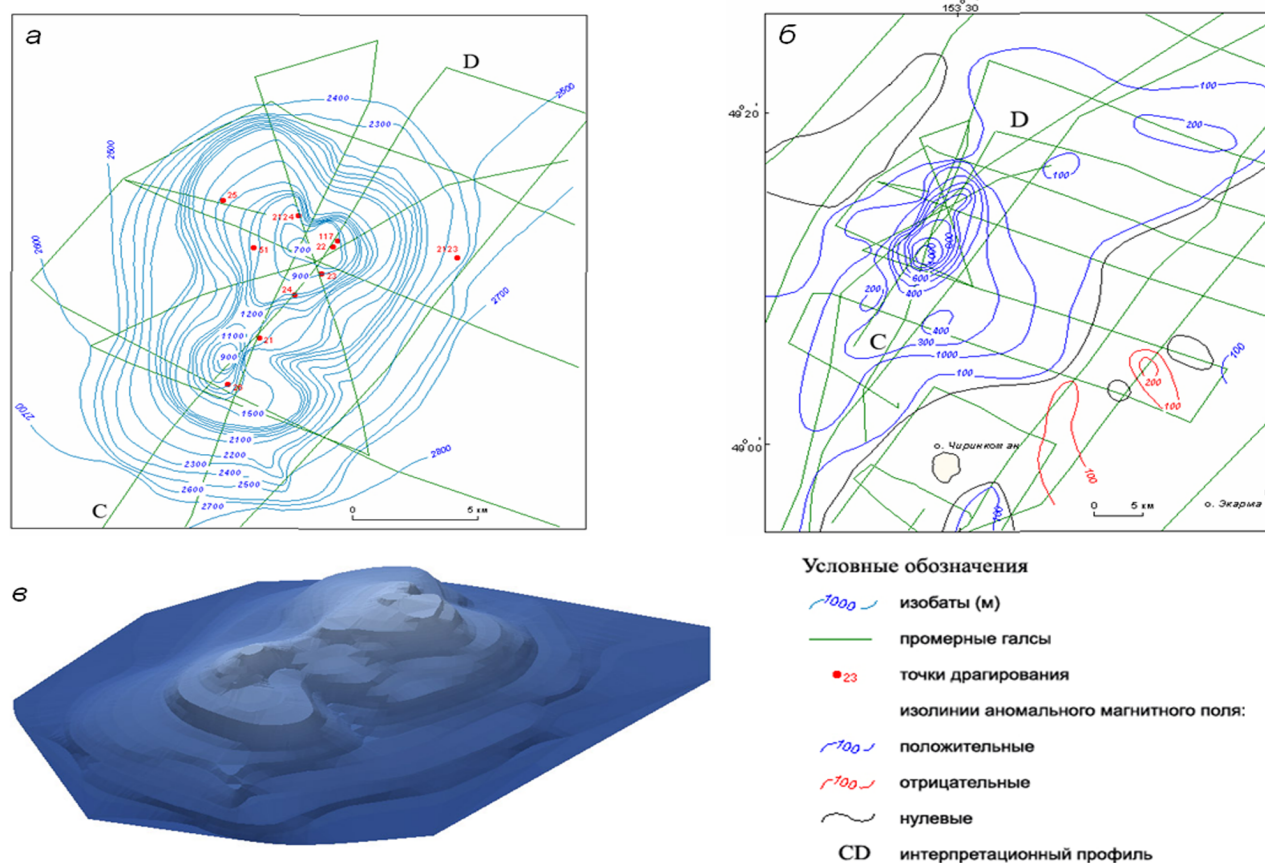


Рис. 3. Пример детальных карт и 3D модели в ГИС “Геомагнитные исследования различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане”: а – батиметрическая карта; б – карта аномального магнитного поля; в – 3D модель вулканического массива.

данных, полученных при проведении геомагнитных исследований на НИС “Вулканолог”.

ГИС имеет иерархическую структуру. В ее состав на данном этапе включены следующие разномасштабные батиметрические и геофизические карты:

- цифровая карта мира, включающая береговую линию, изолинии рельефа и изобаты, районы исследований, местоположение подводных вулканов;
- обзорные карты районов исследований, показывающие береговую линию, изобаты, местоположение подводных и наземных вулканов;
- детальные батиметрические карты и карты аномального магнитного поля подводных вулканов и вулканических массивов. Батиметрические карты включают слои промерных галсов, изобат, точек

драгирования и положения интерпретационных профилей (Рис. 3а). Карты аномального магнитного поля включают изолинии поля, слои промерных галсов и положение интерпретационных профилей (Рис. 3б).

Средствами ArcGIS 3D Analyst на основе батиметрических карт построены 3D модели для ряда вулканических построек и оценены их объемы (Рис. 3в).

Вся атрибутивная информация об объектах исследования, включая их координаты, хранится в серверной БД “Позднекайнозойские подводные вулканы Тихого океана”.

Компоненты ИС “Позднекайнозойские подводные вулканы Тихого океана” разрабатываются независимо друг от друга. Реализованы две модели взаимодействия ГИС, БД и веб-сайта:

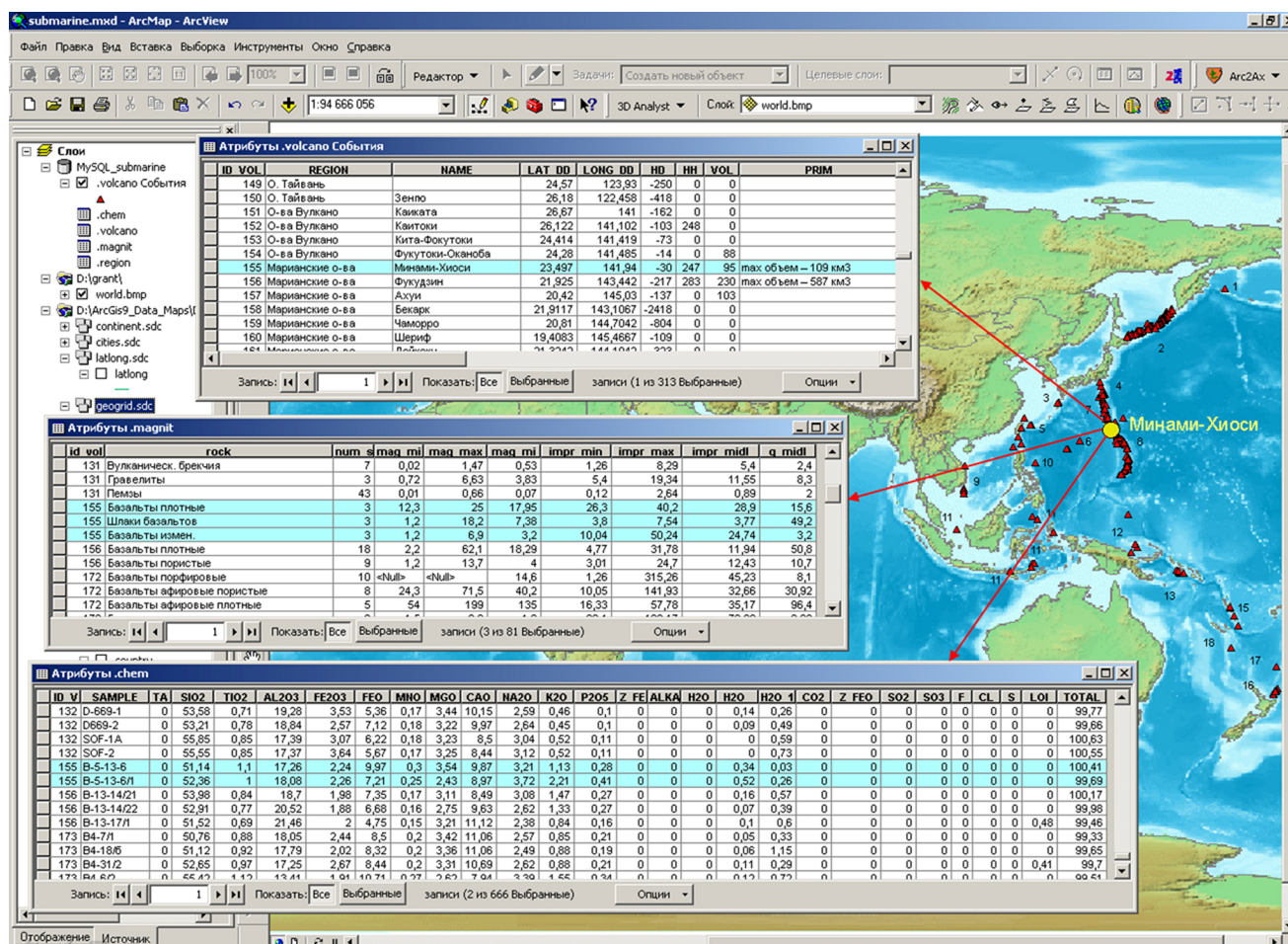


Рис. 4. Взаимодействие ГИС “Геомагнитные исследования различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане” и БД “Позднекайнозойские подводные вулканы Тихого океана”.

- первая модель взаимодействия ГИС и БД реализована с помощью OLE DB подключения к БД в ArcCatalog. В этом случае стандартные средства ArcMap позволяют формировать запросы в атрибутивных таблицах БД и отображать найденные объекты на карте или, напротив, получать подробные сведения из БД о выбранных на карте объектах (Рис. 4).
- вторая модель предоставляет доступ из ГИС к БД или веб-сайту с помощью инструмента гиперссылок в ArcMap, когда соответствующие выбранному на карте объекту записи в таблицах БД (Рис. 2) или веб-страница сайта, связанная с объектом (Рис. 5), отображаются в окне браузера.

Заключение

Разрабатываемое программно-технологическое обеспечение для хранения, систематизации и визуализации данных исследований позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана позволяет интегрировать БД, ГИС и веб-приложение в единую среду и обладает широкими информационно-поисковыми возможностями в сочетании с передовыми средствами электронной картографии.

ИС “Позднекайнозойские подводные вулканы Тихого океана” предоставляет исследователям удобные инструменты для работы с картографическими и атрибутивными данными и помогает при проведении их комплексной обработки.

Оригинальные материалы, полученные в 19 экспедициях НИС “Вулканолог” в Тихом океане, теперь стали доступны не только специалистам, но и широкому кругу пользователей сети Интернет.

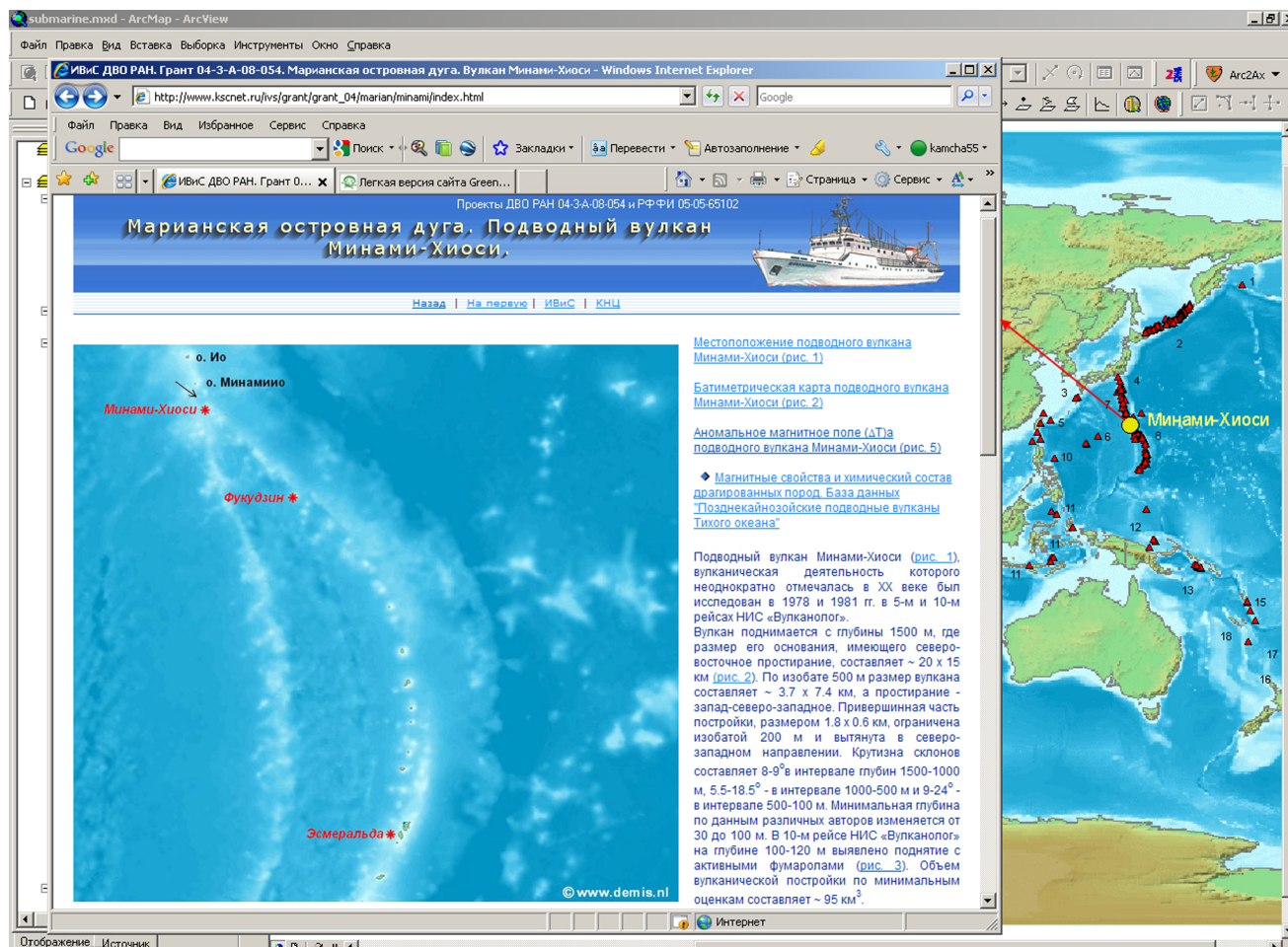


Рис. 5. Доступ к веб-сайту “Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане” из ГИС “Геомагнитные исследования различных типов проявлений позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане”.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (проект 09-III-A-08-427).

Литература

- Авдейко Г. П., В. И. Бондаренко, А. А. Палуева, В. А. Рашидов, И. М. Романова (2005), 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, с. 3–7.
- Бабаянц П. С., Ю. И. Блох, В. И. Бондаренко и др. (2005), Применение пакета программ структурной интерпретации СИГМА-3D при изучении подводных вулканов Курильской островной дуги, *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, № 2, вып. 6, с. 67–76.
- Блох Ю. И., В. И. Бондаренко, В. А. Рашидов, А. А. Трусов (2006), Подводный вулкан Григорьева (Курильская островная дуга), *Вулканология и сейсмология*, № 5, с. 17–26.
- Блох Ю. И., В. И. Бондаренко, В. А. Рашидов, А. А. Трусов (2008), Подводный вулкан Берга (Курильская островная дуга), *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, № 2, вып. 12, с. 70–75.
- Бондаренко В. И., В. А. Рашидов (1995), Исследование подводного вулканического хребта к северу от острова Сан-Бенедикто, *Вулканология и сейсмология*, № 6, с. 76–87.
- Бондаренко В. И., В. А. Рашидов (2003), Вулканический массив Черных Братьев (Курильские острова), *Вулканология и сейсмология*, № 3, с. 35–51.
- Бондаренко В. И., В. А. Рашидов (2006), Погребенная подводная вулканическая зона к западу от о. Парамушир (Курильская островная дуга), *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, № 2, вып. 8, с. 69–85.
- Бондаренко В. И., В. А. Рашидов, Н. И. Селиверстов, В. А. Шкира (1994), Подводный вулкан к западу от о-ва Парамушир, *Вулканология и сейсмология*, № 1, с. 13–18.
- Горшков А. П., А. Н. Иваненко, В. А. Рашидов (1984), Гидромагнитные исследования подводных вулканических зон в окраинных морях Тихого океана (на примере Новогвинейского и Южно-Китайского морей), *Тихоокеанская геология*, № 1, с. 13–20.
- Гущенко И. И. (1979), *Извержения вулканов мира*, Каталог. Наука, М., 475 с.
- Лаверов Н. П. (отв. ред.) (2005), *Новейший и современный вулканизм на территории России*, Наука, М., 604 с.

- Пушаровский Ю. М. (отв. ред.) (1992), *Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги*. Наука, М., 528 с.
- Рашидов В. А. (1996), Строение действующего подводного вулкана в островной дуге Кермадек по данным гидромагнитной съемки, *Вулканология и сейсмология*, № 4, с. 114–118.
- Рашидов В. А. (2001), Геомагнитные исследования подводных вулканов Минами-Хиоси и Фукудзин (Марианская островная дуга), *Вулканология и сейсмология*, № 5, с. 55–64.
- Рашидов В. А., В. И. Бондаренко (1998), Геофизические исследования подводных вулканов Белянкина и Смирнова (Курильская островная дуга), *Вулканология и сейсмология*, № 6, с. 107–114.
- Рашидов В. А., В. И. Бондаренко (2003), Подводный вулканический массив Эдельштейна (Курильская островная дуга), *Вулканология и сейсмология*, № 1, с. 3–13.
- Рашидов В. А., В. И. Бондаренко (2004), Геофизические исследования подводного вулкана Крылатка (Курильская островная дуга), *Вулканология и сейсмология*, № 4, с. 65–76.
- Рашидов В. А., Г. М. Гавриленко (2002), Проверка сообщений о проявлениях подводной вулканической деятельности в пределах Соломоновой островной дуги, *Вулканология и сейсмология*, № 1, с. 22–28.
- Рашидов В. А., А. П. Горшков, А. Н. Иваненко (1981), Магнитные исследования над подводными вулканами Эсмеральда и Софу, *“Изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии на акваториях морей и океанов электромагнитными методами”*. Сборник ИЗМИРАН, М., с. 213–218.
- Рашидов В. А., В. М. Округин, В. М. Ладыгин, А. М. Округина (2002), Подводная вулканическая группа Ковачи (Соломонова островная дуга), *Вулканология и сейсмология*, № 5, с. 11–24.
- Рашидов В. А., В. И. Бондаренко, И. М. Романова, А. А. Палуева (2008) Геомагнитные исследования позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана в сетевых электронных информационных ресурсах Интернет, *Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 35-й сессии Международного семинара им. Д. Г. Успенского. Ухта, 29 января–3 февраля 2008 г.* Ухта: УГТУ, с. 264–267.
- Рашидов В. А., И. М. Романова, В. И. Бондаренко, А. А. Палуева (2008), Веб-сайт “Сравнительный анализ материалов геомагнитных исследований различных типов проявления позднекайнозойского подводного вулканизма в Тихом океане”, *Современные информационные технологии для научных исследований. Материалы Всероссийской конференции, 20–24 апреля 2008 г., г. Магадан*. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, с. 47–48.
- Рашидов В. А., И. М. Романова, В. И. Бондаренко, А. А. Палуева (2009), Веб- и ГИС- технологии в геомагнитных исследованиях позднекайнозойских подводных вулканов Тихого океана, *Материалы международной конференции “Итоги Электронного геофизического года” 3–6 июня 2009 г. Пераславль-Залесский, Российская Федерация*. Геофизический центр РАН, М., с. 69.
- Rodnikov A. G., N. A. Sergeeva, L.P. Zabarinskaya et al (2008), The deep structure of active continental margins of the Far East (Russia), *Russ. J. Earth Sci.*, vol. 10, ES4002. doi:10.2205/2007ES000224.
- Sapper K. (1917), *Katalog der geschichtlichen Vulkanausbrüche*. Strasburg. 358 p.
- Simkin T., L. Siebert (1994), *Volcanoes of the World*. Geoscience Press, Inc. Tucson. Arizona. 349 p.
-
- В. И. Бондаренко, Костромской Государственный Университет им. Н. А. Некрасова, Кострома, Россия
- А. А. Палуева, В. А. Рашидов, И. М. Романова, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия (roman@kscnet.ru)