

УДК 551.21.214

© 1993 г. О.Н. ВОЛЬШЕЦ, А.В. КОЛОСКОВ,
Н.И. СЕЛИВЕРСТОВ, Дж. ЯГОДЗИНСКИ, Ю.О. ЕГОРОВ,
В.А. ШКИРА, Т.Г. ЧУРИКОВА

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ВУЛКАНИЗМУ ТЫЛОВОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНЫХ АЛЕУТ

Приводятся новые сведения о характере вулканических проявлений и вещественном составе вулканитов, полученные в 38-м рейсе НИС "Вулканолог" на Восточных Алеутах в тылу Четырехсopочных островов и о-ва Умнак. По данным геолого-геофизических исследований выделены три типа объектов: 1) островершинные вулканические постройки, наложенные на осадочный комплекс; 2) отрепарированные вулканические сооружения; 3) уступы по краям тектонических блоков и депрессий. Первые два типа объединены в молодой вулканический комплекс, третий тип представляет комплекс пород основания. Уровень содержания щелочей в изученных вулканитах заметно выше, чем в лавах вулканитов Четырехсopочных островов, что свидетельствует о наличии здесь нормальной для островных дуг поперечной геохимической зональности. Среди образований обоих комплексов встречены лавы с нормальным для островных дуг и повышенным (до 1,9%) содержанием TiO_2 в широком интервале кремнекислотности, что позволяет предполагать самостоятельное происхождение этих двух групп пород.

NEW DATA ON VOLCANISM IN THE EASTERN ALEUTIAN REAR ZONE, by Volynets O.N.*, Koloskov A.V.*, Seliverstov N.I.**, Yagodzinski Y.***, Egorov Yu.O.*, Shkira V.A.* and Churikova T.G.* New data are given on the character of volcanic manifestations and bulk compositions of volcanics obtained during cruise 38 on the R/V "Vulkanolog" in the eastern Aleutians in the rear part of the Chetyrehsopochnye Islands and Umnak Islands. Based on data from geological-geophysical studies, three types of objects can be recognised: 1) peaked volcanic edifices layed on sedimentary complex; 2) mounted volcanic edifices; 3) scarps on borders of tectonic blocks and depressions. The first and the second types are united in newer volcanic complex and the third represents the complex of basic rocks. The alkalinity level in studied volcanics is higher than in lavas of the Chetyrehsopochnye Islands volcanics. It is shown that there is cross geochemical zoning, normal for island arcs. Lavas containing great amount of TiO_2 (to 1,9%) in wide interval of silicic acid and normal for island arcs are found among the formations of both complexes. It let consider that this two groups of rocks arose independently.

(Received August 20, 1992)

*Institute of Volcanic Geology and Geochemistry, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia

**Institute of Volcanology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia

***Department of Geological Sciences, Cornell University, Ithaca, New York 14853, USA

Алеутская островная дуга на большом протяжении не имеет вулканов в тыловой своей части и только в восточной ветви дуги (сегменты Колд Бэй и Четырехсопочных островов) проявлена тыловая вулканическая зона, аналогичная таковой Курильской островной дуги [3]. Она включает в себя ряд островов-вулканов (Амак, Богослов, Улиага, Кагамил, Карслайл) и несколько подводных вулканов [5]. Только два вулкана из перечисленных (Амак и Богослов) ранее изучались [2, 5, 7]. Об остальных вулканах, в том числе и о подводных вулканах тыловой зоны дуги, какие-либо сведения в литературе до сих пор отсутствовали.

В 1990 г. в 38-м рейсе НИС "Вулканолог", выполнявшемся на акватории Алеутских островов, проводились совместные советско-американские геолого-геофизические исследования на Восточных Алеутах в тылу Четырехсопочных островов и о-ва Умнак: непрерывное сейсмическое профилирование (НСП), эхолотный промер, гидромагнитная съемка и драгирование. Полученные в результате этих исследований сведения о характере вулканических проявлений и вещественном составе вулканитов и представляют предмет настоящего сообщения¹.

Геологическое строение тыловой зоны Четырехсопочных островов и характеристика объектов драгирования

Район работ по согласованию с ВМФ США был ограничен по долготе координатами 172° и 164° з.д., а с юга – границей территориальных вод, проходящей в 12 милях от островов (рис. 1). Геофизические исследования, проводившиеся с целью уточнения структурных, геоморфологических особенностей района и поиска объектов, пригодных для драгирования (в том числе молодых вулканов), выполнялись по системе галсов, ориентированных преимущественно параллельно простиранию островной дуги. Межгалсовое расстояние при региональной съемке составляло 5–10 миль и уменьшалось в местах обнаружения аномальных объектов.

По данным предыдущих исследований [9], в районе работ распространены вулканогенно-осадочные образования, среди которых выделяются три серии: нижняя (ранний? – поздний эоцен), средняя (олигоцен – миоцен) и верхняя, плиоцен-четвертичная (моложе 5,3 млн. лет).

Исследуемый участок островной дуги, с глубинами 500–2000 м, имеет блоковое строение. Блоки разделены депрессиями, возможно, грабенами с асимметричными склонами. Крутизна склона меняется в широких пределах, сложный морфологический комплекс островной дуги (крутые уступы, небольшие горы, гребни, подводные долины) обуславливают расчлененность рельефа. Подводные долины, вероятно, являются частями гигантских подводных каньонов: Беринга и Умнак. Большинство долин представляют узкие глубокие депрессии, как правило, с V-образным поперечным профилем, которые врезаются в верхнюю часть осадочной толщи на сотни метров в глубину и достигают ширины 2–3 км. Отдельные, наиболее крупные долины прорезают всю верхнюю серию осадков, однако осадки средней серии либо один из нижних горизонтов верхней серии, вероятно, более плотные, противостоят эрозии, вследствие чего поперечный профиль принимает отчетливую U-образную форму.

¹ Здесь мы рассмотрим лишь петрохимические и некоторые минералогические особенности изученных пород; детальные сведения по минералогии, а также данные по редкоземельному и изотопному составу будут изложены в следующей публикации.

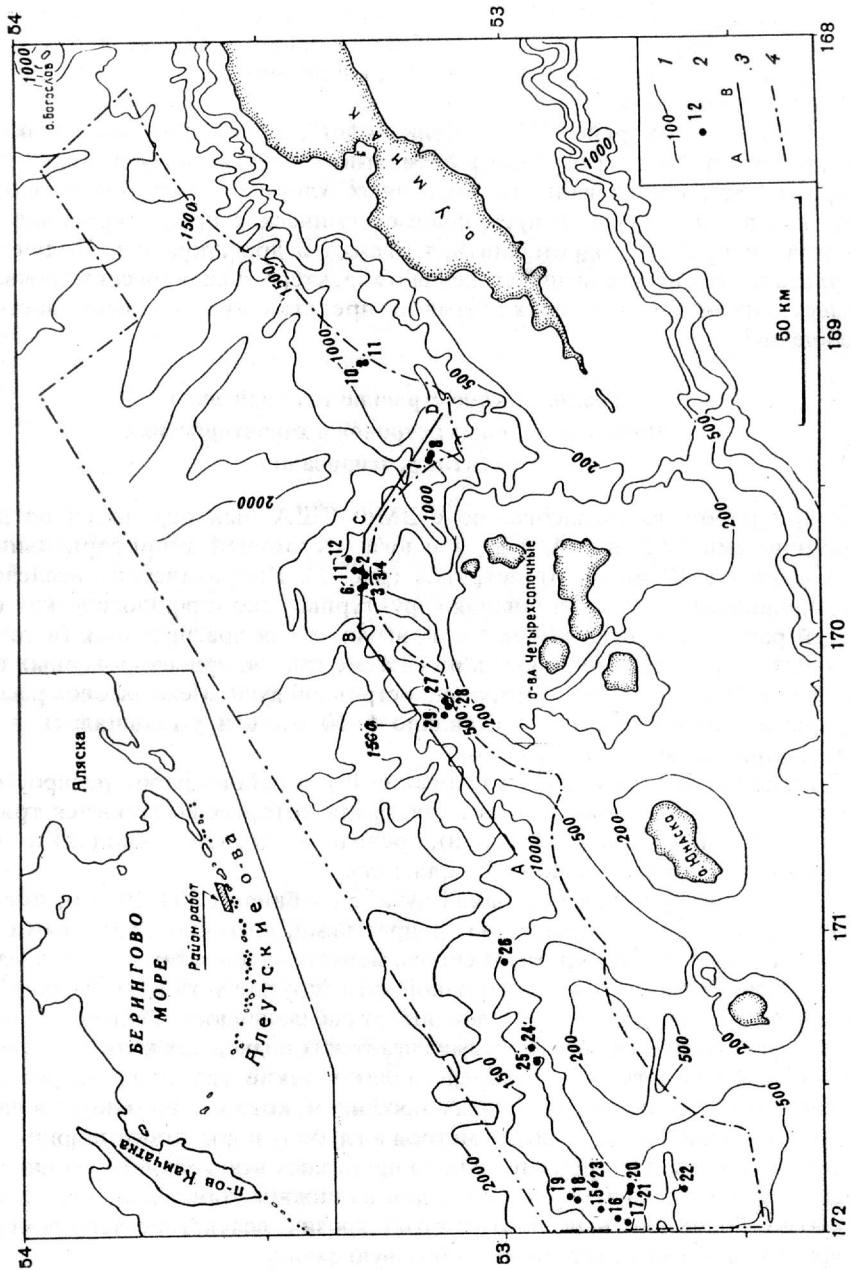


Рис. 1. Схема района работ: 1 - изобаты, м; 2 - станции драгирования; краткое описание объектов драгирования см. в табл. 1; 3 - положение профиля, разрез по которому приведен на рис. 2; 4 - граница района геолого-геофизических исследований

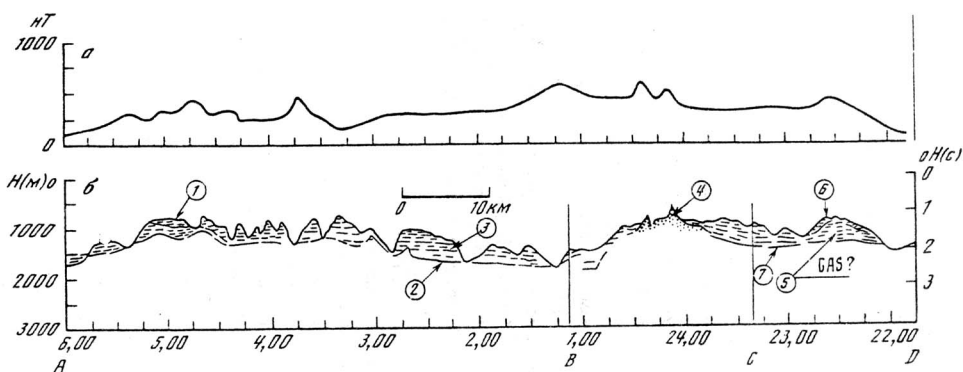


Рис. 2. Геофизический профиль по линии *АВСД* (см. рис. 1): *а* – график аномального магнитного поля; *б* – интерпретация данных одноканальной сейсмоки (спаркер). Цифры в кружках: 1 – переотложенные осадки; 2 – кровля средней серии осадков; 3 – отложения верхней серии осадков; 4 – вулканические постройки; 5 – газонасыщенные осадки; 6 – газгидратный BSR; 7 – диагенетический BSR

На сейсмических разрезах, полученных нами, стратифицированные вулканогенно-осадочные образования прослеживаются на глубину до 1 км. В нижней части разреза фрагментами фиксируется граница, интерпретируемая как кровля средней серии. Результаты диатомового анализа, выполненного по нашим образцам сотрудником ИВ ДВО РАН Е.Г. Лупкиной в 1992 г., позволяют утверждать, что изученная нами наиболее древняя и литифицированная часть разреза вулканогенно-осадочных образований района сформировалась в раннеплиоценовое время в интервале 5,26–4,71 млн. лет.

Судя по материалам НСП, толща верхней серии хорошо стратифицирована, залегает субгоризонтально, однако встречаются участки с переотложенными осадками, что может быть связано с процессами формирования подводных каньонов. Весьма полное представление о строении исследуемого участка дает интерпретация геофизических данных по профилю *АВСД* (рис. 2). Однако в большинстве случаев данные НСП уверенно интерпретируются до глубины распространения сейсмической границы, повторяющей рельеф дна и в ряде случаев секущей поверхность напластований осадочной толщи. Подобные сейсмические границы получили название BSR (bottom simulating reflector) и в зависимости от глубины залегания имеют газгидратную либо диагенетическую природу [6]. Судя по глубине расположения (600–650 м под дном), в нашем случае эта граница, вероятно, связана с диагенезом. Отметим также, что на сейсмограммах фиксируются аномальные зоны и высокоамплитудные отражающие границы (яркие пятна) в толще осадков, связанные, вероятно, с повышенной газонасыщенностью. В отдельных местах прослеживается газгидратный BSR.

Основная особенность аномального магнитного поля в пределах полигона – наличие интенсивной длиннопериодной аномалии, ориентированной вдоль склона островной дуги, что характерно для зон перехода от континента к океану. Отдельные мелкие положительные формы рельефа в пределах островодужного склона также находят отражение в аномальном магнитном поле. Так как высокие значения остаточной намагниченности характерны для вулканических пород, наличие короткопериодной аномалии при анализе данных сейсморазведки служило дополнительным критерием выделения объектов вулканической природы.

В пределах полигона выделены три типа объектов, пригодных для драгирования коренных пород (табл. 1): 1) островершинные вулканические постройки (конусы или экстрезии), наложенные на осадочный комплекс; 2) по-

Положение и материал станций драгирования на подводных вулканах
Восточных Алеут в 38-м рейсе НИС "Вулкано-лог"

Таблица 1

№ станции драгирования	Координаты станции (начало - конец)		Интервал драгирования, м	Привязка станции драгирования	Характеристика объекта драгирования	Вес поднятого материала, кг	Характер поднятого материала	Состав пород
	с.ш.	з.д.						
В38-2	53°17,8'	169°46,1'	820-730	14 миль севернее о-ва Улиага	МВ	60-80	Угловатые глыбы, обломки, редкие округлые валуны	Угловатые глыбы и обломки - свежие Кпр-Амф-Пл базальты, валуны - габбро-диориты, измененные андезиты, аргиллиты
	53°17,2'	169°47,0'						
В38-3	53°17,6'	169°46,25'	850-560	Там же	»	80-90	Десяток угловатых небольших глыб, одна крупная полуокатанная глыба, один валун	Угловатые глыбы - свежие Кпр-Амф-Пл базальты, крупная глыба - свежий 2Пр-Пл андезит, валун - сургульная яшма
	53°17,5'	169°46,1'						
В38-4	53°17,6'	169°46,4'	800-750	"	"	>300	В основном угловатые глыбы и обломки, несколько валунов и ~60 кг средней и крупной гальки	Угловатые глыбы и обломки - свежие Кпр-Амф-Пл базальты, среди валунов - палеотипные базальты, Би граниты
	53°17,8'	169°46,0'						
В38-5	53°17,25'	169°49,0'	900-830	15 миль севернее о-ва Улиага	"	~50	Несколько угловатых обломков и валунов	Один обломок - Пл базальт, в других обломках и валунах - метаморфизованные осадочные породы, в одном из валунов - Би гнейсгранит
	53°17,1'	169°47,6'						
В38-6	53°17,25'	169°49,5'	820-750	13 миль севернее о-ва Улиага	"	~150	Одна крупная угловатая глыба, много мелких угловатых глыб, обломки и щебень	Преобладают свежие Ол-Кпр базальты, встречаются свежие Кпр-Пл андезитобазальты
	53°17,1'	169°48,6'						
В38-7	53°08,9'	169°22,5'	1050-980	13 миль севернее восточнее о-ва Кагамил	(ОВ?)	~40	Одна крупная глыба, несколько обломков, десяток крупных галек	Глыба и обломки - Ол-Кпр базальты, среди обломков также литифицированные алевропелиты
	53°08,7'	169°21,3'						

В38-8	53°08,8' 53°09,0'	169°23,3' 169°23,4'	1150-970	Там же	(ОВ?)	150	Валуны, галька (преобладают), глыбы, угловатые обломки, щебень	Среди угловатых обломков и в щебне - 2Пр-Пл андезиты, глыбы и часть обломков - литифицированные алевролиты, валуны и галька, аргиллиты, алевролиты, черные сланцы, диориты, монцититы, габбро
В38-9	53°16,9' 53°17,4'	169°04,2' 169°04,1'	570-400	16,5 миль северо-западнее вершины вулк. Всеви-дова на о-ве Ум-нак	ЭУ	~0,5	Мелкая галька	2Пр-Пл андезитобазальты и андезиты
В38-10	53°17,5' 53°17,5'	169°04,25' 169°04,25'	500-400	Там же	"	~20	Угловатые обломки, реже - крупная галька	В составе обломков - 2Пр-Амф-Пл андезитобазальты, реже Амф-Пл кислые андезиты
В38-11	53°18,3' 53°17,0'	169°44,0' 169°43,6'	1040-840	28 миль севернее вершины вулк. Улиага	ОВ	30-40	Два угловатых обломка, остальные - галька	Обломки - измененные андезиты и андезитобазальты, в гальке аргиллиты, филлиты, кремнистые сланцы, Амф габбро, Би-Амф гранодиориты и плагиограниты
В38-12	53°19,2' 53°19,25'	169°43,4' 169°44,3'	1140-1000	Там же	ОВ	~30	Угловатые небольшие глыбки и обломки, некоторые с Fe-Mn корками	Преобладают песчаники, отмечена глыбка ракушняка, одна глыбка Кпр-Амф-Пл андезитобазальта и одна - Кпр-Амф-Пл андезита
В38-15	52°47,8' 52°46,9'	171°55,1' 171°55,7'	1200-1060	30 миль северо-западнее отм. 1052 м на о-ве Амукта	МВ	~100	40% угловатые глыбы, 60% - галька на глыбах Fe-Mn корки	Глыбы - слаболитифицированные, алевролиты, в составе гальки преобладают аргиллиты и песчаники, встречаются базальты, андезиты, двуслюдяные сланцы, габброиды

№ станции драгирования	Координаты станции (на начало – конец)		Интервал драгирования, м	Привязка станции драгирования	Характеристика объекта драгирования	Вес поднятого материала, кг	Характер поднятого материала	Состав пород
	с.ш.	з.д.						
B38-16	52°46,0'	171°57,4'	1100	30,5 мили северо-западнее отм. 1052 м на о-ве Амукта	"	~300	Угловатые глыбы, обломки, щебень	Однородные Кип-Ол базальты с мелкими ксенолитами пироксенитов
	52°46,2'	171°56,8'						
B38-17	52°44,6'	171°58,0'	830–310	30 мили северо-западнее отм. 1052 м на о-ве Амукта	"	~300	Угловатые глыбы, обломки, ~20% гальки	В составе глыб и обломков преобладают Ол-Кип-(±Пл) базальты, встречаются Пир-Пл (±Ол) андезитобазальты и Амф андезиты. В гальке – песчаники, гравелиты, андезиты, габбро, гранодиориты, гнейсы
	52°43,9'	171°58,4'						
B38-18	52°51,0'	171°53,5'	1300–1150	31,5 мили северо-западнее отм. 1052 м на о-ве Амукта	"	~30	Одна крупная, одна небольшая глыба и четыре угловатых обломка	Крупная глыба и обломки – Ол-Кип-Пл базальты, небольшая глыба – среднезернистый песчаник
	52°51,6'	171°53,3'						
B38-19	52°51,9'	171°52,9'	1300–1150	Там же	"	~80	Галька и валуны	Эффузивные породы – 42%, осадочные – 26%, филлиты – 16%, интрузивные породы – 7%, экзотические породы – 9%
	52°51,5'	171°52,2'						
B38-20	52°44,1'	171°51,2'	950–560	24 мили северо-западнее о-ва Амукта	"	10–15	Угловатые обломки и галька	В обломках гравелиты и седиментационные брекчи, в гальке андезиты и дациты
	52°45,0'	171°50,5'						

V38-21	52°44,4' 52°44,9'	171°51,8' 171°51,9'	950-580	Там же	"	60	Глыбы, угловатые обломки, щебень	В глыбах и обломках гравелиты и седиментационные брекчи, в щебне также андезиты
V38-22	52°37,7' 52°38,4'	171°51,2' 171°51,5'	1060-680	20 миль северо-западнее о-ва Амухта	ЭУ	≥ 300	Угловатые обломки и глыбы, несколько крупных полуокатанных обломков	В составе угловатых обломков и глыб доминируют свежие субафировые Кпр-Ол-Пл базальты, встречаются их брекчи, а также андезитобазальты. Отмечено несколько глыб псчаников. Полуокатанные глыбы - Пр-Пл андезиты.
V38-23	52°48,7' 52°48,7'	171°54,4' 171°54,4'	1000-710	25 миль северо-западнее о-ва Амухта	МВ	≥ 150	Угловатые глыбы, обломки, валуны	Крупная глыба - Ол-Кпр-Пл базальты, в мелких глыбах и обломках слабоцементированные аргиллиты, иногда 2Пр-Пл кислые андезиты. В составе валунов - измененные эффузивы, филлиты, кристаллические сланцы, иногда габбро и граниты
V38-24	52°56,8' 52°57,0'	171°23,0' 171°23,1'	750-570	26 миль северо-западнее отм. 1143 м (МВ?) на о-ве Чугинадах	ОВ (МВ?)	~300	Угловатые глыбы и обломки с Fe-Мп корками, редкие валуны и гальки	Глыбы и обломки - свежие Ол-Кпр базальты с микрокxenолитами ультраосновных пород, в одной из глыб 2Пр-Пл андезитобазальт. В составе валунов и гальки андезитобазальты, туфы, габброиды.
V38-25	52°56,0' 52°56,2'	171°25,9' 171°26,2'	1100-900	24 миль северо-западнее отм. 1143 м на о-ве Чугинадах	"	~150	Полуокатанные глыбы и обломки с Fe-Мп корками, много гальки и несколько валунов	В составе глыб - свежие Ол-Кпр-Пл базальты, гравелиты, отмечены 2Пр-Пл андезитобазальты, андезиты и кислые андезиты, габбро. В составе галек и валунов псчаники, слюдяные сланцы, палеотипные вулканиты

№ станции драгирования	Координаты станции (начало – конец)		Интервал драгирования, м	Привязка станции драгирования	Характеристика объекта драгирования	Вес поднятого материала, кг	Характер поднятого материала	Состав пород
	с.ш.	з.д.						
В38-26	52°58,9'	171°04,0'	725–570	24,7 миль севернее отм. 1143 м на Чугинадах	ЭУ	50–60	Полуокатанные глыбы, валуны, галька	В глыбах субафирные свежие Ол–Клр–Пл базальты, палеотипные долериты, песчаники, аргиллиты., Би гнейсы. В составе валунов и гальки песчаные туфы, зеленокаменные эффузивы, филлиты, песчаники Би граниты, пегматиты
	52°58,7'	171°04,1'						
В38-27	53°07,2'	170°12,6'	780–670	15 миль севернее отм. 1609 м на о-ве Карлайл	" (ОВ?)	0,5–1,0	Галька и растительный детритус	В гальке палеотипные эффузивы и филлиты
	53°07,2'	170°12,0'						
В38-28	53°07,0'	170°12,6'	890–600	14,5 миль севернее отм. 1609 м на о-ве Карлайл	" (ОВ?)	~70	Одна крупная угловатая глыба, много мелких глыб и обломков и хорошо окатанная галька	В составе мелких глыб и обломков преобладают свежие Ол–Клр–Пл субафирные базальты и андезитобазальты. В крупной глыбе зеленый спанец. Встречены глыбки яшмы, диорита, палеотипных эффузивов и грубых плохо сцементированных осадков. В гальке – палеотипные эффузивы и метаморфизованные осадочные породы.
	53°07,0'	170°12,5'						
В38-29	53°07,6'	170°15,3'	1150–850	15,7 миль севернее отм. 1609 м на о-ве Карлайл	" (ОВ?)	30–40	Угловатые глыбы и обломки	Свежие субафирные Клр–Пл андезитобазальты
	53°07,5'	170°16,2'						

Примечание. Характеристика объекта драгирования: МВ – молодая острвершинная вулканическая постройка; ОВ – вулканическая постройка, отпрепарированная в эрозционном врезе; ЭУ – эрозционные уступы, стенки каньонов. Минералы: Пл – плагиоклаз, Ол – оливин, Клр – клинопироксен, Амф – амфибол, Би – биотит, 2Пл – клинопироксен + ортопироксен.

стройки на склонах подводных долин, частично или полностью отпрепарированные в результате эрозии (погребенные вулканы или экстрезии); 3) уступы по краям тектонических блоков и депрессий.

Вулканические постройки, наложенные на осадочный комплекс, встречаются в восточной и западной частях полигона. При этом в западной части расположен участок с большим количеством куполов, основания которых в ряде случаев срastaются друг с другом. Наложённые постройки контрастно выделяются в рельефе дна (рис. 3, а). Вокруг них отчетливо прослеживаются шлейфы вулканокластики. Вулканические шлейфы и подножия построек в ряде случаев перекрыты слоем осадков различной мощности, но в большинстве случаев перекрывающие осадки отсутствуют.

Вулканические постройки, отпрепарированные в процессе эрозии, в основном сосредоточены в центральной части полигона. Они почти не заметны на фоне эрозионных форм (рис. 3, б) и выделяются нами по характерному сейсмическому изображению и локальным магнитным аномалиям, величина которых достигает 400 нТ. Размеры и форма конусов из обеих групп построек почти не различаются. Относительная высота колеблется от 300 до 400 м, диаметр основания достигает 3 км. Подчеркнем, что вулканические постройки обнаружены на островодужном склоне лишь на глубинах, не превышающих 1500 м. Они распределены неравномерно (см. рис. 1) и явно тяготеют к границам разнотипных тектонических структур либо являются продолжением линейных вулканических зон, находящихся на островах.

Драгирование уступов проводилось на всех участках полигона, хотя больше всего материалов получено по его центральной части. Уступы характеризуются крутизной до 20–30° и, судя по морфологии и данным НСП, скорее всего имеют тектоническую природу (рис. 3, в).

Очевидно, что драгированные вулканические объекты имеют различный возраст. Наиболее молодыми являются наложенные на осадочную толщу вулканические постройки. Более древними (но не древнее возраста верхней осадочной серии), по-видимому плейстоценовыми, могут быть постройки, отпрепарированные в рельефе. Наиболее древние образования вскрываются в тектонических уступах. Судя по тому, что они обычно перекрыты достаточно мощным осадочным чехлом, эти образования заметно оторваны во времени от проявлений вулканизма первых двух групп, для которых они могут рассматриваться в качестве фундамента.

Таким образом, в ходе драгирования нами были опробованы два достаточно индивидуализированных возрастных комплекса.

В тыловой зоне Четырехсопочных островов выполнено 27 станций драгирования, из них 24 результативных (см. табл. 1).

Большое количество угловатых глыб и обломков, однородных по составу эффузивов, для которых уверенно можно принять местное происхождение, подняты на 12 станциях (В38-2 – 4, 6, 7, 10, 16, 18, 22, 24, 28, 29). На трех станциях (В38-17, 25, 26) каменный материал значительно более разнообразен по составу и выделение обломков эффузивов местного происхождения и чужеродных обломков, связанных с ледовым разносом и привносом мутьевыми потоками, возможно только предположительно, на основании сравнения с лавами наземных вулканов тыловой и фронтальной зон дуги. Наконец, еще на девяти станциях (В38-5, 8, 11, 12, 15, 19–21, 23) подняты преимущественно валуны, галька и глыбы слабосцементированных осадочных пород, тогда как обломки и глыбы эффузивов здесь единичны. Источник обломков эффузивов здесь, как и в предыдущем случае, неясен.

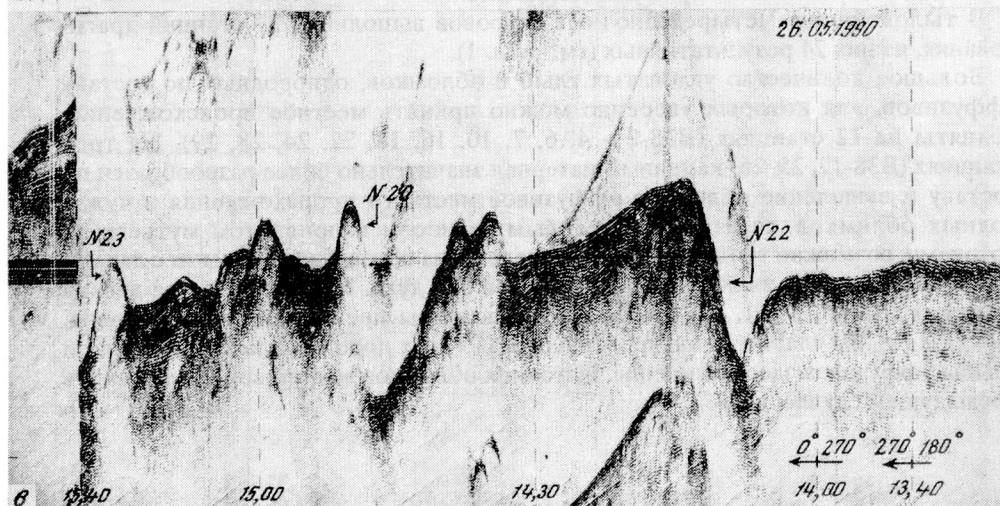
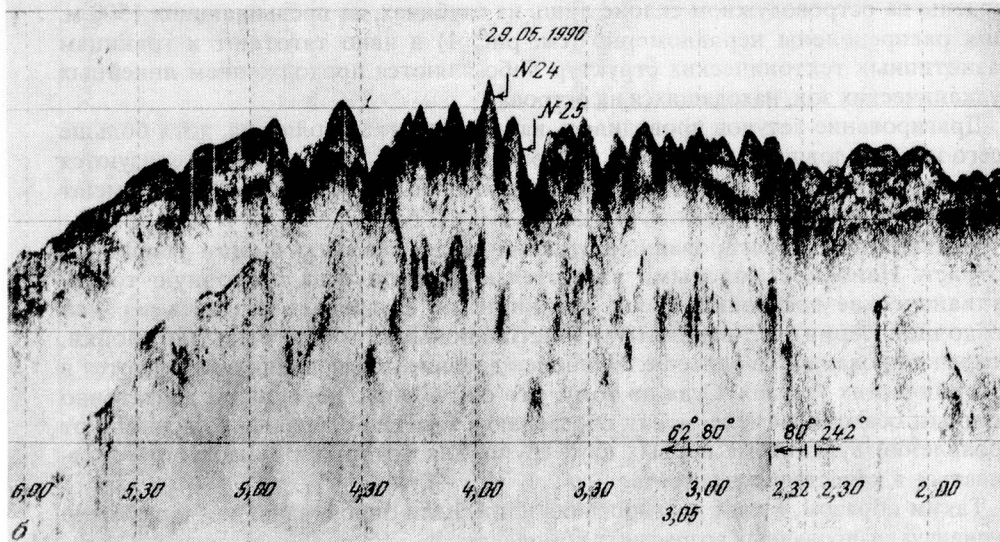
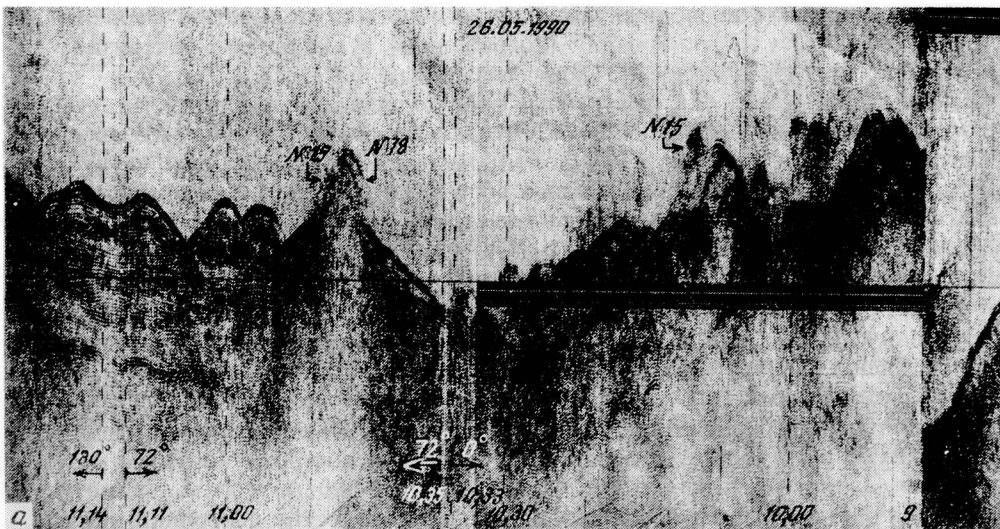


Рис.3

В отношении химического и минерального состава исследовались только вулканические породы из угловатых глыб и обломков. В целом состав анализированных пород изменяется от низкокремнеземистых базальтов до кислых андезитов (табл. 2). Преобладающим типом пород в обеих возрастных группах вулканитов являются базальты при подчиненном количестве андезитобазальтов и андезитов. Подавляющее большинство вулканитов – свежие породы, хотя иногда в обломках лав наблюдается заполнение пор цеолитами или смектитом (базальты проб В38-5/1, 7/4, 17/3, 22/2, 22/5, 23/1, 24, 24/1), ожелезнение по поверхности обломков или трещинам (станции В38-16, 17, 24). Лишь в единичных пробах породы хлоритизированы (В38-25/3, 26/1, 28/2, 28/3) или карбонатизированы (В38-25/6, 7).

По суммарному содержанию щелочей лавы тыловой зоны Четырехсопочных островов в основном тяготеют к границе раздела пород нормальной и повышенной щелочности, а по содержанию K_2O – к верхней части поля пород умереннокалиевой серии или к полю пород высококалиевой серии, причем среди базальтов отмечаются и более щелочные разновидности, соответствующие абсарокитам шошонит-латитовой серии (рис. 4). Аналогичное положение на указанных диаграммах занимают лавы вулканов-островов тыловой зоны Восточных Алеут – Богослова и Амака. В целом по уровню щелочности вулканиты тыловой зоны Восточных Алеут близки к таковым тыловой вулканической зоны Курил [3].

Однако если среди лав тыловой зоны Курил преобладают, по классификации Миаширо, известково-щелочные разности, то базальты и андезитобазальты тыловой зоны Алеут принадлежат в основном к лавам толеитовой серии, и лишь среди андезитов и некоторых высокомагнезиальных базальтов появляются известково-щелочные породы (см. рис. 4). Существенных различий в щелочности и величине отношения FeO^- / MgO для лав нижнего и верхнего комплексов не обнаруживается, за исключением того, что абсарокиты обнаружены только среди лав верхнего комплекса.

В то же время в числе анализированных образцов лав отмечаются заметно менее щелочные разности, на диаграмме K_2O-SiO_2 тяготеющие к нижней части поля умереннокалиевых пород, а на диаграмме Миаширо – к полю пород известково-щелочной серии. Как правило, они встречаются в драгах с неоднородным составом обломков (станции В38-17, 25) либо слагают отдельные обломки в драгах, где другие анализированные образцы отвечают более щелочным породам и единообразны по составу (станции В38-6, 24). По уровню общей и калиевой щелочности эти породы соответствуют лавам вулканических островов фронтальной зоны изученного сегмента дуги, а также близки к лавам вулканов о-ва Умнак, расположенного к западу от Четырехсопочных островов по фронтальной зоне дуги (см.рис.4). По-видимому, появление пород такого состава среди обломков драгированного каменного материала, так же как присутствие валунов и галек палеогипсовых эффузивов, интрузивных, метаморфизованных осадочных и других экзотических пород, связано с ледовым разносом, привносом мутьевыми потоками и т.д. Если для подавляющей части базальтов следует предполагать, основываясь на приведенных критериях, местное происхождение, то для андезитобазальтов и андезитов долю чужеродного материала можно оценить как достаточно высокую.

Рис. 3. Фрагменты сейсмоакустических разрезов, иллюстрирующие типы драгированных объектов: а – наложенная вулканическая постройка; б – отпрепарированные постройки; в – уступ на границе тектонического блока. Цифрами обозначены номера станций драгирования; Кр – записи кратных волн

Химический состав вулканических пород тыловой зоны Четырехолочных островов

Компонент	В38-2			В38-3			В38-4			В38-5	В38-6	
	2/2	2/1	2Г/2	3/2	3/1*	3Г/1*	4/1	4/2	4Г/1	5/1**	6/5	6/3
SiO ₂	52,06	52,28	52,30	52,14	58,68	60,79	52,44	52,44	52,70	49,56	47,82	47,82
TiO ₂	0,86	0,85	1,09	0,85	0,68	0,78	0,82	0,90	1,09	1,94	1,12	1,09
Al ₂ O ₃	19,88	19,61	19,67	19,77	17,10	17,56	19,58	19,28	19,06	14,68	17,18	17,03
Fe ₂ O ₃	3,22	2,95	3,74	3,02	1,63	1,64	3,22	4,06	3,75	5,08	3,54	3,53
FeO	4,94	5,21	4,39	5,05	4,42	4,57	4,98	4,32	4,34	6,48	5,70	6,19
MnO	0,22	0,20	0,27	0,12	0,18	0,17	0,21	0,21	0,22	0,18	0,18	0,22
MgO	2,94	3,28	2,62	3,28	2,76	2,30	3,18	3,16	2,38	7,12	7,64	7,90
CaO	9,82	10,32	9,16	10,64	8,74	5,68	10,58	10,23	9,86	9,52	12,18	11,58
Na ₂ O	3,58	3,70	3,53	3,58	4,29	3,89	3,46	3,52	3,48	3,58	2,94	2,76
K ₂ O	1,42	1,42	1,38	1,38	1,46	1,48	1,38	1,42	1,38	1,08	1,24	1,08
P ₂ O ₅	0,59	0,57	0,58	0,54	0,26	0,21	0,56	0,50	0,57	0,35	0,28	0,26
H ₂ O ⁻	He обн.	He обн.	0,12	He обн.	He обн.	0,08	He обн.	He обн.	0,12	He обн.	He обн.	0,10
П.п.п.	0,12	"	(1,16)	"	0,20	0,76	"	0,20	0,88	0,38	0,50	0,26
(H ₂ O ⁺)												
Σ	99,65	100,39	100,01	100,37	100,40	99,91	100,41	100,24	99,83	99,95	100,32	99,82

Компо- нент	В38-6						В38-7			В38-8			В38-10			В38-12
	6/4	6/2	6Г/3	6/1*	7Г/1	7/1	8/1*	8Г/1*	10/1	10/2	10/3	12Г/1				
SiO ₂	47,90	48,04	48,10	53,20	51,08	52,56	59,06	60,12	53,94	54,28	60,82	56,58				
TiO ₂	1,08	1,12	1,31	0,97	0,86	0,74	0,73	0,84	0,88	0,96	0,69	1,00				
Al ₂ O ₃	16,96	17,28	17,55	16,21	17,65	16,89	17,60	17,39	19,26	19,08	19,25	18,94				
Fe ₂ O ₃	3,32	3,97	3,65	3,38	3,39	3,16	2,81	1,62	4,92	5,11	2,35	3,02				
FeO	6,57	5,93	5,28	7,92	5,60	6,25	4,15	4,82	2,30	2,30	2,16	3,85				
MnO	0,23	0,17	0,15	0,20	0,15	0,18	0,17	0,14	0,11	0,08	0,18	0,22				
MgO	8,02	7,64	6,18	5,08	5,38	5,06	3,38	3,18	3,06	2,86	2,20	1,98				
CaO	11,58	11,58	12,94	9,32	10,12	9,86	6,88	6,52	7,94	8,22	4,98	7,66				
Na ₂ O	2,65	2,76	2,86	2,93	2,49	2,64	3,74	3,43	4,25	4,43	4,64	3,79				
K ₂ O	1,08	1,14	1,09	0,72	1,10	1,33	1,29	1,25	2,06	2,06	2,31	1,57				
P ₂ O ₅	0,24	0,24	0,25	0,13	0,22	0,23	0,11	0,12	0,34	0,38	0,14	0,42				
H ₂ O ⁻	0,12	0,10	0,16	He обн.	0,20	0,20	He обн.	0,04	0,10	He обн.	He обн.	0,12				
П.п.п.	0,42	0,32	0,40	0,30	1,32	0,62	0,30	(0,52)	0,42	0,44	0,56	0,80				
(H ₂ O ⁺)																
Σ	100,17	100,29	99,92	100,36	99,56	99,92	100,22	99,99	99,58	100,20	100,28	99,95				

Компонент	В38-12		В38-16			В38-17					В38-18	
	12i	12/2	16Г/2	16Г/3	16	17/2	17Г/3	17Г/2	17/5*	17/12*	18/1	18Г/1
SiO ₂	56,68	60,04	47,54	47,90	47,98	46,88	47,74	47,98	53,90	57,68	47,82	48,60
TiO ₂	0,81	0,68	0,97	0,99	0,47	0,92	0,99	0,99	0,62	0,57	0,77	0,84
Al ₂ O ₃	19,10	18,28	16,17	16,05	16,23	17,52	17,36	17,56	20,38	18,27	17,87	17,94
Fe ₂ O ₃	3,18	2,25	2,93	2,80	He обн.	2,89	2,88	3,08	4,04	3,02	2,88	2,87
FeO	4,12	3,09	5,86	5,92	6,68	7,04	6,55	5,77	4,17	3,76	6,41	6,00
MnO	0,19	0,18	0,17	0,17	0,18	0,11	0,18	0,16	0,14	0,14	0,14	0,18
MgO	2,42	2,94	11,20	11,20	13,96	9,44	8,80	8,32	2,33	3,10	6,96	7,06
CaO	7,52	6,19	11,60	11,04	9,70	10,98	11,38	11,96	9,10	7,84	13,17	12,94
Na ₂ O	3,93	4,30	2,28	2,34	2,45	2,49	2,44	2,54	3,49	3,52	2,27	2,18
K ₂ O	1,56	1,78	0,87	0,87	1,02	0,99	0,95	0,94	0,99	1,16	0,87	0,84
P ₂ O ₅	0,40	0,26	0,14	0,15	0,25	0,18	0,18	0,16	0,18	0,15	0,16	0,15
H ₂ O ⁻	0,12	He обн.	0,12	0,08	0,12	0,04	0,12	0,14	0,10	0,12	0,10	0,12
П.п.п.	0,41	0,36	0,52	0,20	0,62	0,08	0,04	0,32	0,26	0,30	0,44	0,52
(H ₂ O ⁺)												
Σ	100,44	100,35	100,23	99,71	99,61	99,56	99,61	99,92	99,70	99,63	99,86	99,99

Компонент	B38-18				B38-22				B38-23				B38-24			
	18/2	22/1**	22/5**	22/2**	22/2**	22/2**	23/1	23/2**	24/1	24/2	24/3	24/4	24/4	24/3	24/2	
SiO ₂	48,85	51,92	52,80	52,90	54,32	47,82	63,00	46,92	48,10	48,12	48,26	48,12	48,10	48,26	48,50	
TiO ₂	0,80	1,70	1,70	1,57	1,69	0,85	1,30	1,06	1,14	1,09	1,10	1,09	1,14	1,10	1,08	
Al ₂ O ₃	17,05	16,52	15,30	16,20	15,90	15,98	14,30	17,38	17,37	16,96	15,90	16,96	17,37	15,90	15,32	
Fe ₂ O ₃	2,96	3,01	5,73	3,83	3,80	3,16	1,83	3,95	3,70	4,12	4,03	4,12	3,70	4,03	3,33	
FeO	6,64	7,74	5,74	6,75	7,15	5,95	5,55	4,91	4,94	4,71	5,82	4,71	4,94	5,82	6,70	
MnO	0,18	0,15	0,18	0,17	0,20	0,07	0,16	0,08	0,13	0,14	0,17	0,14	0,13	0,17	0,16	
MgO	7,56	3,58	3,36	3,40	3,18	10,06	2,30	6,82	6,60	6,90	8,14	6,90	6,60	8,14	9,20	
CaO	11,24	7,92	7,84	7,88	7,32	11,25	5,42	12,37	12,76	12,44	11,62	12,44	12,76	11,62	10,02	
Na ₂ O	3,43	3,46	3,66	3,77	3,43	2,48	4,05	2,27	2,18	2,13	2,44	2,13	2,18	2,44	3,82	
K ₂ O	0,92	1,89	1,58	1,54	1,84	1,09	1,75	1,85	1,89	1,89	1,54	1,89	1,89	1,54	1,62	
P ₂ O ₅	0,18	0,26	0,53	0,30	0,35	0,23	0,25	0,35	0,41	0,43	0,37	0,43	0,41	0,37	0,35	
H ₂ O ⁻	0,20	0,22	0,77	0,54	0,20	0,24	0,13	0,46	0,36	0,28	0,08	0,28	0,36	0,08	0,14	
П.н.н.	0,45	0,64	0,25	1,04	0,96	0,48	0,25	1,30	0,80	0,78	0,00	0,78	0,80	0,00	0,20	
(H ₂ O ⁺)																
Σ	100,46	99,62	99,44	99,89	100,34	99,66	100,29	99,82	100,38	99,99	99,47	99,99	100,38	99,47	100,44	

Компонент	B38-24		B38-25					
	24/10*	25/2	25/1*	25/3*	25/7*	25/5*	25/6*	
SiO ₂	54,32	50,60	52,70	55,68	58,82	60,98	61,90	
TiO ₂	1,01	0,98	0,76	1,08	0,62	0,71	0,58	
Al ₂ O ₃	15,70	17,88	17,80	17,61	18,10	17,65	17,12	
Fe ₂ O ₃	3,64	2,00	1,80	0,63	2,60	3,00	1,92	
FeO	5,32	6,75	5,46	6,18	3,31	3,39	2,87	
MnO	0,18	0,17	0,17	0,18	0,09	0,35	0,11	
MgO	5,74	5,50	6,26	3,68	2,71	2,50	2,74	
CaO	9,57	10,70	10,00	8,70	6,72	6,40	6,88	
Na ₂ O	2,98	2,70	2,62	3,29	3,34	3,11	3,40	
K ₂ O	0,60	1,07	0,73	0,56	1,62	1,62	1,20	
P ₂ O ₅	0,18	0,16	0,23	0,21	0,17	0,29	0,13	
H ₂ O ⁻	0,72	0,16	0,26	0,00	0,16	0,08	0,55	
П.п.п. (H ₂ O ⁺)	0,48	0,70	0,61	1,58	1,42	0,12	0,69	
Σ	100,44	99,47	99,40	99,38	99,68	99,60	100,09	

Компонент	В38-26		В38-28		В38-29	
	26/1*	28/3**	28/2**	29/2**	29/1**	29Г/3**
SiO ₂	49,92	47,42	54,36	54,76	54,92	56,78
TiO ₂	0,87	1,54	1,55	1,52	1,60	1,64
Al ₂ O ₃	18,81	15,55	18,05	16,98	16,89	16,79
Fe ₂ O ₃	4,19	2,67	2,46	2,66	2,84	2,54
FeO	4,80	10,95	6,21	6,06	5,86	5,14
MnO	0,13	0,28	0,11	0,11	0,12	0,15
MgO	5,82	6,23	3,45	2,60	2,88	2,70
CaO	10,64	10,32	7,44	7,36	7,26	6,52
Na ₂ O	2,85	2,80	3,29	3,70	3,89	3,79
K ₂ O	0,61	0,70	1,62	1,96	1,75	1,98
P ₂ O ₅	0,22	0,22	0,17	0,38	0,21	0,36
H ₂ O ⁻	0,52	0,16	0,06	0,38	0,24	0,26
П.п.п. (H ₂ O ⁺)	1,00	0,86	0,82	1,14	1,16	1,22
Σ	100,38	99,70	99,59	99,61	99,72	99,91

Примечание. Анализы выполнены в Институте вулканологии ДВО РАН. Аналитики: В.В. Дунин-Барковская, Г.В. Князева, Г.П. Новоселская, А.В. Соловьева.
 В38-2 – В38-29 – номера станций; 2/2 – 29Г/3 – номера проб.

*Номера проб, которые могут быть отнесены к продуктам ледового разноса и переноса мутьевыми потоками.

**Породы высокотитанистой серии.

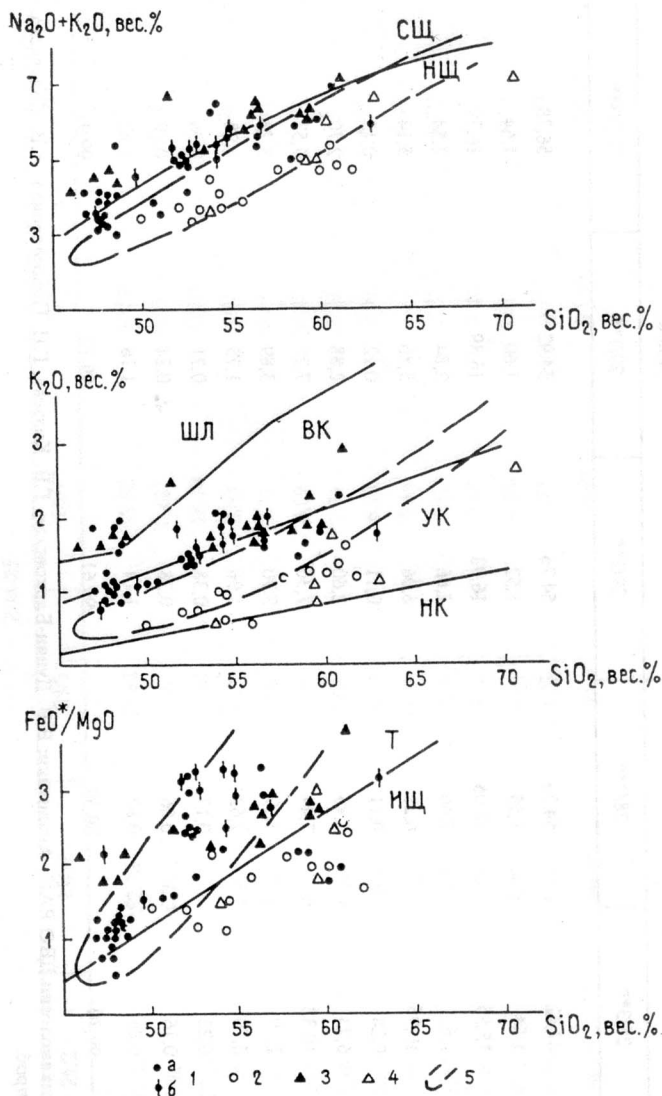


Рис. 4. Классификационные петрохимические диаграммы для лав тыловой зоны Восточных Алеут. 1, 2 – драгированные лавы тыловой зоны Четырехсочных островов: 1 – лавы местного происхождения умереннотитанистой (а) и титанистой (б) групп, 2 – чужеродные (?) лавы; 3 – лавы островов Амак и Богослов из тыловой вулканической зоны Восточных Алеут; 4, 5 – лавы фронтальной вулканической зоны Восточных Алеут: 4 – Четырехсочных островов, 5 – поле лав о-ва Умнак (4, 5 по данным [2, 4, 5, 7, 8])

По уровню концентрации TiO_2 среди анализированных образцов на фоне преобладающих умереннотитанистых лав ($TiO_2 < 1,2\%$) резко выделяются вулканиты с повышенным содержанием TiO_2 (до $1,9\%$), варьирующие по кремнекислотности от базальтов до кислых андезитов (см. табл. 2). От умереннотитанистых разновидностей лав они отличаются также повышенным содержанием окиси железа и пониженным – окисей кальция и алюминия. Аналогичные отличия по данным микросондового анализа сохраняются и в стеклах из основных масс соответствующих типов пород. Подчеркнем, что по этим признакам титанистые лавы отличаются и от пород вулканических островов тыловой зоны Восточных Алеут (Амака и Богослова), поля составов

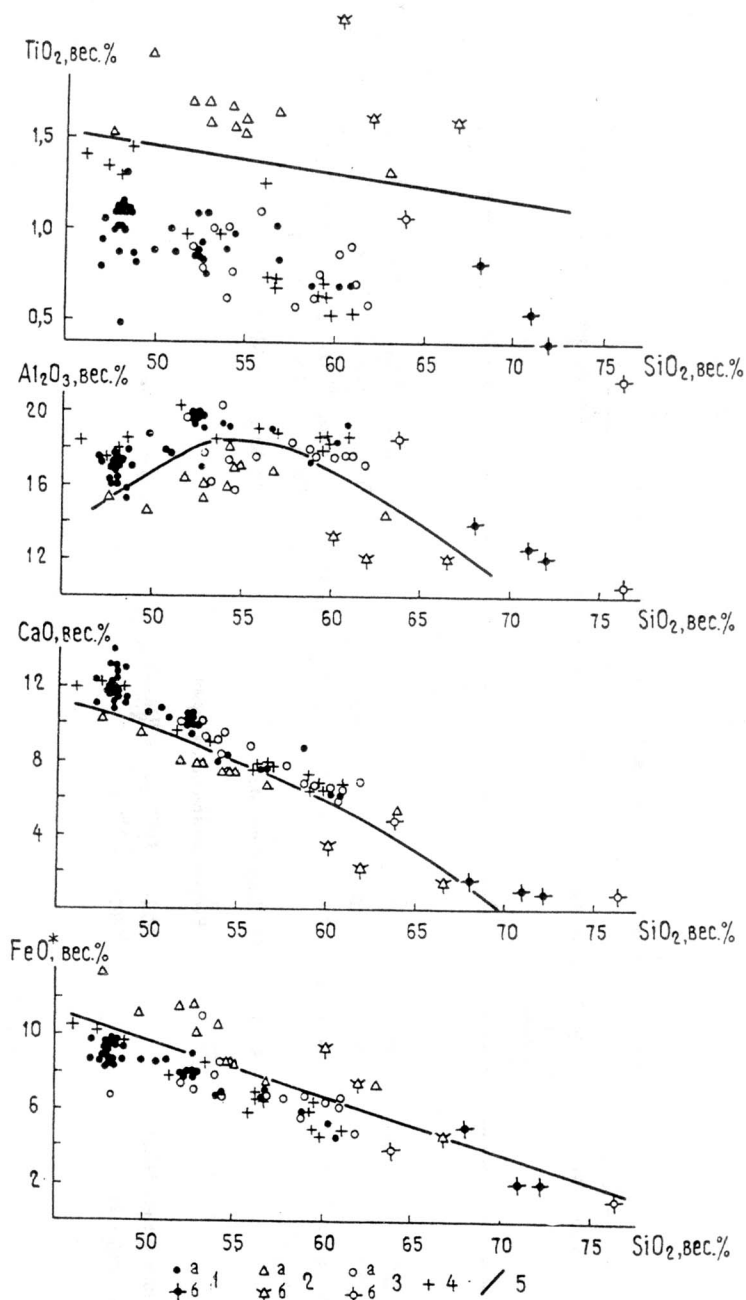


Рис. 5. Вариационные диаграммы химических составов лав и интерстиционных стекол из них. 1, 2 – лавы местного происхождения: 1 – умереннотитанистой, 2 – титанистой групп; 3 – чужеродные (?) лавы умереннотитанистой группы: а – валовые составы лав, б – интерстиционные стекла (усредненные значения); 4 – лавы островов Амак и Богослов тыловой зоны; 5 – граница между породами умереннотитанистой и титанистой групп

которых на вариационных диаграммах совпадают с полями драгированных умереннотитанистых лав (рис. 5). Устойчивые различия в содержании указанных породообразующих окислов при сходном для обоих типов лав интервале кремнекислотности пород позволяют предполагать самостоятельность исходных расплавов для каждого из них.

Минеральный состав лав тьяловой зоны Четырехугольных островов

Тип породы	№ образца	Количество вкрапленников, об. %	Ассоциация вкрапленников и состав их ядер	Ассоциация и состав основной массы
Базальт	5/1, 28/3 22/1; 2,5	до 3 3-5	Пл78-82, Ол Пл70-94, Ол30-40, Ав29-38	Пл48-65, Ав30-33, Пж32-33, Мт85-91, Ст Пл39-62, Ав34-38, Мт89-91, СтА, Ол44-54
Андезитобазальт	28/2, 29/1, 2, 22Г/2, 29Г/3	5-10	Ол35-36, Пл74-92, Ав27-32, Мт86-88	Ол35-36, Пл45-62, Ав30-41, С.Ав36-37, Пж31-36, Мт85-61, СтА-Д
Андезит	23/2	5-10	Пл, Кпр, Опр, Мт	Пл, Кпр, Опр, Мт, Ст
Ультраосновные включения в базальтах	Ол пироксенит 24/2,5 Пироксенит 16/1		Высокотитанистая серия Пл78-82, Ол Пл70-94, Ол30-40, Ав29-38 Ол35-36, Пл74-92, Ав27-32, Мт86-88 Пл, Кпр, Опр, Мт Умереннотитанистая серия Ол12-18, Кпр13-15, Шп38-43 Кпр26-30, Мт82	

Базальт	6/2,3,4,5, 7/1, 16,	15-25	Ол13-17, Дш12-17, Шп38-52	Пл57-85, Са20-31, Мт71-75, Ав22-47, Мт74-81, СтБ, АБ, А
	17/1,2,3, 24, 24/1,2,3, 6Г/3, 7Я/1, 16Г/2,3, 17Г/2,3, 24Г/2,4			
	18/1,2, 23/1, 17/4, 25,2*, 18Г/1	15-25	Ол13-19, Др-Аш4-24, Шп40-45, Пл75-87	Пл34-71, Ав25-34, Опр25-29, Пж27-30, Мт94-95, СтД
	2/1,2, 3/2, 4/1,2, 2Г/2, 4Г/2	20-25	Пл68-84, Са25-32, Ам30-40, Мт88	Пл58-65, Ав26-31, Опр28-34, Мт, СтД
Андезитобазальт	6/1*, 17/5*, 6*, 24/10*, 25/3*	5-20	Пл61-71, Ав25-34, ± Опр, Мт	Пл53-50, Ав34-39, САв36-38, Пж35-38, Мт95-96, Ст
	10/1,2	25-30	Пл55-66, Ам19-28, Ав22-27, Мт84-85	Пл44-53, Ав25-27, Клш1,2, Мт, Ст
Андезит	3/1*, 8/1*, 3Г/1*, 8Г/1*	15-25	Пл, Опр, Кпр, Мт	Пл, Опр, Кпр, Мт, Ст
	17/12*, 25/5*, 6*, 7*	20-30	Пл51-60, Ам28-36, Ди-Ав26-28, Мт92-93, Ил88-90, Опр36-40	Пл67-77, Опр27-32, Ав26-27, Мт93-95, Стр
	10/3, 12/1,2	20-25	Пл76-88, Пл53-65, Ам35-50 Са26-32, Мт71-89	Пл43-65, Са25-33, Ав24-33, Опр31, Пж37-42, Мт89-94, Стрд,р

Примечание. Подчеркнуты номера образцов, на основании микроскопического изучения которых даны составы минеральных фаз (микрoанализатор Camebaks, Институт вулканологии ДВО РАН, Аналитики: В.В. Афаньев, Г.П. Пономарев, Т.М. Философова). Звездочками отмечены номера образцов, которые могут представлять собой чужеродный материал. Цифры около знаков минеральных фаз - интервалы колебаний железистости для темноцветных минералов (ат.%) и содержания аниртового компонента для полевых шпатов (мол.%). Обозначения минеральных фаз: Пл - плагиоклаз, Клш - калин; аниртовый полевой шпат, Ол - оливин, Ди - диопсид, Са - салит, Ав - авгит, САв - субкальциевый авгит, Кпр - клинопироксен, Опр - ортопироксен, Пж - пажонит, ДШп - шпидель, Мт - магнетит, Ил - ильменит, Ст - вулканическое стекло (буквы у знака стекла означают его состав - Б - базальтовый, АБ - андезитобазальтовый, А - андезитовый, Д - дашитовый, РД - риодацитовый, Р - риолитовый).

Однообразные по составу обломки титанистых лав подняты только при драгировании уступов (станции В38-22, 28, 29), где обнажаются породы нижнего возрастного комплекса. В двух случаях отдельные глыбы титанистых вулканитов обнаружены в составе каменного материала, полученного при драгировании наложенных построек, сложенных породами молодого комплекса (станции В38-5 и 23). Неоднородность материала, поднятого на этих станциях, не исключает возможность некоренного источника титанистых вулканитов. С другой стороны, умереннотитанистые лавы драгированы как со склонов молодых наложенных вулканов, так и с более древних отпрепарированных построек (В38-12, 24, 25), а также с тектонических уступов (В38-10). Отметим, что близкие по возрасту лавы с умеренным и повышенным содержанием титана проявляются на вулканах о-ва Умнак, расположенного в том же тектоническом блоке по фронтальной части дуги [5]. По-видимому, разные по титанистости вулканиты сосуществуют и во фронтальной, и в тыловой части дуги в течение достаточно длительного временного интервала, вплоть до голоцена. Для сравнения укажем, что среди плиоцен-четвертичных вулканических пород Курил высокотитанистые лавы не установлены [3].

Титанистые базальты отвечают низко- и умеренномагнезиальным разностям с содержанием MgO от 3,4 до 7,1% и коэффициентом магнезиальности ($K_{mg} = \text{MgO/MgO} + \text{FeO} + 0,9\text{F}_2\text{O}_3\%$) 35–53. В составе умереннотитанистых базальтов резко преобладают умеренномагнезиальные породы ($\text{MgO} = 5,5\text{--}8,5\%$, $K_{mg} = 53\text{--}64\%$), однако базальты с высоким содержанием кремнезема, переходные к андезитобазальтам ($\text{SiO}_2 = 52\text{--}53\%$), обычно низкомагнезиальные ($\text{MgO} = 2,5\text{--}3,5\%$ и $K_{mg} = 35\text{--}43\%$), а среди базальтов с низким содержанием кремнезема ($\text{SiO}_2 < 48\%$) встречаются высокомагнезиальные типы ($9,5\text{--}14\%$ MgO и $K_{mg} = 67\text{--}80\%$). Последние по уровню содержания MgO и величине K_{mg} близки к магнезиальным базальтам вулкана Окмок (о-в Умнак) из фронтальной зоны дуги, которые рассматриваются рядом исследователей в качестве модельных составов исходных расплавов для лав Алеутских островов [5, 8].

Однако магнезиальные базальты тыловой зоны Четырехсопочных островов отличаются от соответствующих базальтов вулкана Окмок более высоким содержанием щелочей, и прежде всего калия, и в этом отношении более похожи на магнезиальные базальты тыловой зоны Курильской островной дуги [3].

Петрографические особенности вулканических пород

Как следует из табл. 3, разные по основности и по содержанию TiO_2 вулканиты обоих возрастных комплексов характеризуются обычными для островодужных проявлений ассоциациями минералов-вкрапленников. Только некоторые разновидности умереннотитанистых базальтов (с высоким и отчасти умеренным K_{mg}) не содержат вкрапленников плагиоклаза. Эти же породы нередко несут мелкие (от первых миллиметров до 1–1,5 см) включения верлитов и пироксенитов, большая часть которых по всей вероятности, имеет сегрегационную природу.

В целом лавы умереннотитанистой группы отличаются высокой кристаллическостью, которая реализуется как в повышенном содержании вкрапленников, так и в хорошей раскристаллизации основных масс пород, где доля остаточного стекла обычно невелика, а также в присутствии сегрегационных включений. Многие минералогические особенности лав этой группы, наиболее рас-

пространенных в тыловой зоне Четырехсопочных островов, весьма сходны с наблюдаемыми в лавах умеренно- и высококальциевой известково-щелочной серии тыловой зоны Курильской островной дуги [12]. К числу таких особенностей относятся: 1) широкое развитие амфиболов во вкрапленниках андезитов и присутствие его среди вкрапленников некоторых андезитобазальтов и даже базальтов; 2) отсутствие вкрапленников ортопироксена в базальтах, а также пижонита среди микролитов в основных массах всех типов пород; 3) наличие Cr-Al-шпинели во вкрапленниках оливинов базальтов; 4) присутствие среди базальтов меланократовых бесплагноклазовых разновидностей; 5) повышенная магнизиальность вкрапленников оливина и клинопироксена в базальтах, а также повышенная кальциевость клинопироксенов во всех типах пород.

Высокотитанистые лавы отличаются от умереннотитанистых пониженным уровнем содержания вкрапленников, обычно более мелкими размерами их, отсутствием среди вкрапленников амфибола, а также включений Cr-Al-шпинели в фенокристаллах оливина, повышенной железистостью темноцветных минералов, наличием пижонитов в основных массах пород. Эти признаки сближают лавы высокотитанистой группы с породами умеренно-высококальциевой толеитовой серии, иногда встречающейся в тыловой зоне Курильской дуги. Характерной особенностью лав этой группы является также довольно обычное замещение оливина смектитом.

Заключение

Геолого-геофизические исследования, проведенные в 38-м рейсе НИС "Вулканолог" с Берингоморской стороны Четырехсопочных островов в восточном сегменте Алеутской дуги, подтвердили наличие здесь молодых подвижных вулканических построек, наложенных на осадочный чехол или формирующихся конседиментационно с его верхней толщей. Более древние вулканические образования вскрываются в виде отпрепарированных на склонах подводных каньонов построек, а также в уступах тектонических блоков, перекрытых осадочным чехлом. Наложённые и отпрепарированные вулканические сооружения выделены в качестве молодого вулканического комплекса и вместе с известными островами-вулканами (Амак, Богослов др.) формируют тыловую вулканическую зону Восточных Алеут. Вулканические образования, вскрытые в тектонических уступах, рассматриваются в качестве более древнего комплекса, являющегося фундаментом для молодых построек.

Уровень содержания щелочей, и в первую очередь K_2O , в лавах и молодого, и более древнего возрастных комплексов изученного участка тыловой зоны Восточных Алеут в целом заметно выше, чем в лавах вулканов Четырехсопочных островов, а также о-ва Умнак во фронтальной зоне этого сегмента дуги, что предполагает наличие здесь нормальной для островной дуги поперечной геохимической зональности.

Большая часть пород молодого комплекса по особенностям химического состава соответствует лавам островов-вулканов тыловой зоны Восточных Алеут (Амак, Богослова) и близка к лавам тыловой зоны Курильской островной дуги. Однако в отличие от Курил здесь среди пород базальт-андезитового ряда наряду с обычными умереннотитанистыми лавами встречаются также различия с повышенным содержанием TiO_2 . Хотя породы с различными концентрациями TiO_2 встречены среди образований и верхнего, и нижнего комплексов, титанистые лавы все же более характерны для нижнего комплекса. Присутствие лав с умеренным и повышенным содержанием TiO_2 во всем интервале крем-

некислотности драгированных пород ($\text{SiO}_2 = 47\text{--}63\%$) позволяет предполагать самостоятельное происхождение каждой из этих групп пород, а устойчивые различия в особенностях минерального состава – разные физико-химические условия кристаллизации расплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вольнец О.Н., Авдейко Г.П., Цветков А.А. и др.* Минеральная зональность четвертичных лав Курильской островной дуги // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 1. С. 29–44.
2. *Arculus R.J., Delong S.E., Kay R.W. et al.* The alkalie rock snite of Bogoslof, Aleutian island arc // J. Geol. 1977. V. 85. P. 177–186.
3. *Avdeiko G.P., Volynets O.N., Antonov A.Yu. et al.* Kurile island arc volcanism: structural and petrological aspects // Tectonophysics. 1991. № 199. P. 271–287.
4. *Byers F.M. (Jr.)*. Geology of Umnak and Boloslof island, Aleutian Island. Alaska // US geol. Surv. Bull. 1959. № 1028-L. P. 267–369.
5. *Kay S.M., Kay R.W.* Aleutian magmas in space and time // Decade N. Amer. geol. 1990. V.12. P. 438–518.
6. *Kvenvolden K.A.* Gad hydrated offshore Alaska and western continental United States // Geology and resource potential of the continental margin of Western North America and adjacent ocean basins-Beanfort Sea to Baya California / Ed. Scholl D.W., Grantz D.W., Vedder J.G. 1987. P. 581–593 (Circum Pacif. Conne. Energy and Miner. Resour. Earth Sci. Ser. 1. V.6).
7. *Marsh B.D., Leitz R.E.* Geology of Amak Island, Aleutian Island, Alaska // J. geol. 1979. V. 87. № 6. P. 715–723.
8. *Nye C.J., Reid M.* Geochemistry of primary and least fractionated lavas from Okmok Volcano, Central Aleutians: implications for arc magma genesis // J. geophys. Res. 1986. V. 91. P. 10271–10287.
9. *Scholl D.W., Vallier T.L., Stevenson A.J.* Geology evolution and petroleum geology of the Aleutian Ridge // Geology and resource potential of the continental margin of Western North America and adjacent ocean basins. Beanfort Sea to Baja California / Ed. Scholl D.W., Grantz D.W., Vedder J.G. 1987. P. 123–155 (Circum Pacif. Conne. Energy and Miner. Resour. Earth Sci. Ser.1. V. 6).

Институт вулканической геологии
и геохимии ДВО РАН,

Институт вулканологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский;

Департамент геологической службы США,
Нью-Йорк

Поступила в редакцию
20.08.1992