

## ВУЛКАНИЧЕСКИЙ МАССИВ АЛАИД (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА)

Ю. И. Блох<sup>1</sup>, В. И. Бондаренко<sup>2</sup>, В. А. Рашидов<sup>3</sup>, А. А. Трусов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный геологоразведочный университет им. Орджоникидзе, Москва, 117873; e-mail: yuri\_blokh@mail.ru;

<sup>2</sup>Костромской Государственный Университет им. Н.А. Некрасова, Кострома, 156000; e-mail: vbond@list.tu;

<sup>3</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: rashidva@kscnet.ru;

<sup>4</sup>ЗАО ГНПП «Аэрогеофизика», Москва, 107140; e-mail: trusov@nm.ru

В 1981-1991 гг. в 11, 15 и 40 рейсах НИС «Вулканолог» был исследован вулканический массив Алаид, состоящий из острова-вулкана Алаид (о. Атласова) и подводного вулкана Григорьева (рис. 1). Выполнены эхолотный промер, непрерывное сейсмоакустическое профилирование в модификации метода «центрального луча» (НСП), модульная гидромагнитная съемка (ГМС) (рис. 2), драгирование, отбор проб рыхлых осадков и геологические маршруты на острове.

Вулканический массив Алаид размером 23×30 км имеет северо-западное простирание и вместе с поднятием дна в проливе Алаид, образует крупную своеобразную морфоструктурную зону северо-западного простирания, поперечную Большой Курильской гряде. На продолжении этой зоны на о. Парамушир располагаются вулканы хребта Вернадского, а на расстоянии ~ 85 км к северо-западу от подводного вулкана Григорьева, находится банка Лебеда (рис. 1).

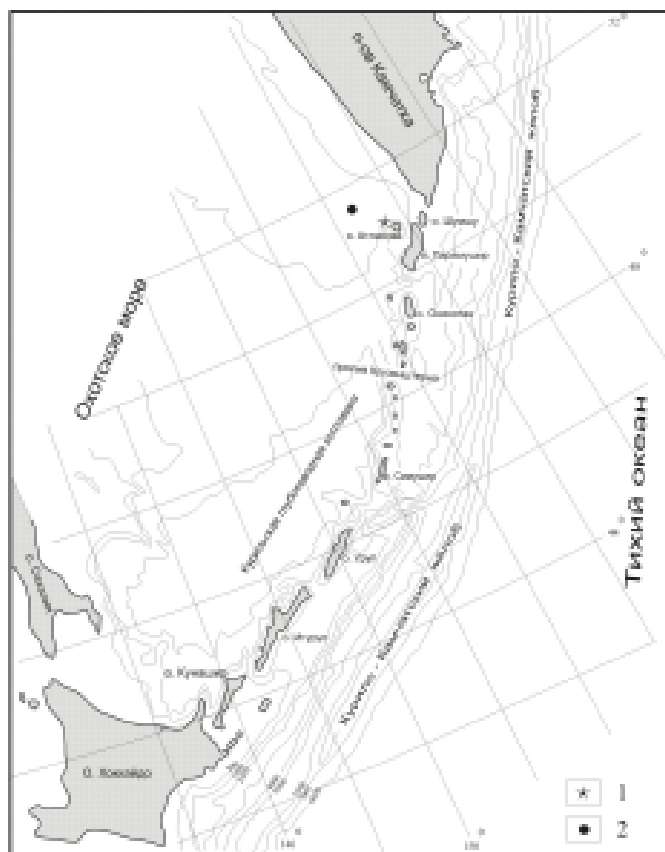
**Действующий вулкан Алаид** располагается на северо-восточном окончании Большой Курильской гряды и поднимается со дна прогиба Атласова с глубин 750-800 м (рис. 2).

Алаид, самый высокий вулкан Курильских островов, имеет абсолютную высоту 2339 м и превышение над дном Охотского моря – 2850-3000 м. Размер основания вулкана на уровне моря – 12×17 км.

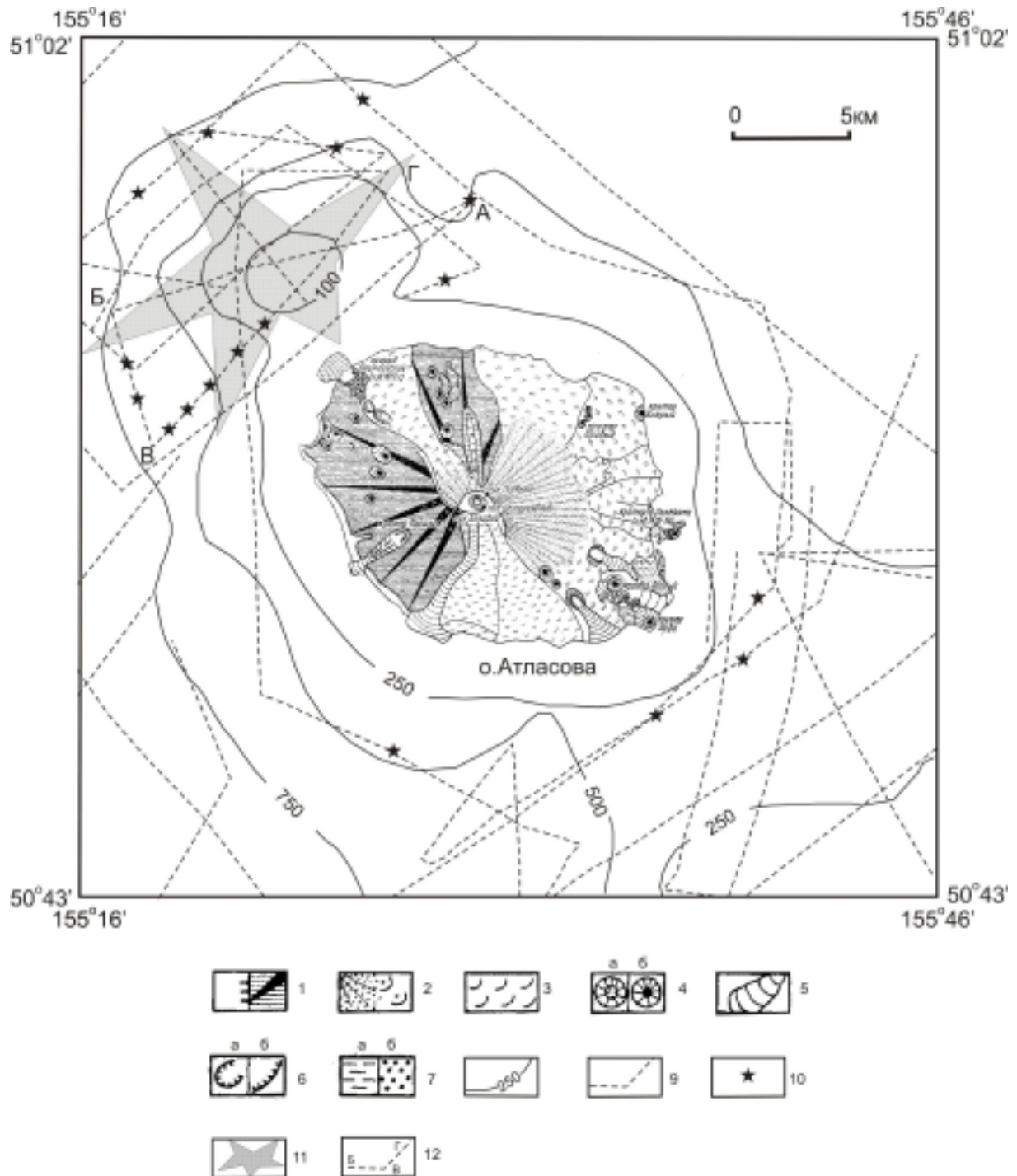
Алаид представляет собой сложный стратовулкан. Извержения относятся к этно-стромболианскому, вулканскому, вулканско-стромболианскому и субплинианскому типам [1, 25].

В XX веке произошли извержения вулкана Алаид [1, 3-5, 13, 14, 18, 24-26, 28, 29]: латеральные - в 1933-1934 гг. Такетоми и в 1972 г. прорыв Олимпийский, а также терминальное в 1981 г. (рис. 3).

Возраст вулкана Алаид, по литературным данным, варьирует от среднего плейстоцена до голоцена [1, 13, 16-18]. Но все эти предположения



**Рис. 1.** Местоположение района исследований: 1 – подводный вулкан Григорьева; 2 – банка Лебеда.



**Рис. 2.** Схема строения массива Алаид. Построена с использованием данных из работ [1, 25]. 1 - древний конус вулкана Алаид; 2 - молодой конус вулкана Алаид и его лавовые потоки; 3 - лавовые потоки центрального конуса вулкана Алаид; 4 - терминальный (а) и побочные латеральные шлаковые конусы (б) вулкана Алаид; 5 - лавовые потоки внутреннего и побочных шлаковых конусов вулкана Алаид; 6 - кратеры (а) и эрозионные уступы (б) вулкана Алаид; 7 - морская терраса (а) и пирокластические образования кратера Такетоми (б); 8 - изобаты, м; 9 - галсы эхолотного промера, НСП и ГМС; 10 - подводные лавовые конусы; 11 - подводный вулкан Григорьева; 12 - профили эхолотного промера, представленные на рис. 5.



**Рис. 3.** Терминальное извержение вулкана Алаид. 29 апреля 1981 г. Фото В.А. Подтабачного.

базируются на косвенных признаках, а данные определения абсолютного возраста отсутствуют.

Предголоценовая терраса вокруг о. Атласова почти везде отсутствует. Лишь у северо-западного подножия, между вулканами Алаид и Григорьева, отмечается небольшой фрагмент террасы на глубине около 140 м, что практически соответствует голоценовому повышению уровня моря. Вероятно, вулкан Алаид уже поднимался над уровнем моря в позднем плейстоцене. Однако в результате очень большой активности вулкана в голоцене плейстоценовая постройка была почти полностью погребена молодыми вулканическими образованиями.

Среди пород, слагающих постройку вулкана Алаид, доминируют пироксен-плагиоклазовые, и плагиоклазовые высокоглиноземистые базальты с повышенной щелочностью. Встречаются также в весьма ограниченном количестве авгит-оливиновые андезитобазальты. Базальты молодого конуса вулкана Алаид, а также современных и относительно древних побочных конусов, однотипны по химическому и минералогическому составам [13, 4, 13, 16, 20, 23, 26, 27].

Характерной особенностью вулкана Алаид, в отличие от большинства других наземных вулканов Курильской островной дуги, является наличие большого числа (более тридцати) паразитических шлаковых конусов, расположенных как у основания вулкана, так и на его склонах, и сконцентрированных в нескольких группах [1, 13, 20]. Подавляющее большинство конусов приурочено к линии северо-западного простирания, однако можно выделить и непротяженные цепочки побочных конусов северо-северо-восточного простирания, субпараллельных простиранию Большой Курильской гряды (рис. 2). Большинство шлаковых конусов сильно разрушено. Из некоторых изливались лавовые потоки. Относительная высота побочных конусов 30-200 м, а диаметр основания – 300-700 м.

Несколько побочных конусов отмечено и на подводном продолжении южного и юго-восточного склонов вулкана [2], что свидетельствует о его заметной эксцентрической деятельности. Один из них – Такетомии – начал извергаться в 1934 г. как подводный, а затем причленился к о. Атласова с юго-востока [29].

На продолжении зоны повышенной проницаемости северо-западного простирания на о. Парамушир находятся вулканы хребта Вернадского. На двух постройках этого хребта (вулканы Ветровой и Влодавца), как и на вулкане Алаид, отмечено большое количество побочных шлаковых конусов, которые не характерны для вулканов Большой Курильской гряды [1, 19].

Следует отметить, что после относительно небольшого побочного извержения 1972 г. (прорыв Олимпийский), на вулкане появилась мощная открытая гидротермальная система, термы которой заметно отличаются по своему составу от высокотемпературных, высокодебитных вод крупных гидротермальных систем, как Курильских островов, так и других районов активного вулканизма. Возможно, очаг нагрева подземных вод находится юго-западнее генеральной линии местоположения побочных кратеров вулкана и является долгоживущим [9].

К большому сожалению, описанию этого феномена посвящена единственная работа, а в дальнейшем исследования по изучению гидротермальной системы острова-вулкана Алаид не проводились.

**Подводный вулкан Григорьева** располагается на генеральной линии северо-западного направления местоположения побочных конусов вулкана Алаид (рис. 2).

Вулкан поднимается с глубин 800–850 м, и его основание срослось с основанием вулкана Алаид. Размеры вулкана в поперечнике составляют 12.5×15 км, а по изобате 500 м – 8.5×11.5 км (рис. 2, рис. 4а). Объем вулканической постройки ~40 км<sup>3</sup>. Крутизна склонов достигает 10°–15°.

Вершина подводного вулкана Григорьева срезана абразией и снивелирована до уровня 120–140 м, что практически соответствует положению уровню моря в позднем плейстоцене. В западной и юго-западной частях вершины отмечены скальные выступы, поднимающиеся до глубин 50–55 м (рис. 5) [8, 20, 21]. Возможно, они являются отпрепарированным некком, а может быть, образовались после формирования вершины и представляют собою голоценовые экструзии или небольшие лавовые постройки.

У основания и на склонах вулканической постройки отмечены отдельные экструзивные купола [2] (рис. 2), самый крупный из которых, расположенный на расстоянии ~5 км от плоской вершины на восточном склоне вулкана, имеет относительную высоту 100 м и размер основания – 1.4 км.

На юго-западном склоне вулкана на глубинах 750–230 м отмечена цепочка скальных выступов северо-восточного простирания с относительной высотой от 30 до 60 и размерами в поперечнике – 400–650 м [6, 7], которые, вероятно, также являются лавовыми куполами (рис. 2, 5).

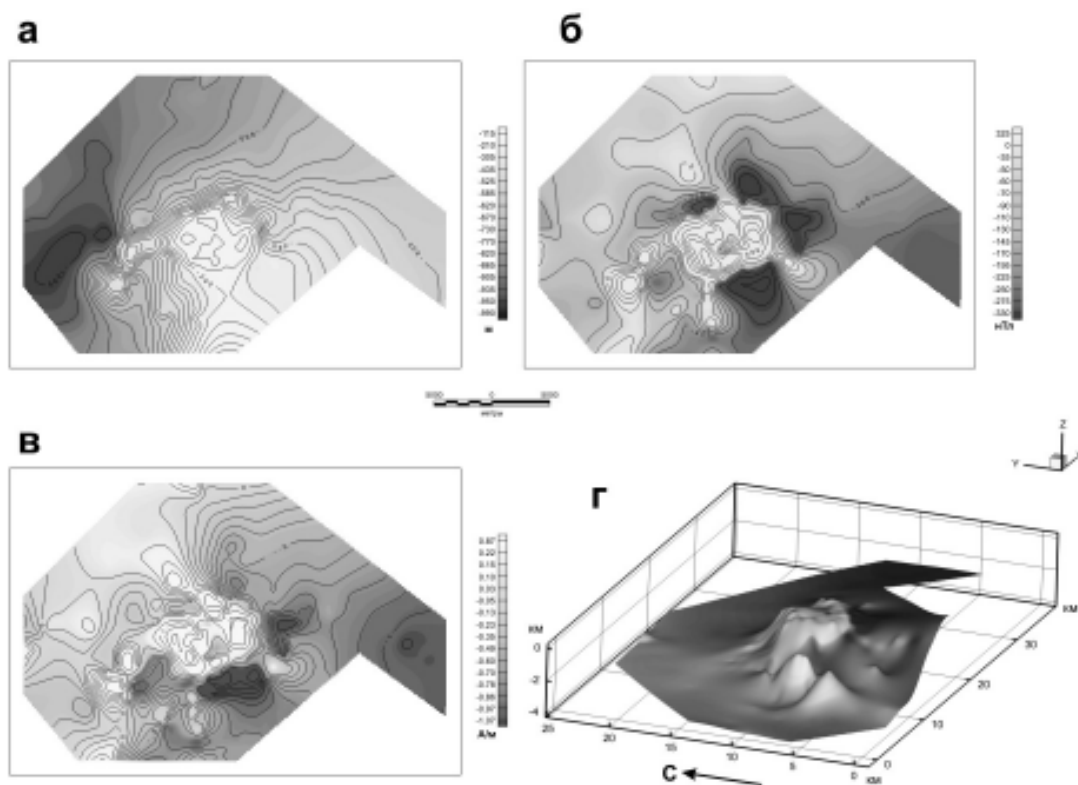
Наличие большого числа побочных лавовых куполов является характерной особенностью вулкана Григорьева, отличающей его от большинства подводных вулканов Курильской островной дуги.

Судя по записям НСП, вулканическая постройка сложена, в основном, плотными вулканическими породами. Основание вулкана перекрывается осадочным чехлом мощностью до 1.5–2 км. Вулканокластический и пирокластический материал, поднятый со склонов вулкана в дночерпательных пробах, имеет незначительную мощность.

При драгировании подводного вулкана Григорьева были подняты однотипные высокоглиноземистые, высокожелезистые, высококальциевые и умеренно-титанистые базальты. Базальты варьируют от низко- до высококремнеземистых разновидностей. Они почти идентичны базальтам вулкана Алаид. При этом по низкому уровню содержания SiO<sub>2</sub> они наиболее близки породам старой постройки вулкана Алаид [1, 20], в пределах которой в 1972 г. произошло побочное извержение (прорыв Олимпийский) и образовалась мощная гидротермальная система.

Остаточная намагниченность драгированных базальтов изменяется в диапазоне 1.47–28.45 А/м, магнитная восприимчивость – в диапазоне (2.39–94.83)×10<sup>-3</sup>СИ, а отношение Кенигсбергера – в диапазоне 1.24–22.65 [6, 7].

К подводному вулкану Григорьева, судя по данным ГМС, приурочена интенсивная аномалия магнитного поля ДТс с размахом более 1400 нТл (рис. 4б) [6, 7, 21] Вулканическая



**Рис. 4.** Подводный вулкан Григорьева: *a* – батиметрия; *б* – аномальное магнитное поле,  $\Delta T_a$ ; *в* – локальная эффективная намагниченность; *г* – распределение эффективной намагниченности, изображенное на поверхности вулкана.

постройка намагничена по направлению современного магнитного поля, и ее возраст не древнее 700 тыс. лет.

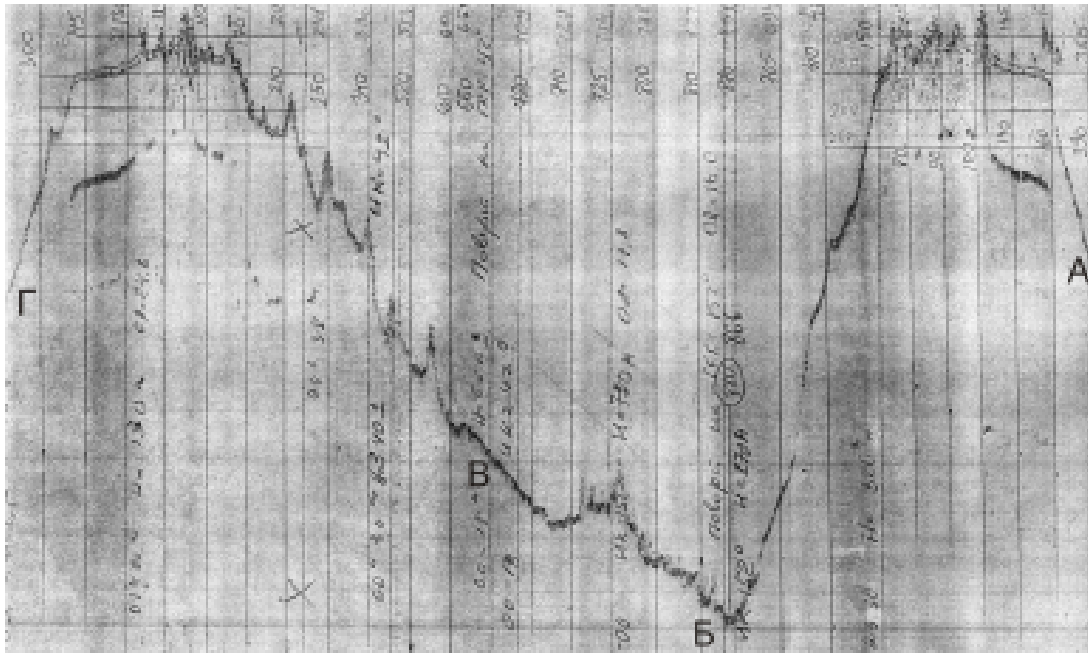
Магнитное поле имеет мозаичный характер. Все выделенные по данным эхолотного промера и НСП скальные выступы отчетливо проявляются в магнитном поле. Количественная интерпретация магнитного поля была выполнена с помощью пакета программ структурной интерпретации потенциальных полей СИГМА-3D [5-7]. Результаты расчетов показали, что эффективная намагниченность отмеченных скальных выступов сопоставима с намагниченностью самой постройки подводного вулкана Григорьева (рис. 4в, 4г). Это, вероятнее всего, указывает на их лавовую природу, и отмеченные неоднородности рельефа действительно являются лавовыми куполами, развитыми вдоль радиальной трещины северо-восточного простирания параллельно простиранию Курильской островной дуги [6, 7].

Сравнивая значения эффективной намагниченности и результаты изучения магнитных свойств драгированных пород, можно с большой долей вероятности предположить, что вся постройка подводного вулкана Григорьева сложена однотипными высокоглиноземистыми базальтами, наиболее близкими породам старой постройки вулкана Алаид.

### Обсуждение результатов

Учитывая все имеющиеся факты можно сделать вывод о том, что подводный вулкан Григорьева является самостоятельным вулканическим сооружением, а не боковым конусом вулкана Алаид, как предполагалось ранее [1, 8, 13] и, возможно, является потенциально активным.

Вулканы Алаид и Григорьева, по-видимому, возникли одновременно. Об этом свидетельствуют плоская вершинная поверхность вулкана Григорьева на глубине 120-140 м и фрагменты предголоценовой террасы у северо-западного подножия о. Атласова, а также результаты интерпретации данных ГМС. Но, так как вулкан Алаид проявлял высокую



**Рис. 5.** Профили эхолотного промера подводного вулкана Григорьева. Местоположение профилей показано на рис. 2.

активность в голоцене, то, по-видимому, в других местах эта терраса была полностью перекрыта молодыми вулканическими породами.

Вершина вулкана Григорьева в плейстоцене, по-видимому, возвышалась над уровнем моря, но в результате голоценового повышения уровня моря была срезана абразией и оказалась на глубине 120-140 м. Наличие доголоценовой террасы на вершине вулкана и намагниченность пород по направлению современного геомагнитного поля позволяют оценить возраст вулкана в интервале 700000-10000 лет. Не исключено, что он проявлял активность в голоцене, когда сформировалась вершинная часть, находящаяся выше уровня подводной террасы.

Островершинные скальные выступы в южной части вершины подводного вулкана Григорьева, возможно, являются останцами позднеплейстоценового вулканического конуса. Но не исключено, что они могли образоваться и вследствие проявлений магматической активности в данном месте уже в голоцене. Не исключено, что, и экструзивные купола подводного вулкана Григорьева образовались в голоцене. Данные эхолотного промера, НСП, ГМС и измерения магнитных свойств драгированных образцов позволяют предположить, что постройка подводного вулкана Григорьева сложена, преимущественно, однотипными высокоглиноземистыми плотными базальтами.

Наличие такого значительного количества побочных куполов на подводном вулкане Григорьева и острове-вулкане Алаид является характерным отличием вулканического массива Алаид от большинства остальных массивов и одиночных вулканов Курильской островной дуги.

Действующий вулкан Алаид и подводный вулкан Григорьева генетически связаны между собой и составляют единый вулканический массив. На юго-восточном фланге линейной зоны северо-западного простираения, в которой располагается массив Алаид, находятся действующий вулкан Эбеко и проявляющий интенсивную гидротермальную деятельность вулкан Влодавца, а на расстоянии ~85 км к северо-западу от подводного вулкана Григорьева - банка Лебеда (рис. 1).

Известно, что к слабоизученной банке Лебеда, которую считают выступом фундамента, приурочены интенсивные (до 1000 нТл) положительные и отрицательные аномалии магнитного поля [15, 22]. При весьма сложном малочисленном драгировании банки Лебеда поднят песчано-глинистый материал, галька эффузивов среднего и кислого состава, квар-



цевая галька, небольшие обломки (до 10-12 см в поперечнике) андезитов, плагиандезитов, алевролитов и туффитов [10, 11].

Если врезка (рис. 6) к карте [12] соответствует реальности, а не является артефактом, то получается, что вулканический массив Алаид и банка Лебеда располагаются по краям огромной, до 125 км в поперечнике, отрицательной структуры.

При современном уровне изученности говорить о природе этой отрицательной структуры, если, конечно, она существует в реальности, нельзя. Но, несомненно, сделанное предположение имеет право на существование и нуждается в проверке.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что действующий вулкан Алаид и подводный вулкан Григорьева генетически неразрывно связаны между собой и составляют единый массив северо-западного простирания. Массив располагается в пределах линейной зоны повышенной проницаемости северо-западного простирания, протягивающейся от хребта Вернадского (о. Парамушир) на юго-востоке и, возможно, до банки Лебеда на северо-западе.

Наличие значительного числа побочных конусов существенно отличает массив Алаид от большинства наземных и подводных вулканов Курильской островной дуги.

Термы мощной открытой гидротермальной системы, появившейся после побочного извержения 1972 г. (прорыв Олимпийский) на вулкане Алаид, также заметно отличались по своему составу от высокотемпературных, высокодебитных вод крупных гидротермальных систем Курильских островов.

Все это дает основание говорить об аномальном магматизме массива Алаид, по отношению к другим вулканам и вулканическим массивам Курильской островной дуги.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05-05-65102), ДВО РАН (проекты 05-3-А-08-104 и 06-3-А-08-326).

### Список литературы

1. Абдурахманов А. И., Пискунов Б.Н., Смирнов И.Г., Федорченко В.И. Вулкан Алаид (Курильские острова) // Восточно-Азиатские островные системы (тектоника и вулканизм). Южно-Сахалинск, 1978. С. 85–107.
2. Авдейко Г.П., Гавриленко Г.М., Черткова Л.В. и др. Подводная газогидротермальная активность на Северо-Западном склоне о. Парамушир (Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1984. № 6. С. 66–81.
3. Авдейко Г.П., Токарев П.И., Меняйлов И.А. и др. Извержение побочного прорыва Олимпийского на вулкане Алаид в 1972 г. // Вулканизм островных дуг. М.: Наука, 1977. С. 55–64.
4. Авдейко Г.П., Хренов А.П., Флеров Г.Б. и др. Извержение вулкана Алаид в 1972 г. // Бюл. вулканол. станций. 1974. № 50. С. 64–80.
5. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А. Возможности структурно-вещественного картирования по данным магниторазведки и гравirazведки в пакете программ СИГМА-3D // Геофизический вестник. 2004. № 3 С. 11–15.

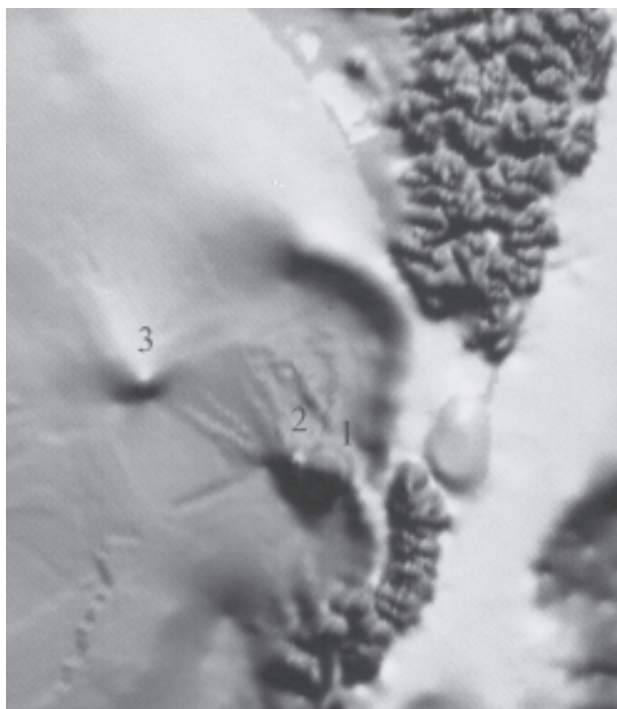


Рис. 6. Фрагмент врезки к карте [12]. Цифрами обозначены: 1 - остров-вулкан Алаид, 2 - подводный вулкан Григорьева, 3 - банка Лебеда.

6. *Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Бондаренко В.И. и др.* 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.
7. *Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Бондаренко В.И. и др.* 3D моделирование подводных вулканов Курильской островной дуги // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 33-ей сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского. Екатеринбург, 30 января - 3 февраля 2006 г. Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 2006. С. 16-20.
8. *Безруков П.Л., Зенкевич Н.Л., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б.* Подводные горы и вулканы Курильской островной гряды // Тр. Лаб. вулканологии. 1958. Вып. 13. С. 71-88.
9. *Вакин Е.А., Пилипенко Г.Ф., Рожков А.М. и др.* Возникновение новой группы термальных источников на вулкане Алаид (Северные Курилы) // Гидротермальный процесс в областях тектоно-магматической активности / Отв. ред. С.И. Набоко, В.М. Сугробов. М.: Наука, 1977. С. 73-84.
10. *Васильев Б.И., Путинцев В.К., Марковский Б.А. и др.* Результаты драгирования дна Охотского моря // Советская геология. 1984. № 12. С. 100-106.
11. *Геодекян А.А., Удинцев Г.Б., Баранов Б.В. и др.* Коренные породы дна центральной части Охотского моря // Советская геология. 1976. № 6. С. 12-31.
12. Геологическая карта и карта полезных ископаемых Камчатской области и Корякского автономного округа. Масштаб 1: 1 500 000 / Гл. редакторы А.Ф. Литвинов, Б.А. Марковский, В.П. Зайцев. С-Пб: ВСЕГЕИ, 2005. 4 листа.
13. *Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
14. *Гущенко И.И.* Извержения вулканов мира. Каталог. М.: Наука, 1979. 475 с.
15. *Зверев С.М.* Результаты изучения осадочной толщи в Охотском море и Курило-Камчатской зоне Тихого океана // Строение земной коры в области перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Наука, 1964. С. 90-116.
16. Курильские острова (природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика) / Отв. ред. Злобин Т.К., Высокова М.С. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2004. 227 с.
17. *Мелекесцев И.В.* Вулканизм и рельефообразование. М.: Наука, 1980. 211 с.
18. Новейший и современный вулканизм на территории России / Отв. ред. Н.П. Лаверов. М.: Наука, 2005. 604 с.
19. Опыт комплексного исследования района и новейшего вулканизма (на примере хр. Вернадского, о.Парамушир) // Тр. СахКНИИ. 1966. Вып. 16. 206 с.
20. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги / Отв. ред. Пушаровский Ю.М. М.: Наука, 1992. 528 с.
21. *Рашидов В.А.* Геомагнитные исследования подводных вулканов северной части Курильской островной дуги // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. ИВГиГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский. 2001. С. 300-315.
22. *Удинцев Г.Б., Береснев А.Ф., Геодекян А.А. и др.* Предварительные данные геолого-геофизических исследований в Охотском море и северо-западной части Тихого океана на НИС «Витязь» // Геолого-геофизические исследования зоны перехода от Азиатского материка к Тихому океану. М.: Советское радио, 1976. С. 19-29.
23. *Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И.* Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 237 с.
24. *Федотов С.А., Иванов Б.В., Авдейко Г.П. и др.* Извержение вулкана Алаид в 1981 г. // Вулканология и сейсмология. 1981. № 5. С. 82-87.
25. *Федотов С.А., Иванов Б.В., Флеров Г.Б. и др.* Изучение извержения вулкана Алаид (Курильские острова) в 1981 г. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 9-28.
26. *Флеров Г.Б., Иванов Б.В., Андреев В.Н., и др.* Вещественный состав продуктов извержения вулкана Алаид в 1981 г. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 29-43.
27. *Фролова Т.И., Бурикова, А.И., Гущин А.В. и др.* Происхождение вулканических серий островных дуг. М.: Недра, 1985. 275 с.



28. *Simkin T. and Siebert L.* Volcanoes of the World. Geoscience Presss, Inc. Tusson. Arizona. 1994. 349 p.
29. *Tanakadate H.* Morphological development of the volcanic islet Taketomi in the Kuriles // Proc. Jap. Acad. 1942. Vol. 10. № 8. P. 494-497.

## **THE ALAID VOLCANIC MASSIF (KURILSKAYA ISLAND-ARC SYSTEM)**

**Yu. I. Blokh<sup>1</sup>, V. I. Bondarenko<sup>2</sup>, V. A. Rashidov<sup>3</sup>, A. A. Trusov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*The Russian State Geological Survey Ordzhonikidze University, Moscow;*

<sup>2</sup>*The Kostroma State N.A. Nekrasova University, Kostroma;*

<sup>3</sup>*The Institute of Volcanic Geology and Geochemistry FED RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky;*

<sup>4</sup>*Closed joint-stock company GNPP «Airgeophysics», Moscow.*

The volcanic massif Alaid consists of the volcanic Island Alaid and associated submarine volcano Grigoriev. This massif is located within the linear zone of hyperpermeability, extending north to east from the mountain ridge Vernadsky (Paramushir Island) on the south-east to the Lebed' bank on the north-west.