

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

**Институт геофизики имени Ю.П. Булашевича
Уральский государственный горный университет**



**ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГРАВИТАЦИОННЫХ, МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПОЛЕЙ**

**49-я сессия Международного семинара
им. Д.Г. Успенского - В.Н. Страхова
23 - 27 января 2023 г.**

**Екатеринбург
2023**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Институт геофизики имени Ю.П. Булашевича

Уральский государственный горный университет

**ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГРАВИТАЦИОННЫХ, МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПОЛЕЙ**

**49-я сессия Международного семинара
им. Д.Г. Успенского - В.Н. Страхова
23 - 27 января 2023 г.**

Материалы конференции

**Екатеринбург
2023**

Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 49-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского - В.Н. Страхова, 23 - 27 января 2023 г. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН. 2023. 428 с.

В сборнике представлены расширенные тезисы докладов 49-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского - В.Н. Страхова «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей». Материалы семинара отражают современное состояние теории и практики геологической интерпретации геофизических данных. В сборнике приводятся доклады, посвященные современным теориям интерпретации гравиметрических, магнитометрических и геоэлектрических данных. Приводятся результаты комплексной интерпретации геофизических полей в различных геологических условиях. Рассматриваются алгоритмы и компьютерные технологии интерпретации отдельных геофизических методов, а также вопросы комплексирования различных методов. Публикуемые материалы представляют интерес для широкого круга специалистов научных и производственных организаций, занимающихся вопросами теории и практики интерпретации геофизических данных, могут быть полезны для студентов и аспирантов геофизической специальности.

Редакционная коллегия:

П.С. Мартышко – член-корреспондент РАН – ответственный редактор

В.О. Михайлов - член-корреспондент РАН

Д.Ф. Калинин - д.т.н.

А.Л. Рублев – к.ф.м.н.

УДК 550.834:550.838.2:551.214.6(571.645)

**Комплексные геолого-геофизические исследования подводного вулкана 6.3
(Курильская островная дуга)**

**Ю.И. Блох¹, В.И. Бондаренко², А.С. Долгаль³, В.В. Петрова⁴,
О.В. Пилипенко⁵, В.А. Рашидов⁶, А.А. Трусев⁷**

yuri_blokh@mail.ru, rashidva@kscnet.ru

1 - Москва

2 - Костромской ГУ, Кострома

3 - Горный институт УрО РАН, Пермь

4 - Геологический институт РАН, Москва

5 - Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва

6 - Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

7 - АО «ГНПП Аэрогеофизика», Москва

Comprehensive geological and geophysical studies of submarine volcano 6.3, located in the transverse Broughton zone on the Sea of Okhotsk slope of the Kuril island arc, showed that the formation of this submarine volcano, like other volcanoes of the Kuril island arc, occurred during the period of geomagnetic inversions. Feeding channels and peripheral magma chambers were found in the volcanic edifice at depths of 5.5–6 km. The maximum effective magnetization of the underwater volcano 6.3 is 1.3 A/m.

К настоящему времени на Охотоморском склоне Курильской островной дуги (КОД) в пределах поперечной зоны Броутона выделено 17 вулканических массивов и изолированных подводных вулканов [1–5]. Один из них – подводный вулкан 6.3, расположенный в 40 км севернее о. Броутона, возвышается на 2100 м над дном Охотского моря.

Геолого-геофизические исследования этого подводного вулкана были выполнены в ряде рейсов научно-исследовательского судна «Вулканолог», а обработка полученного материала проведена с помощью апробированной эффективной технологии количественной интерпретации данных гидромагнитной съемки в комплексе с эхолотным промером, непрерывным сейсмоакустическим профилированием и анализом данных петромагнитного исследования и химического состава драгированных горных пород.

В результате проведенных исследований установлено, что размер основания вулканической постройки на уровне дна составляет 13×17 км, а с учетом перекрытого осадками основания, мощность которых достигает 500 м, – 20×25 км (рис. 1, 2а). Постройка вытянута в направлении с ССЗ на ЮЮВ (азимут простирания 130°). До глубины 1600–1700 м постройка является монолитной. Размер ее по изобате 1750 м 14×8 км. Выше, до глубин 1500–1260 м поднимаются несколько отдельных вершин. Минимальная зафиксированная нами глубина 1260 м, а указанное в работах [1, 6] минимальное значение глубины 700 м является ошибочным.

Объем материала подводного вулкана 6.3 может быть оценен величиной, а крутизна склонов от основания к вершине увеличивается от 10° до 30°.

При драгировании привершинной части вулканической постройки в интервале глубин 1900–1400 м были подняты умеренно-калиевые породы нормального ряда от базальтов до дацитов свежего облика. При этом часть пород кристаллизовалась в близповерхностных условиях, о чем свидетельствует присутствие пористого нераскристаллизованного стекла. Следует отметить, что к настоящему времени для подводного вулкана 6.3 известно 26 анализов химических и редкоэлементных составов драгированных пород ([1] и неопубликованные данные авторов), что в пределах КОД уступает лишь количеству анализов, выполненных для образцов, отобранных на подводном вулкане Юбилейный (5.1) [1].

Изучение петромагнитных свойств показало, что все изученные образцы обладают низкой степенью магнитной анизотропии, а их естественная остаточная намагниченность

изменяется в широком диапазоне: от 0.223 до 22.870 А/м. Наибольшей остаточной намагниченностью обладают базальты, а основным минералом-носителем их намагниченности является ферромагнетик псевдооднодоменной структуры.

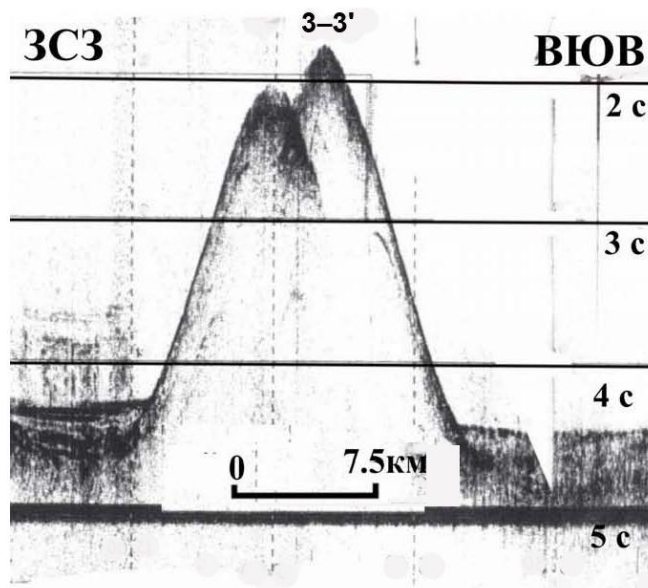


Рис. 1. Профиль непрерывного сейсмоакустического профилирования, проходящий через подводный вулкан 6.3. Местоположение профиля представлено на рис. 2.

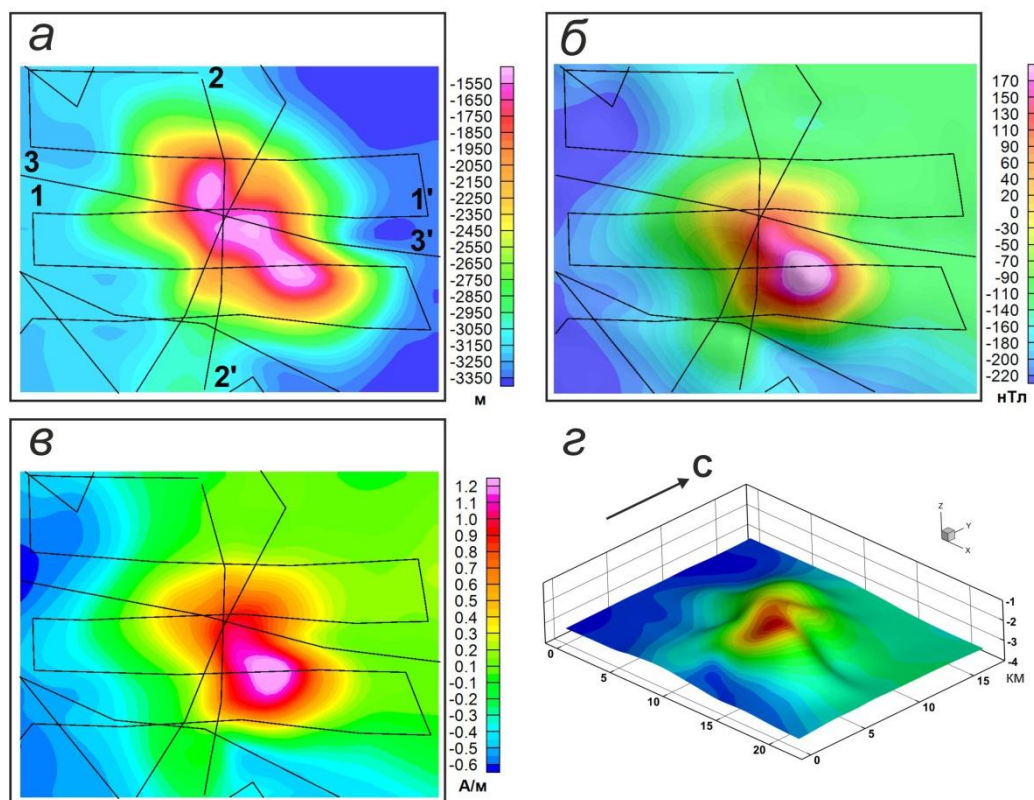


Рис. 2. Подводный вулкан 6.3: а – батиметрия; б – аномальное магнитное поле ΔT_a ; в – распределение эффективной намагниченности $J_{эф}$; г – распределение эффективной намагниченности $J_{эф}$, изображенное на поверхности вулкана. Цифрами обозначено местоположение профилей, приведенных на рис. 1 и 5.

Проведенный анализ зависимости намагниченности насыщения J_s от температуры T (рис. 3) показал, что основным носителем намагниченности в измеренных образцах являются псевдооднородные зерна титаномагнетита $Fe_{(3-x)}Ti_xO_4$ с содержанием титана Ti : $X=0.32-0.41$ и $X=0.19-0.22$.

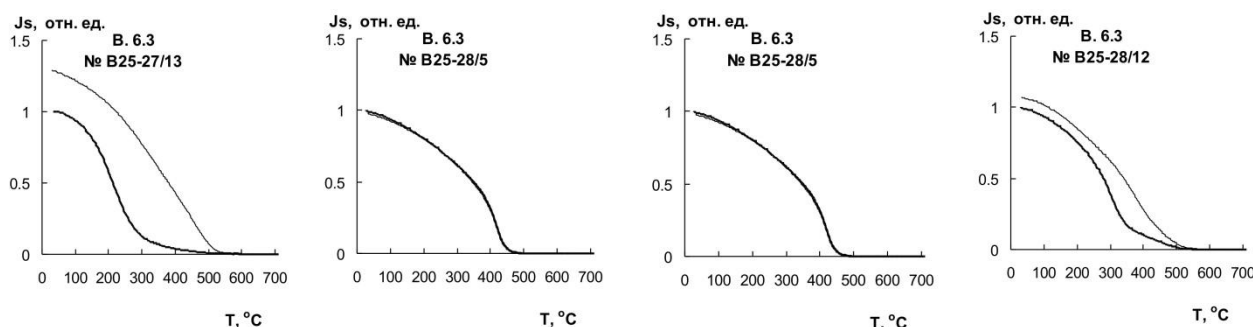


Рис. 3. Терромагнитные кривые $M_s(T)$ для подводного вулкана 6.3. Жирная линия – кривая первого нагрева. Тонкая линия — кривая второго нагрева.

Размах аномалии ΔT_a , приуроченной вулканической постройки достигает 400 нТл, а ее максимум расположен в юго-восточной части вершины (рис. 2б).

С помощью программы ИГЛА [7] уточнено, что вектор эффективной намагниченности $J_{эф}$ пород отклонен от вектора нормального поля T_0 на восток на 33° (рис. 4). Это говорит о том, что образование вулкана 6.3, как и других подводных вулканов Курильской островной дуги [8], вероятнее всего, происходило в периоды глобальных геомагнитных возмущений.

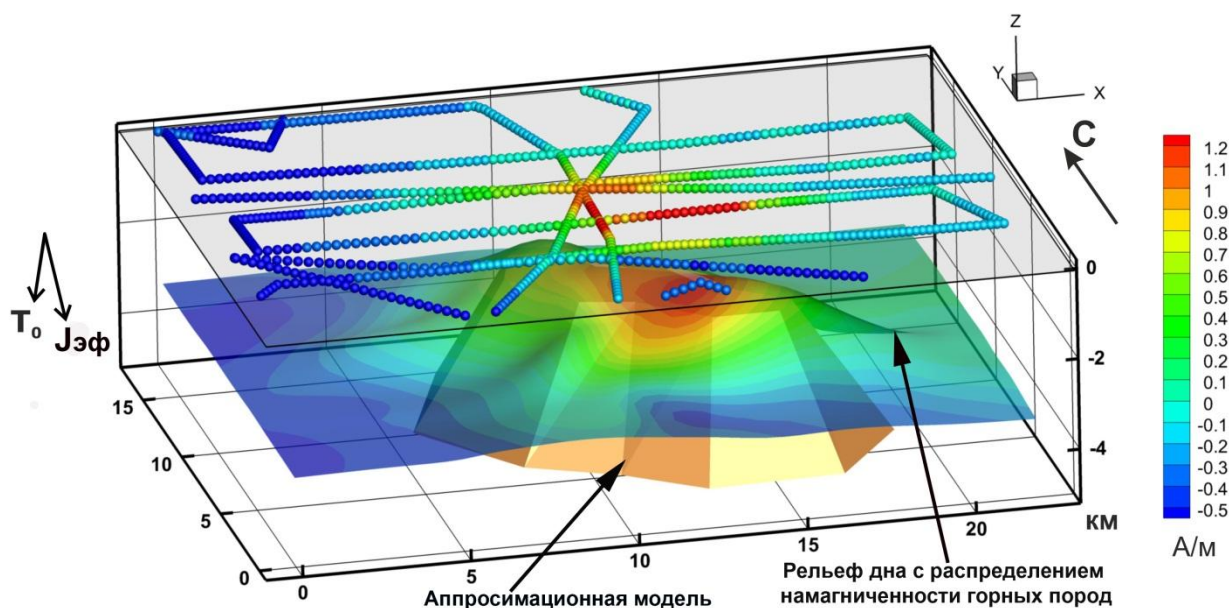


Рис. 4. Уточнение направления вектора эффективной намагниченности $J_{эф}$ подводного вулкана 6.3 с помощью программы ИГЛА.

Применение интегрированной системы СИНГУЛЯР [9] позволило установить в постройке подводного вулкана 6.3 субвертикальное положение подводящих каналов и наличие на глубинах 5.5–6 км периферического магматического очага (рис. 5), а также то, что к вершине подводного вулкана приурочены геоплотностные неоднородности [2].

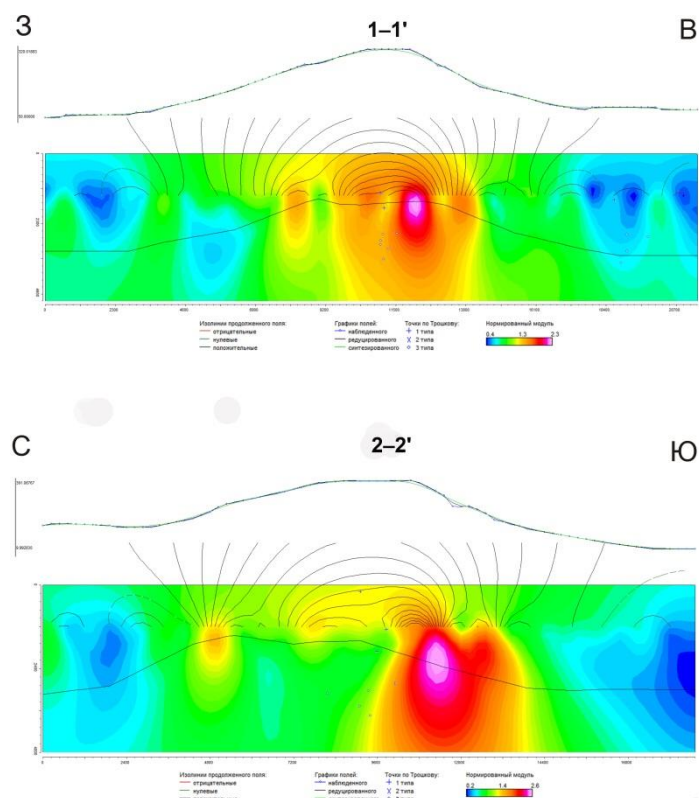


Рис. 5. Изображение, синтезированное системой СИНГУЛЯР для локализации особых точек функции, описывающее аномальное магнитное поле ΔT_a подводного вулкана 6.3, наложенное на рельеф дна. Местоположение профилей представлено на рис. 2а.

Трехмерное моделирование вулканической постройки с помощью пакета структурной интерпретации гравитационных и магнитных аномалий СИГМА-3D [10] показало, что максимальная эффективная намагниченность подводного вулкана 6.3 составляет 1.3 А/м (см. рис. 2в–г), и приурочена к ее юго-восточной части. Эта величина хорошо согласуется с данными петромагнитных исследований. Среднеквадратическая погрешность подбора аномального магнитного поля при моделировании после 43 итераций оказалась равной 12 нТл.

В результате выполненных исследований уточнена морфология подводного вулкана 6.3, и, в частности, показано, что минимальная глубина, зафиксированная над вершиной вулкана, равна 1260 м. Получены первые сведения о петромагнитных свойствах слагающих его горных пород.

Результаты магнитного моделирования позволили построить петромагнитную модель, предположить наличие в вулканической постройке подводящих каналов и периферического магматического очага, а также говорить о том, что подводный вулкан 6.3, как и другие подводные вулканы Охотоморского склона КОД, образовался в период глобальных геомагнитных возмущений.

Полученные результаты в дальнейшем можно будет рассматривать с различных точек зрения при изучении подводных вулканов Охотоморского склона КОД.

Список литературы

1. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Отв. ред. Ю.М. Пушаровский. М.: Наука, 1992. 528 с.
2. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Рашидов В.А., Трусов А.А. Комплексные исследования Броутонской группы подводных вулканов в Курильской островной дуге // Геология морей и океанов: Материалы XXI Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. М.: ГЕОС, 2015. Т. 5. С. 43–47.

3. *Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А.* Комплексные исследования подводных вулканов Броутонской поперечной вулканической зоны (Курильская островная дуга) // Материалы XXI региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвящённой Дню вулканолога, 29 – 30 марта 2018 г. / Главный редактор: академик РАН Е.И. Гордеев. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. С. 91–94.
4. *Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А.* Новые данные о строении подводных вулканов Центральных Курил // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей. Десятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Материалы конференции. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2019. С. 50–55.
5. *Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А.* Подводные вулканы Броутонской вулканической зоны (центральная часть Курильской островной дуги) // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Сборник научных трудов. Вып. 1 (46). Пермь: ГИ УрО РАН, ПГНИУ, 2019. С. 47–51.
6. Новейший и современный вулканизм на территории России / Отв. ред. Н.П. Лаверов. М.: Наука, 2005. 604 с.
7. *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.
8. *Блох Ю.И., Рашидов В.А., Трусов А.А.* Оценка остаточной намагниченности подводных вулканов Курильской островной дуги с применением программы ИГЛА // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2015. № 2. Вып. № 26. С. 5–10.
9. *Блох Ю.И., Каплун Д.В., Коняев О.Н.* Возможности интерпретации потенциальных полей методами особых точек в интегрированной системе «СИНГУЛЯР» // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 1993. № 6. С. 123–127.
10. *Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А.* Возможности структурно-вещественного картирования по данным магниторазведки и гравиразведки в пакете программ СИГМА-3D // Геофизический вестник. 2004. № 3 С. 11–15.