

УДК 551.214

**Комплексные геолого-геофизические исследования подводных и наземных вулканов Курильской островной дуги в 2018-2019 гг.**

*Аникин Л.П.<sup>1</sup>, Блох Ю.И.<sup>2</sup>, Бондаренко В.И.<sup>3</sup>, Долгаль А.С.<sup>4</sup>, Долгая А.А.<sup>1</sup>, Новикова П.Н.<sup>4</sup>, Петрова В.В.<sup>5</sup>, Пилипенко О.В.<sup>6</sup>, Рашидов В.А.<sup>1</sup>, Трусов А.А.<sup>7</sup>.*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

*Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: alp@kscnet.ru*

<sup>2</sup> *Москва, 105215*

<sup>3</sup> *Костромской ГУ, 156961 Кострома;*

<sup>4</sup> *Горный институт УрО РАН*

*Пермь, 614007*

<sup>5</sup> *Геологический институт РАН*

*Москва, 109017*

<sup>6</sup> *Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН*

*Москва, 123995*

<sup>7</sup> *АО “ГНПП Аэрогеофизика”*

*Москва, 125373*

Приводятся результаты комплексных геолого-геофизических исследований, полученные при изучении подводных и наземных вулканов Курильской островной дуги в апреле 2018–марте 2019 гг.

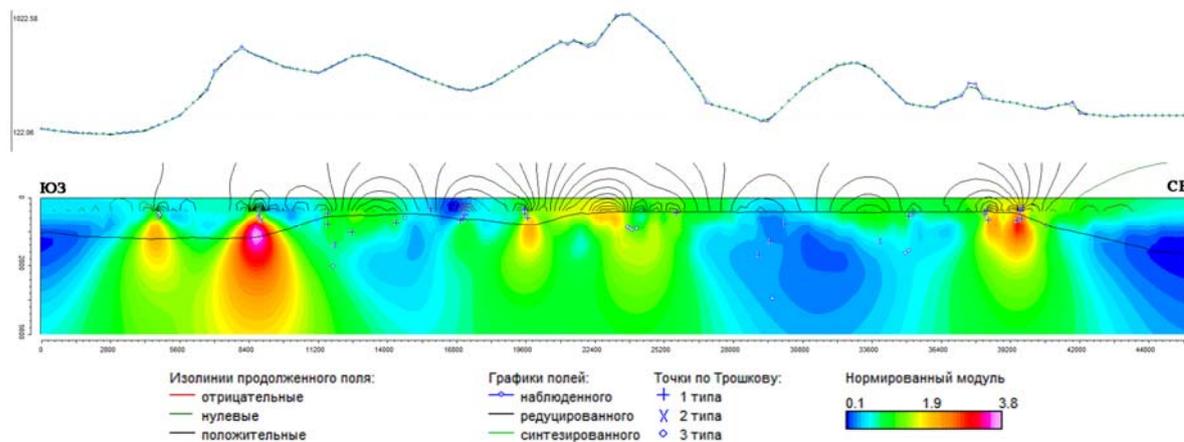
В апреле 2018–марте 2019 гг. авторским коллективом были продолжены комплексные геолого-геофизические исследования подводных и наземных вулканов Курильской островной дуги (КОД) [1-3]. Материалы гидромагнитной съемки, выполненной в пределах Северных Курил с борта научно-исследовательского судна (НИС) «Вулканолог», были использованы при составлении комплекта карт ГФО-200 листа М-56-ХVIII (Парамуширская площадь). Продолжено развитие базы данных эхолотного промера и непрерывных геофизических исследований, выполненных на НИС «Вулканолог», и реализован картографический программный модуль для отображения галсов судна и местоположения станций драгирования.

Выполнены 83 анализа химического состава образцов горных пород, драгированных со склонов и вершин подводных вулканов КОД, а также 95 определений петромагнитных свойств этих образцов. Петромагнитные исследования показали, что естественная остаточная намагниченность  $J_n$  горных пород, слагающих постройку подводного вулканического массива 6.13, достигает 12,41 А/м для базальтов и 8,50 А/м – для андезитов. Максимальные значения  $J_n$  для пород, слагающих постройку подводных вулканов Миронова, Обручева, 6.3, Юбилейный и Крылатка, составляют, соответственно: 5,85, 4,20, 22,87, 5,32 и 11,9 А/м.  $J_n$  образцов, драгированных со склонов подводного вулкана о. Броутона, равна 6 А/м, а со склонов подводного вулкана 6.10 – 33,8 А/м.  $J_n$  горных пород, слагающих массив Вавилова и хребет Архангельского, достигает, соответственно, 14,8 А/м и 11 А/м. Такие высокие значения  $J_n$  обусловлены высоким содержанием однодоменных и псевдооднодоменных зерен титаномагнетита и магнетита. Величины  $J_n$  у образцов, драгированных на подводном вулкане Макарова, лежат в диапазоне 1,14-3 А/м.

В Броутонской подводной вулканической зоне, расположенной в пределах Центральных Курил, на склонах подводных вулканических массивов Черных Братьев, Броутона и 6.13 обнаружены многочисленные линзы осадочных отложений с объемом до 10–15 км<sup>3</sup>, находящихся в гравитационно-неустойчивом состоянии, создающем потенциальную опасность возникновения крупных подводных цунамигенных оползней, о разрушительной силе которых можно судить по событиям в Зондском проливе 23 декабря 2018 г. после извержения вулкана Анак-Кракатау.

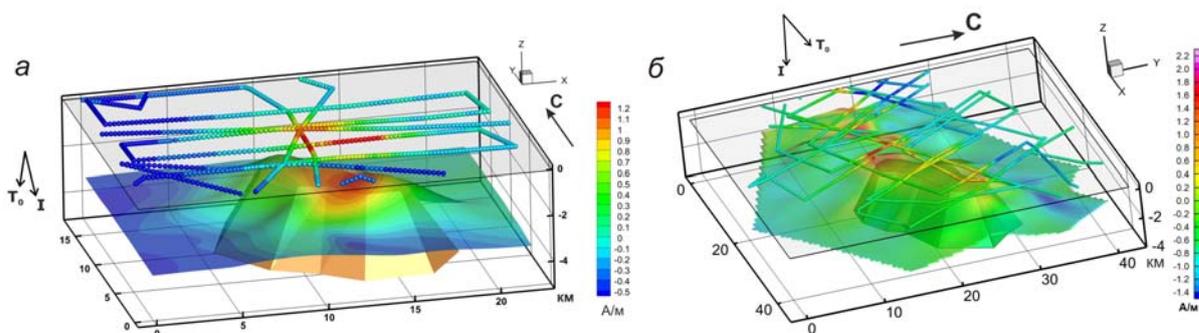
В породах вулканов Обручева и Архангельского присутствуют эпидот, хлорит, альбит – минералы, свидетельствующие о локальных гидротермальных процессах

Интерпретация данных гидромагнитной съемки с помощью системы СИНГУЛЯР показала, что в пределах массива Вавилова выделяются субвертикальные подводящие каналы, в пределах хребта Архангельского подводящие каналы имеют субвертикальное и юго-восточное простирание, а на глубинах 1100-1200 м расположен периферический магматический очаг (рис. 1).



**Рис. 1.** Подводный хребет Архангельского. Изображение, синтезированное системой СИНГУЛЯР, для локализации особых точек функции, описывающей аномальное магнитное поле  $\Delta T_a$ .

С помощью программы ИГЛА уточнено, что вектор эффективной намагниченности пород, слагающих подводный вулкан 6.3, отклонен от вектора нормального поля  $T_0$  на восток на  $33^\circ$  (рис. 2а); вектор эффективной намагниченности пород, слагающих вулканический хребет Архангельского, отклонен от вектора нормального поля  $T_0$  на запад на  $30^\circ$  (рис. 2б). Это говорит о том, что образование этих структур, как и других подводных вулканов Броутонской зоны, вероятнее всего, происходило в периоды глобальных геомагнитных возмущений.

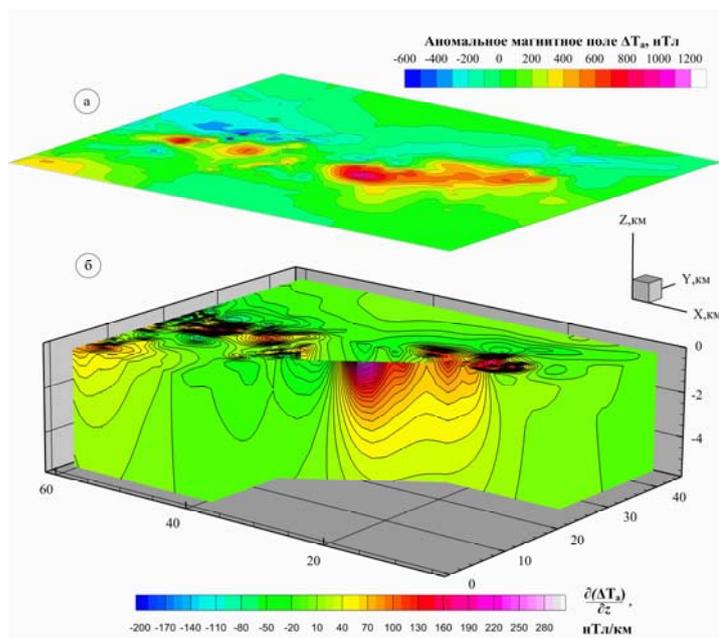


**Рис. 2.** Уточнение направления векторов намагниченности подводного вулкана 6.3 (а) и подводного вулканического массива Архангельского (б) с помощью программы ИГЛА.

По первой вертикальной производной  $(\partial \Delta T_a) / \partial z$  была выполнена томографическая интерпретация магнитного поля массива Архангельского (рис. 3). Основные аномальные зоны эффективной намагниченности  $J_{\text{эф}}$  являются положительными и вытянуты в субширотном и северо-восточном направлении. Наиболее интенсивный аномальный участок отражается центральной положительной аномалией и прослеживается до глубины  $\sim 4$  км. По характеру пространственного распределения  $J_{\text{эф}}$  можно выделить в пределах изучаемой площади блоки, различные по геометрическим и петромагнитным характеристикам.

В июле-октябре 2018 г. проведены комплексные геолого-геофизические исследования северо-западной части острова-вулкана Алаид, расположенного на о.

Атласова, который находился в стадии фумарольной активности. Магнитная восприимчивость горных пород на обследованном участке о. Атласова изменяется в диапазоне  $(0,7-45,2) \times 10^{-3}$  СИ, что хорошо согласуется с результатами наших предыдущих исследований. В районах прорыва Олимпийский, ручья Алаидского, мыса Плечо и мыса Ночной отмечены проявления меди, наблюдаемые, как и на других участках о. Атласова, по трещинам и в виде сплошных покровов. Недалеко от прорыва Олимпийский на разнотравном лугу обнаружена колония наземных улиток из семейства Bradybaenidae, которые являются наиболее крупными представителями наземной малакофауны азиатской части России (рис. 4).



**Рис. 3.** Изолинии аномального магнитного поля  $\Delta T_m$  (а) и 3D-диаграмма (б), отражающая пространственное распределение квазинамагниченности  $J_{\phi}$  горных пород, слагающих подводный вулканический хребет Архангельского.

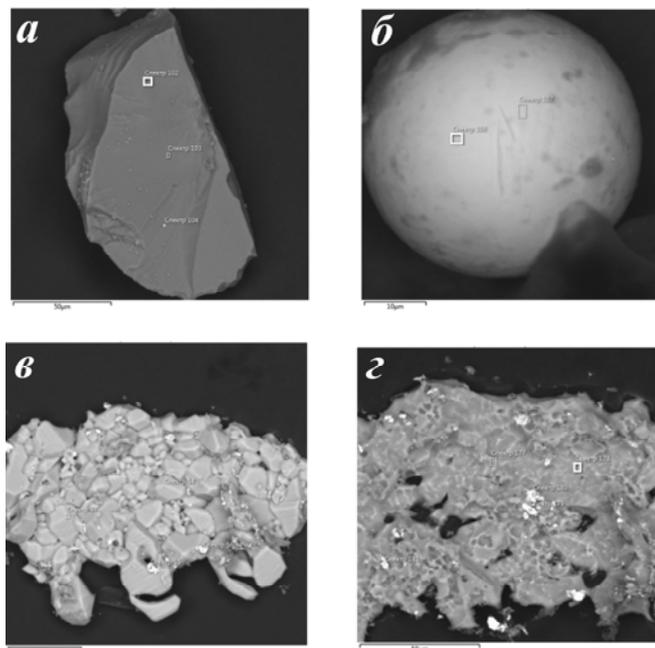


**Рис. 4.** Наземная улитка из семейства Bradybaenidae

24 октября 2018 г. на вершине вулкана Алаид впервые опробованы лавовые потоки терминального извержения 2015-2016 гг., магнитная восприимчивость которых изменяется в диапазоне  $(0,24-23,3) \times 10^{-3}$  СИ. Проведенные диагностические исследования этих потоков с помощью аналитического сканирующего электронного микроскопа Teskan VEGA 3 с ЭД-спектрометром «X-MAX 80» позволили установить большое разнообразие минеральных ассоциаций: выделены касситерит, муассанит (рис.

5а), корунд, карбонат, циркон, гранат, карбонат? бария (рис. 5б), циркон, соединения серы с таллием (рис. 5в, з).

В июле-августе 2018 г. проведено визуальное наблюдение за активностью действующего вулкана Эбеко на о. Парамушир и собрана коллекция проб пепла, отобранных в разных местах острова, а 11 августа 2018 г. проведен отбор свежих образцов горных пород в прикратерной части вулкана, магнитная восприимчивость которых изменяется в диапазоне  $(1,6-16,9) \times 10^{-3}$  СИ.



**Рис. 5.** Минеральные ассоциации лавовых потоков терминального извержения 2015-2016 гг. вулкана Алаид: а – муассанит; б – карбонат бария; в, з – агрегат серы с соединением таллия и брома.

В результате выполненных исследований получены принципиально новые сведения о подводном вулканизме в пределах КОД, которые актуальны для решения таких прикладных задач, как прогноз вулканической активности подводных вулканов и изучение возможности прихода цунами со стороны Охотского моря. Не вызывает сомнений необходимость проведения последующих комплексных междисциплинарных исследований действующих вулканов Алаид и Эбеко, расположенных на границе двух субъектов Российской Федерации – Сахалинской области и Камчатского края.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проекты 18-05-00041 и 18-05-00410).

#### Список литературы

1. Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С. и др. 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.
2. Бондаренко В.И., Рашидов В.А. Подводная вулканическая активность в пределах Охотоморского склона Курильской островной дуги // Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. № 4(23). С. 1-7. <http://oilgasjournal.ru>
3. Рашидов В.А., Аникин Л.П. Полевые работы на вулкане Алаид (о. Атласова, Курильские острова) в 2018 году // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. № 3. Вып. № 39. С. 112-113.