

MODERN TECHNIQUES FOR INTERDISCIPLINARY INVESTIGATION OF SUBMARINE VOLCANOES IN THE KURILE ISLAND ARC

**Yu.I. Blokh¹, V.I. Bondarenko², A.S. Dolgal³, P.N. Novikova³, V.A. Rashidov⁴,
A.A. Trusov⁵**

¹ *Moscow, Russia;*

² *Nekrasov State University of Kostroma, 15600, Russia;*

³ *Mining Institute of the Ural Branch of the RAS, Perm, 614007, Russia;*

⁴ *Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, 683006, Russia;*

⁵ *ZAO «GNPP Aerogeofizika», Moscow, 107140, Russia*

The Kuril Island Arc with submarine volcanoes on the side of Okhotskoye Sea slope is a key element of a transit zone between Asia continent and the Pacific Ocean. Scientists carried out 11 systematic and multidisciplinary investigations of submarine volcanic activity within the Kuril Islands Arc onboard R/V «Vulkanolog» [7].

The volcanologic investigation included echo-sounding survey, continuous seismoacoustic profiling, hydromagnetic survey, and geologic sampling, and consisted of two phases. In the first phase we carried out profiling and areal survey. During the second phase we carried out dragging within zones determined from results of geophysical survey. Geophysical research at the monitored area was carried out using profile network which were chosen according to goals of volcanological investigation. The authors used various profile networks extending the monitored area during following cruises. Unfortunately, profiles were irregular and their density was low.

In order to process the data from irregular networks, we created a high-performance technology for quantitative interpretation of data from hydromagnetic survey using continuous seismoacoustic profiling, echo-sounding survey, and analysis of remanent magnetization and chemical composition of dredged rocks. This technology allows interpretation using benchmark data and avoids gridding [2, 4].

The technology consists of a method of singularity using SINGULAR software [3], 2.5D modeling [6] on single profiles, followed by 3D modeling for all profiles using SIGMA-3D [1] software. This technology uses a model of sub-horizontal layer which suffers fluctuation of magnetization along lateral.

In order to correct vector direction of magnetization of a volcanic edifice we use IGLA software [5] which uses initial magnetic field.

For modeling the authors used a true relief of volcanic edifices determined by echo-sounding survey and continuous seismoacoustic profiling.

In order to locate attitude position of submarine volcanoes conduits an assembly method was used [2, 8].

Modern techniques allowed distinguishing single lava flows, summit calderas, lateral volcanic cones, active volcanic centers, peripheral magmatic chambers, conduits and estimating magnetic properties of rocks in natural deposits within large volcanic edifices of the Kuril Islands Arc.

Multidisciplinary method allows creating the most accurate geomagnetic model.

New submarine volcanoes, calderas and zones of mud volcanic and hydrothermal activity were revealed within the Kuril Islands Arc. The authors traced evolution of certain isolated volcanoes and volcanic massifs as well as estimated zones, types and, in some cases, duration of submarine volcanic activity.

Investigation was sponsored by the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, the project № 09-3-A-08-427.

References

1. Babayants P.S., Bloch Yu.I., Bondarenko V.I., Rashidov V.A., Trusov A.A. Primeneniye Paketa programm strukturnoy interpretatsiyi SiGMA-3D pri izucheniyi podvodnih vulkanov Kuril'skoy ostrovnoy dugi. Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle. 2005. № 2. V. 6. P. 67-76.
2. Blokh Yu.I., Bondarenko V.I., Dolgal A.S., Novikova P.N., Rashidov V.A., Trusov A.A. Geofizicheskiye issledovaniya podvodnogo vulkana 6.1 (Kuril'skaya ostrovnaya duga). Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii geofizicheskikh poley. Materialy tridsat vosmoy sessii Mezhdunarodnogo nauchnogo seminaru imeni D.G. Uspenskogo, Perm, 24-28 yanvarya 2011 goda. Perm, GI UrO RAN, 2011. P. 32-35.
3. Blokh Yu.I., Bondarenko V.I., Rashidov V.A., Trusov A.A. Primeneniye integrirovannoy sistemy SINGULYAR dlya izucheniya glubinnogo stroeniya podvodnikh vulkanov Kuril'skoy ostrovnoy dugi. Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnikh, magnitnikh i elektricheskikh poley. Materialy tridsat vosmoy sessii Mezhdunarodnogo nauchnogo seminaru imeni D.G. Uspenskogo, Moskva, 25-29 yanvarya 2010 goda. M: IPhZ RAN, 2010. P. 62-65.
4. Blokh Yu.I., Bondarenko V.I., Rashidov V.A., Trusov A.A. Istoriya geomagnitnikh issledovaniy podvodnikh vulkanov Kuril'skoy ostrovnoy dugi. Materialy Vserossiyskoy konferentsii, posvyashonnoy semidesyatipyatiletyu Kamchatskoy vulkanologicheskoy stantsii. Otv. red. akademik E.I. Gordeev. Petropavlovsk-Kamchatskiy. Izdatelstvo IViS DVO RAN, 2010. P. 6-10
(http://www.kscnet.ru/ivs/slsecret/75-KVS/Material_conferenc/art2.pdf)
5. Blokh Yu.I., Trusov A.A. Programma IGLA dlya interaktivnoy ekspres-interpretatsii lokalnikh gravitatsionnikh i magnitnikh anomalii. Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnikh, magnitnikh i elektricheskikh poley: materialy tridsatchetyortoy sessii mezhdunarodnogo seminaru imeni D.G. Uspenskogo. M: IPhZ RAN, 2007. P. 36-38.
6. Rashidov V.A., Bondarenko V.I. Geofizicheskiye issledovaniya podvodnogo vulkana Krylatka (Kuril'skaya ostrovnaya duga). Vulkanologiya i seysmologiya. 2004. № 4. P. 65-76.
7. Podvodniy vulkanizm i zonalnost Kuril'skoy ostrovnoy dugi. Otv. red. Yu. M. Pusharovskiy. M: Nauka, 1992. 528 p.
8. V.N. Strakhov, M.I. Lapina. Montazhniy metod resheniya obratnoy zadachi fravimetrii. DAN. 1976. V. 227. № 2. P. 344-347.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИЗУЧЕНИИ ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНОВ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

Ю.И. Блох¹, В.И. Бондаренко², А.С. Долгаль³, П.Н. Новикова³, В.А. Рашидов⁴, А.А. Трусов⁵

¹Москва, Россия;

²Костромской государственной университет им. Н.А. Некрасова, Кострома, Россия;

³Горный институт УрО РАН, Пермь, Россия;

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

⁵ЗАО «ГНПП Аэрогеофизика», Москва, Россия

Курильская островная дуга (КОД), на Охотоморском склоне которой расположены подводные вулканы, – важный элемент зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану. Планомерное комплексное изучение подводного вулканизма КОД было проведено в 11-ти рейсах НИС «Вулканолог» [7].

В комплекс вулканологических исследований входили эхолотный промер, непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП), модульная гидромагнитная съемка (ГМС) и геологическое опробование. Исследования проводились в два этапа: на первом выполнялись профильные и площадные геофизические исследования, а на втором отрабатывались станции геологического опробования в точках, выбранных по результатам геофизических работ. Полигонные геофизические исследования проводились по сетям профилей, выбранных с учетом задач комплексных вулканологических исследований. Применялись различные системы профилей, а сети наращивались при последующих работах на объектах. К большому сожалению, часто сети съемочных профилей оказывались нерегулярными, а их плотность невысокой.

Для обработки данных, полученных на нерегулярных редких сетях наблюдений, была разработана эффективная 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 [2, 4].

Технология состоит в применении методов особых точек с помощью интегрированной системы СИНГУЛЯР [3] и 2.5D моделирования [6] на отдельных галсах и последующего 3D моделирования с помощью программ пакета структурной интерпретации СИГМА-3D [1] по всему массиву исходных данных на базе модели субгоризонтального слоя с латерально изменяющейся намагниченностью.

Уточнение основного направления вектора суммарной намагниченности вулканической постройки осуществляется непосредственно по исходному аномальному полю программой ИГЛА [5].

При моделировании всегда используется истинный рельеф вулканических построек с учетом погребенного под осадками основания, полученный по данным эхолотного промера и НСП.

Для уточнения пространственного положения подводящих каналов подводных вулканов КОД применяется монтажный метод решения обратной задачи магнитометрии по аномальным значениям поля [2, 8].

Применение современных технологий позволило выделить в пределах вулканических построек КОД отдельные лавовые потоки, вершинные кальдеры, побочные вулканические конусы, активные вулканические центры, периферические магматические очаги, подводящие каналы и оценить магнитные свойства горных пород в естественном залегании.

Комплексирование геолого-геофизических методов позволило уменьшить неоднозначность решения обратной задачи и построить наиболее реалистичные геомагнитные модели.

В пределах КОД идентифицированы новые подводные вулканы и кальдеры, выявлены зоны проявления грязевого вулканизма и гидротермальной активности. Прослежена эволюция ряда изолированных вулканов и вулканических массивов, оценены масштабы, форма и, в ряде случаев, продолжительность проявления подводной вулканической деятельности.

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН (проект 09-3-А-08-427).

Список литературы

1. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов 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., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Рашидов В.А., Трусов А.А. Геофизические исследования подводного вулкана 6.1 (Курильская островная дуга) // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: Материалы 38-й сессии Международного научного семинара имени Д.Г. Успенского, Пермь, 24-28 января 2011 г. Пермь: ГИ УрО РАН, 2011. С. 32-35.
3. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Рашидов В.А., Трусов А.А. Применение интегрированной системы «СИНГУЛЯР» для изучения глубинного строения подводных вулканов Курильской островной дуги // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 37-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского, Москва, 25-29 января 2010 г. М.: ИФЗ РАН, 2010. С. 62-65.
4. 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).
5. Блох Ю.И., Трусов А.А. Программа «IGLA» для интерактивной экспресс-интерпретации локальных гравитационных и магнитных аномалий // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: материалы 34-й сессии международного семинара им. Д.Г.Успенского. М: ИФЗ РАН, 2007. С. 36-38.
6. Рашидов В.А., Бондаренко В.И. Геофизические исследования подводного вулкана Крылатка (Курильская островная дуга) // Вулканология и сейсмология. 2004. № 4. С. 65-76.
7. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Отв. ред. Пушаровский Ю.М. М.: Наука, 1992. 528 с.
8. Страхов В. Н., Лапина М. И. Монтажный метод решения обратной задачи гравиметрии // ДАН. 1976. Т. 227. № 2. С. 344-347.