

УДК 540.42

ВОЛЫНЕЦ О. Н.

ВАРИАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ
ЛАВАХ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

Латеральная неоднородность вулканических пород островных дуг по содержанию некоторых главных и редких элементов давно обратила на себя внимание исследователей, а выявленные при этом закономерности в распределении щелочей и ряда других «некогерентных» элементов послужили основой для создания различных моделей петрогенезиса островодужных вулканитов. Именно в связи с разработкой таких моделей необходимо детальное изучение особенностей латеральных вариаций отдельных элементов в поперечных и продольных разрезах островных дуг.

В пределах Курило-Камчатской зоны первые работы, продемонстрировавшие наличие поперечной петрохимической зональности, были выполнены Г. С. Горшковым [7], С. И. Набоко [13], Х. Куно [31]. Позднее эти данные были подтверждены и детализированы работами Е. К. Мархинина, Д. С. Стратулы [12], Б. Н. Пискунова [16] и др. На наличие продольной петрохимической зональности в пределах этого региона обратили внимание Э. Н. Эрлих [15]; автор [2], а также А. В. Колосков с соавт. [8]. В последние годы в целом ряде работ [18, 4, 9, 17, 14] для четвертичных вулканитов Курило-Камчатской зоны было показано наличие поперечной зональности в распределении целого ряда редких и рассеянных элементов.

Задачей настоящего сообщения является детальный анализ данных по вариациям содержания стронция в четвертичных лавах Камчатки и Курил, а также сравнительное рассмотрение таких вариаций в некоторых других островных дугах.

В работе использовано более 500 определений содержания стронция в валовых составах вулканитов, около 50 — во включениях и более 200 определений в плагиоклазах из лав и включений. За исключением примерно 70 анализов из базальтов Ключевского вулкана, заимствованных из работы Л. Л. Леоновой и И. Т. Кирсанова [10], все остальные получены при петрогеохимических исследованиях, проводившихся автором совместно с Э. И. Пополитовым и В. Д. Пампурой. Все анализы (включая опубликованные) выполнены в Институте геохимии СО АН СССР им. А. П. Виноградова в основном количественным спектральным и отчасти количественным рентгеноспектральным методами. Чувствительность количественного спектрального метода составляет 3—5 • 10⁻⁴%, ошибка определения ±15% в пределах концентраций 0,01—1,0% и ±20—30% в пределах концентраций <0,01%. Данные по другим островным дугам заимствованы из литературных источников, ссылки на которые приводятся в тексте.

Проведенные исследования показывают, что в пределах конкретных вулканических центров наблюдается уменьшение содержаний стронция от базальтов и андезитов к дацитам и риолитам (табл. 1). Такая же

Таблица 1

Средние содержания стронция в разных типах пород некоторых вулканов Камчатки, г/т

Порода	Вулкан			
	Ильинский	Малый Семьячик	Горелый	Уксичан
Базальт	360 (6)	362 (6)	623(5)	832 (4)
Андезито-базальт	361 (8)	333 (14)	417 (2)	740 (9)
Андезит	338 (7)	405 (9)	—	703 (11)
Андезито-дацит	342 (11)	—	—	592 (6)
Дацит	337 (5)	263 (13)	362 (3)	458 (4)
Липарито-дацит, липарит	—	—	145 (4)	218 (6)

Примечание. В скобках указано количество для анализов подсчета среднего.

Таблица 2

Средние содержания стронция в четвертичных вулканических породах Камчатки, г/т

Порода	Тип пород по щелочности		
	низкощелочной (низкокалийный)	известково-щелочной (с умеренным содержанием калия)	субщелочной и щелочной (высококалийный)
Базальт	407 (45)	400 (109)	512 (54)
Андезито-базальт	370 (15)	431 (40)	592 (17)
Андезит	354 (16)	444 (21)	623 (18)
Андезито-дацит	342 (11)	365 (19)	438 (20)
Дацит	306 (12)	314 (38)	297 (14)
Липарит	297 (26)	201 (32)	<50 (7)

Примечание. В таблице использованы данные только для глиноземистых разновидностей пород. В скобках указано количество анализов для подсчета среднего.

картина характерна для средних составов вулканитов разной кислотности в рядах пород с одинаковыми петрогеохимическими признаками. В одинаковых по кислотности породах, принадлежащих к разным петрогеохимическим сериям, содержание Sr выше в породах с более высокой общей щелочностью, за исключением наиболее кислых разновидностей, где картина обратная (табл. 2). Сходные данные получены разными исследователями и по другим регионам мира [6, 5, 36].

Минералом-концентратором стронция в породах является плагиоклаз. Содержание Sr в плагиоклазе зависит от состава последнего и от концентрации Sr в исходном расплаве. При возрастании содержания анортитовой молекулы от кислых андезинов до анортитов концентрации Sr в плагиоклазе уменьшаются, а величина Ca/Sr возрастает (рис. 1); при одинаковом содержании An плагиоклаз из пород с более высоким содержанием Sr характеризуется более высоким уровнем концентрации этого элемента (рис. 2). Имеющиеся статистически представительные данные о распределении Sr в плагиоклазах [37, 25, 28] сходны с полученными нами.

Содержание стронция в габброидных включениях из лав конкретных вулканов близко к содержанию его в базальтах этих вулканов, а концентрация Sr в плагиоклазах из включений — к концентрации его в аналогичных по составу плагиоклазах вкрапленников лав (рис. 3).

Таким образом, при анализе латерального распределения содержаний Sr можно использовать данные не только по валовому составу вулканических пород, но и по составу включений в них и составу плагиоклазов из лав и включений. При этом необходимо сравнивать близкие по содержанию SiO₂ породы и сходные по составу плагиоклазы.

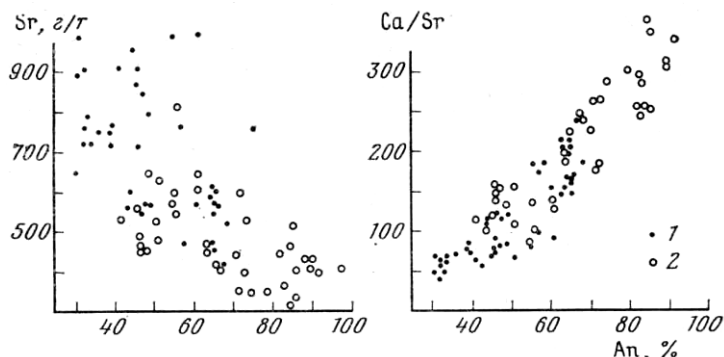


Рис. 1. Соотношение концентраций Sr и величины Ca/Sr в плагиоклазах с содержанием в них An - молекулы.

1 — плагиоклазы из пород умеренной или повышенной щелочности, 2 — плагиоклазы из пород пониженной щелочности

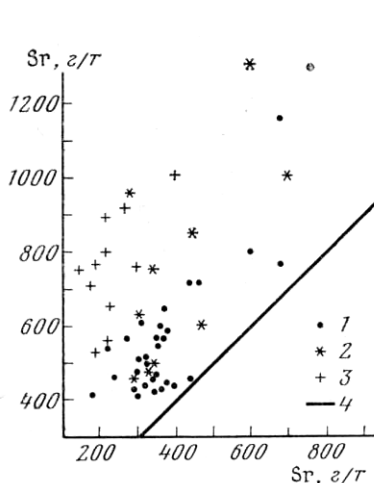


Рис. 2

Рис. 2. Соотношение концентраций Sr в плагиоклазах (ордината) и содержащих их лавах (абсцисса).

1 — базальты и андезито-базальты; 2 — андезиты и андезито-дациты; 3 — дациты и липариты; 4 — линия равных содержаний Sr

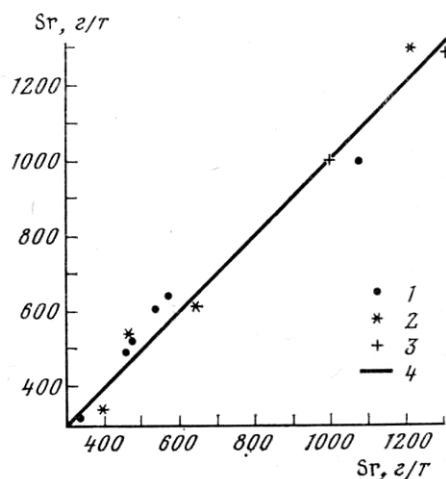


Рис. 3

Рис. 3. Соотношение концентраций Sr в плагиоклазах включений (ордината) и вкраплениях лав (абсцисса).

1 — анортиты и битовниты; 2 — лабрадоры; 3 — андезиты; 4 — линия равных содержаний Sr

Проведенные исследования выявили наличие двух типов вариаций содержания Sr.

1. В соответствии с общей поперечной петрогеохимической зональностью концентрация Sr в основных и средних породах в пределах Курило-Камчатской дуги возрастает с востока на запад, т. е. от внешних зон вулканического пояса к внутренним. При этом наблюдаются также повышение общей щелочности пород и концентраций Rb, Li, Ba, F, Be, La, Ce, Ti, P; увеличиваются величины отношений Rb/Sr, F/B, La/Yb, Ti/Si и уменьшаются отношения Na/K, Ca/Sr и K/Rb. Наличие такой зональности было показано автором совместно с В. Д. Пампурой и Э. И. Пополитовым [14] на примере вулканического пояса Южной Камчатки (рис. 4, 5).

Сходная картина в распределении Sr устанавливается и для других островных дуг. Например, по данным С. Е. Делонга и Р. У. Кэя и др.

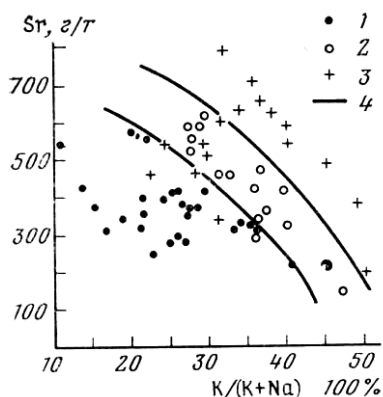


Рис. 4

Рис. 4. Соотношение содержаний Sr с величиной $[K/(K+Na)] \cdot 100\%$ в четвертичных вулканитах Южной Камчатки [14]. Порода подзон: 1 — Восточной, 2 — Центральной, 3 — Западной, 4 — границы преимущественного распространения фигуративных точек пород разных зон (каждая точка соответствует среднему содержанию элементов для отдельных типов пород конкретных вулканов)

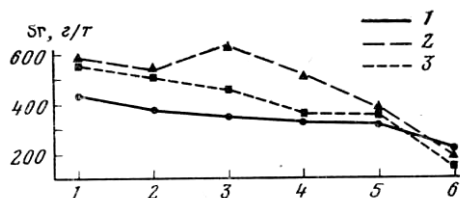


Рис. 5

Рис. 5. Распределение Sr в различных типах четвертичных вулканитов Южной Камчатки [14]. 1 — Восточная подзона, 2 — Центральная подзона, 3 — Западная подзона. По оси абсцисс: 1 — базальт, 2 — андезито-базальт, 3 — андезит, 4 — андезито-дацит, 5 — дацит, 6 — липарит

[26, 29], базальты и андезиты с о. Богослова, расположенного в тыловой части Алеутской дуги, равно как и базальты о-вов Прибылова, отличаются более высокими (в 1,5—2,0 раза) содержаниями Sr по сравнению с породами внешней зоны дуги — 700—800 г/т против 400—500 г/т — при более высоком уровне щелочности.

Вариации содержания щелочей и редких элементов (в том числе Sr) в вулканитах вкрест главных структур островных дуг связываются обычно либо с разным уровнем глубинности выплавления магматических расплавов, либо с разным уровнем глубинности отделения флюидов, участвующих в генерации магматических расплавов.

2. Вдоль простириания Курило-Камчатского вулканического пояса наблюдаются не менее существенные вариации концентраций Sr, проявленные в породах с близкой кислотностью, кальциевостью и щелочностью. Аналогично изменяются концентрации Sr в габброидных включениях из вулканитов, а также в плагиоклазах из лав и включений (рис. 6, 7). При этом вулканиты с повышенными содержаниями стронция располагаются в зонах сочленения крупных структурных элементов региона. Так, максимальные содержания Sr в лавах, габброидных включениях и плагиоклазах из лав зафиксированы в зоне стыка Курило-Камчатской и Алеутской дуг (вулканы Шивелуч и Харчинский) и в зоне сочленения Курильского и Камчатского участков дуги (вулканы Камбальный и Кошелевский на юге Камчатки, вулканы северной части о. Парамушир и вулкан Алаид на Курилах). Судя по данным сейсмологических исследований [19], именно для этих участков характерны поперечные по отношению к общему простирианию дуги плоскости глубинных разрывов, «оживающие» в очагах наиболее сильных ($M \geq 7,0$) землетрясений.

Как показывает анализ литературного материала, сходные 1,5—2,0-кратные вариации содержаний Sr в однопородных породах вдоль островных дуг при наличии максимумов концентраций в определенных

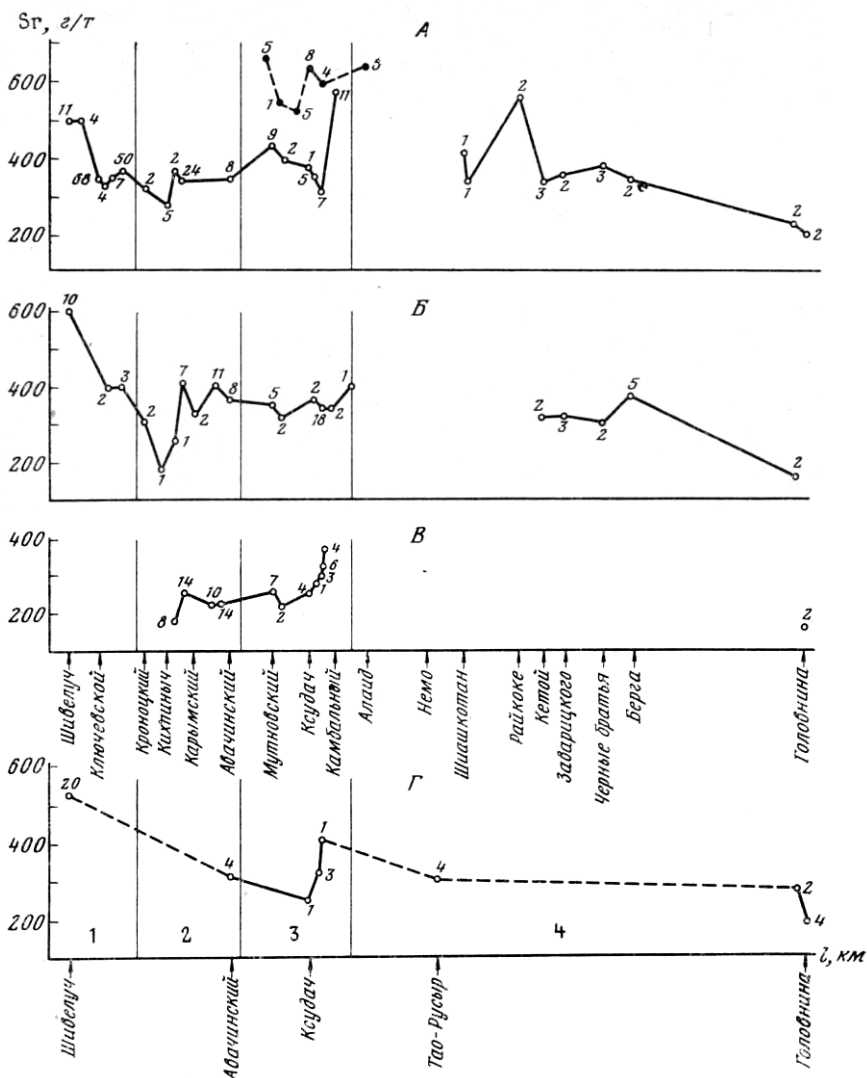


Рис. 6. Вариации содержания Sr в четвертичных лавах Курило - Камчатской островной дуги.

А — базальты и андезито-базальты, Б — андезиты и андезито-дациты; В — дациты и липариты; Г — габброидные включения. 1—4 — вулканические зоны: 1 — Центральной Камчатской депрессии, 2 — Восточной Камчатки, 3 — Южной Камчатки, 4 — Курильских островов. l — расстояние между вулканами; цифры у точек — количество анализов для подсчета среднего; пунктиром в А показаны содержания Sr в вулканитах тыловой (западной) подзоны Южной Камчатки и Северных Курил

участках устанавливаются и для других регионов. Так, при рассмотрении упоминавшихся выше данных С. Е. Делонга и Р. У. Кэя по Алеутской дуге было обнаружено наличие отчетливого максимума в содержании Sr в районе о. Адак (рис. 8), где смыкаются две разноориентированные (западно-северо-западная и восточно-северо-восточная) ветви дуги. Сходные аномальные зоны могут быть намечены в районе о. Уналашка и у западного окончания дуги. Отметим, что в 200 км западнее о. Адак к Алеутской дуге приляется подводный хребет Бауэрса. По сейсмологическим данным Л. М. Балакиной [1], в этом районе проходит мощная поперечная по отношению к простиранию дуги северо-северо-западная зона глубинного нарушения, разграничивающая области с разными тенденциями сейсмического режима.

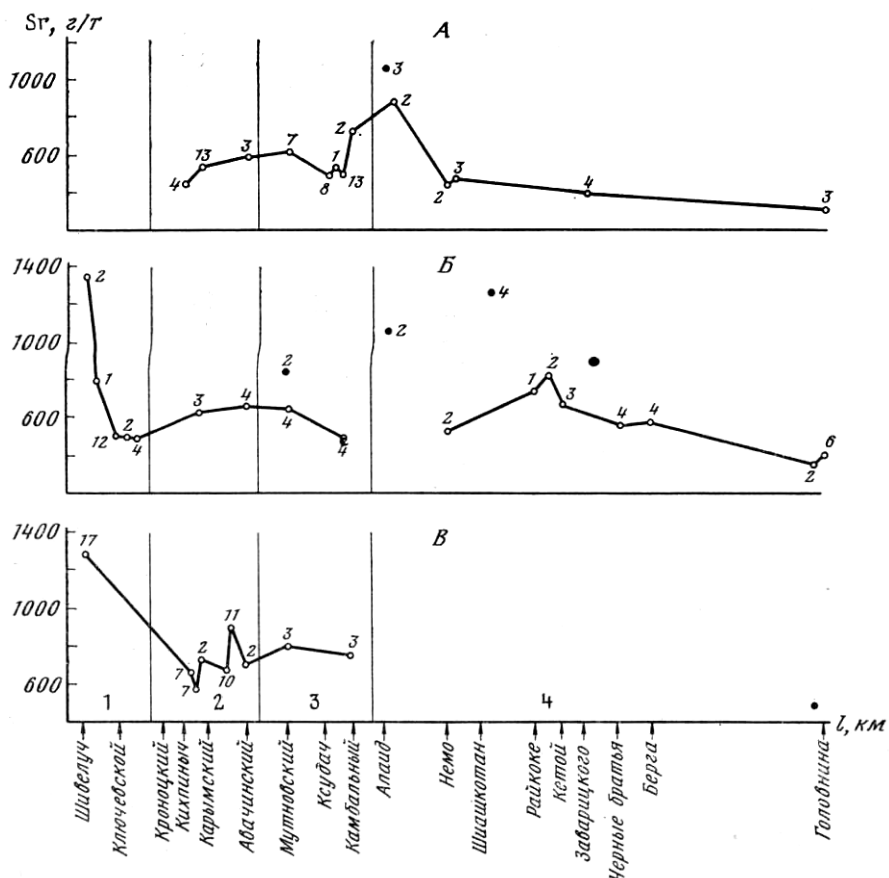


Рис. 7. Вариации содержания Sr в плагиоклазах четвертичных лав Курило - Камчатской островной дуги.

А — анортиты и битовнит-анортиты ($>An_{80}$); Б — лабрадоры и лабрадор-ботовниты ($An_{55} - An_{80}$); В — андезиты и андезит-лабрадоры ($An_{30} - An_{55}$). 1—4 — см. в подписи к рис. 6; отдельные точки вне линии — данные для тыловой (западной) подзоны Южной Камчатки и Северных Курил; цифры около точек — количество анализов для подсчета среднего

На о-вах Кермадек (дуга Тонга-Кермадек), по данным А. Эварта и др. [27], содержание Sr в базальтах о. Маколи составляет в среднем 260 г/т ($n = 8$, вариации 185—300 г/т), а в базальтах островов группы Рауль — 170 г/т ($n = 11$, вариации 135—200 г/т). Близкие величины вариаций (от 150 до 300 г/т) отмечаются в андезитах по простиранию зоны Таупо на о. Северном (Новая Зеландия) [27а]. В андезитах Каскадных гор (запад США) установлено наличие аномально-высокого обогащения Sr лав вулкана Шаства — 1200—1500 г/т против 300—700 г/т в андезитах других вулканов этого региона [35, 21, 24]. Подчеркнем, что лишь немного южнее вулкана Шаства к континенту Америки примыкает один из крупнейших Тихоокеанских разломов — Мендосино.

Важно указать, что повышенное содержание Sr в лавах не связано с увеличением количества радиогенного стронция (т. е. с контаминацией расплавов веществом сиалической коры) и лавы с разным содержанием Sr имеют сходные, обычные для вулканических пород островных дуг отношения Sr^{87}/Sr^{86} [35, 20, 29].

Следует отметить, что аномальные по содержанию Sr породы вулканов Шивелуч и Харчинский в целом заметно отличаются от лав более южных частей Курило - Камчатского вулканического пояса высоки-

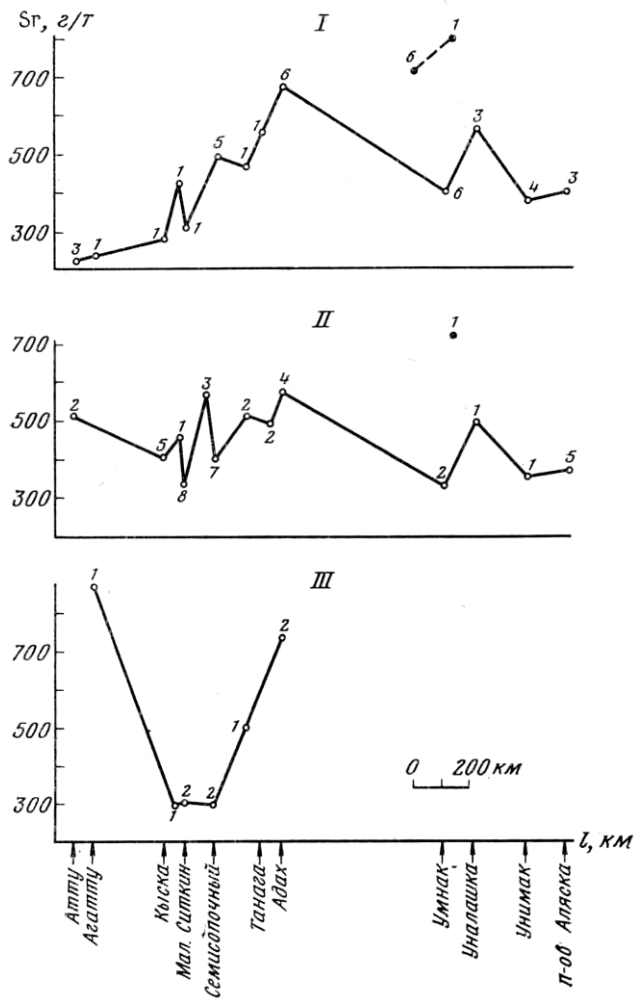


Рис. 8. Вариации содержания Sr в лавах Алеутской дуги. Построено по данным [26, 30].

I — базальты и андезиты-базальты, II — андезиты и андезиты-дациты, III — дациты; пунктир и отдельные точки вне линии — данные для островов Прибылова и Богослова (тыловая зона дуги); цифры около точек — количество анализов для подсчета среднего

ми содержаниями MgO, отношением $MgO/FeO_{общ}$, концентрациями Ni и Sr при сходном содержании CaO и щелочей. Повышенной магниальностью отличаются также габброидные включения в лавах и пирокластике этих вулканов. При этом среди андезитов и андезитобазальтов вулкана Шивелуч выделяются разности, отличающиеся по содержанию MgO, однако концентрация Sr в них остается повышенной: в высокомагнезиальных андезитобазальтах $MgO = 7,06\%$, $FeO_{общ}/MgO = 1,06$, $Sr = 435$ г/т и в андезитах $MgO = 5,30\%$, $FeO_{общ}/MgO = 1,09$, $Sr = 605$ г/т; в андезитобазальтах умеренной магниальности $MgO = 4,98\%$, $FeO_{общ}/MgO = 1,39$, $Sr = 520$ г/т и в андезитах $MgO = 1,10\%$, $FeO_{общ}/MgO = 1,37$, $Sr = 500$ г/т.

Высокомагнезиальные андезитобазальты и андезиты обнаружены также на фоне преобладающих высокоглиноземистых разностей на о. Бонин в Идзу-Бонинской дуге [38, 32], в Японии [33], на Алеутских островах [30], в Новой Зеландии [23]. В последнем регионе об-

нарушены также высокомагнезиальные базальты [22] и дациты [34].

При этом по крайней мере в некоторых регионах для подобных пород наряду с высокими содержаниями Mg, Ni, Sr и низкими отношениями $\text{FeO}_{\text{общ}} / \text{MgO}$ устанавливаются высокие концентрации Sr: для Новой Зеландии — 330 г/т в магнезиальных андезитах против 180 г/т в глиноземистых [23], на о. Адак (Алеутские острова) — соответственно 1780 г/т против 570 г/т [29].

Пространственное совмещение находок высокомагнезиальных пород с зонами повышенного содержания Sr в вулканитах позволяет предполагать, что обе эти особенности составов лав взаимосвязаны и обусловлены несколько необычными для островных дуг условиями генерации магматических расплавов. Намечающаяся приуроченность указанных аномальных зон к крупным поперечным по отношению к простиранию островных дуг глубинным структурам, вероятно, указывает на физическую природу этих необычных условий магмогенерации.

Целый ряд исследователей, изучавших высокомагнезиальные андезиты, рассматривают их как проявление самостоятельной андезитовой магмы [38, 32, 33, 30]. При этом, согласно представлениям М. Курода с соавт. [32], магнезиальная андезитовая магма образуется при частичном плавлении верхнемантийного перидотита в условиях $p = 10 - 5$ кбар, $T = 1100 - 1050^\circ$ и высоком давлении воды. По экспериментальным данным [33], расплав магнезиального андезита вулкана Камуи ($\text{SiO}_2 = 57,6\%$, $\text{MgO} = 8,55\%$) имеет окололиквидусные отношения с оливином, ромбическим и моноклинным пироксенами и амфиболом при давлении 17 кбар в условиях насыщения водой. Это позволило И. Куширо и Х. Сато предположить выплавление первичной магмы магнезиальных андезитов из верхнемантийного лерцолита на глубинах 50—60 км. Наконец, согласно представлениям Р. У. Кэя [29], магма магнезиального андезита возникает при незначительной степени плавления океанической коры в зоне субдукции на глубинах, где она преобразована в эклогит или гранатовый вебстерит. При этом возникшие расплавы должны быть равновесны с вышележащей мантией. Общим во всех этих моделях является наличие высокого давления воды при генерации расплавов.

Б. Майсоном и А. Бетчером [11] показано, что в случае высокой $f_{\text{H}_2\text{O}}$ выплавление андезитовых расплавов из мантийного лерцолита возможно в широком диапазоне температур и давлений. При этом отношение $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ в выплавках зависит от этой величины в исходных породах и величины f_{H_2} . Возможно, что высокое содержание Sr в расплавах обусловлено теми же причинами — частичным плавлением водонасыщенного перидотита при высоких f_{H_2} . Во всяком случае, в породах вулканов Шивелуч, Харчинский (стык Курило-Камчатской и Алеутской дуг), Ветровой и Алайд (стык Курильского и Камчатского участков дуги), отличающихся высоким содержанием стронция, установлено наличие высокомагнезиального амфибола паргаситового ряда [3].

Изложенные данные показывают, что вариации в содержании стронция в вулканических породах островных дуг вдоль простирания главных структур могут быть не менее значительными, чем вкрест простирания структур. При этом поперечная зональность распределения стронция (как и зональность по другим элементам) связана с глубиной до сейсмофокальной зоны, определяющей уровень отделения летучих, участвующих в магмообразовании, или уровень самого магмообразования. Продольная зональность обусловлена, очевидно, тектонической неоднородностью дуг по простиранию, влияющей на условия выплавления магм. В участках сочленения основных структур островных дуг с крупными поперечными структурами мантийный перидотит, по - видимо-

му, наиболее насыщен водой, и при частичном плавлении его в условиях высокого f_{H_2} продуцируются расплавы с повышенным содержанием Mg и Sr.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакина Л. М. Алеутские землетрясения 1957 и 1965 гг. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1974, № 6, с. 12—29.
2. Вольнец О. Н. О неоднородности состава коры и верхней мантии в пределах Курило-Камчатской магматической провинции. — В кн.: Вопросы петрохимии. Л., 1969, с. 254—255.
3. Вольнец О. Н., Долгова Т. В., Колосков А. В., Кутыев Ф. Ш. О химическом составе амфиболов и биотитов из четвертичных вулканических пород Камчатки. — Бюл. вулканол. ст., 1975, № 51, с. 77—88.
4. Вольнец О. Н., Пополитов Э. И. Геохимия четвертичных вулканических пород Камчатки (типы серий, распространение, генезис). — В кн.: Вулканические пояса Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1979, с. 17—18.
5. Герасимовский В. И. Геохимия отдельных элементов. — В кн.: Исландия и Срединно-океанический хребет. Геохимия. М.: Наука, 1978, с. 55—151.
6. Герасимовский В. И., Лактионова Н. В., Коваленкер В. Г. Стронций и барий в эффузивных породах Исландии. — Геохимия, 1976, № 4, 545—551.
7. Горшков Г. С. Четвертичный вулканизм и петрохимия современных лав Курильских островов. — В кн.: Петрографические провинции, изверженные и метаморфические горные породы. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 334—340.
8. Колосков А. В., Рудич К. Н., Алискеров А. А. Особенности интрузивного магматизма и связанной с ним рудной минерализации Курило-Камчатской островной дуги. — Вулканол. И сейсмол., 1979, № 3, с. 37—52.
9. Леонова Л. Л. Геохимия четвертичных и современных вулканических пород Курильских островов и Камчатки. — Геохимия, 1979, № 2, с. 179—197.
10. Леонова Л. Л., Кирсанов И. Т. Геохимия базальтов Ключевского вулкана (Камчатка). — Геохимия, 1974, № 6, с. 875—884.
11. Майсон Б., Беттчер А. Плавление водосодержащей мантии. М.: Мир, 1979, 123 с.
12. Мархинин Е. К., Стратула Д. С. Некоторые петрологические, геохимические и геофизические аспекты связи вулканизма с глубинами Земли. — В кн.: Вулканизм и глубины Земли. М.: Наука, 1971, с. 11—16.
13. Набоко С. И. Четвертичный и современный вулканизм Камчатки и петрохимические особенности лав. — В сб.: Петрографические провинции, изверженные и метаморфические горные породы. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 325—333.
14. Пампура В. Д., Вольнец О. Н., Пополитов Э. И. Геохимические особенности четвертичных вулканитов. — В кн.: Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980, с. 66—76.
15. Петрохимия кайнозойской Курило-Камчатской вулканической провинции / Под ред. Эрлиха Э. Н. М.: Наука, 1966. 290 с.
16. Пискунов Б. Н. Петрохимическая систематика высокоглиноземистых базальтов и распределение их типов в структуре Курильской островной дуги. — В кн.: Магмообразование и его отражение в вулканическом процессе. М.: Наука, 1977, с. 158—166.
17. Пискунов Б. Н., Абдурахманов А. И., Ким Ч. У. Соотношение состав — глубина для вулканов Курильской островной дуги и его петрологическое значение. — Вулканол. и сейсмол., 1979, № 4, с. 57—67.
18. Пополитов Э. И., Вольнец О. Н., Селиванова Г. И. Геохимические особенности четвертичных базальтов Камчатки. Новосибирск: Наука, 1976, с. 92—97.
19. Симбирева И. Г., Федотов С. А., Феофилактов В. Д. Геодинамика Курило-Камчатской дуги по сейсмологическим данным — В кн.: Вулканизм и геодинамика. М.: Наука, 1977, с. 91—103.
20. Хедж К.-Е., Горшков Г. С. Изотопный состав стронция вулканических пород Камчатки. — Докл. АН СССР, 1977, т. 233, № 6, с. 1200—1203.
21. Church S. E., Tilton G. R. Lead and strontium isotopic studies in the Cascade Mountains: bearing on andesite genesis. — Geol. Soc. Amer. Bull., 1973, v. 63, p. 485—514.
22. Cole J. W. High-alumina basalts of Taupo volcanic zone. New Zealand. — Lithos., 1973, v. 6, p. 53—64.
23. Cole J. W. Andesites of the Tongariro volcanic centre, North Island, New Zealand. — J. Volcanol. Geotherm., Res., 1978, v. 3, № 1/2, p. 121—153.
24. Condie K. S., Swenson D. H. Compositional variation in three Cascade stratovolcanoes: Jefferson, Ranier and Shasta. — Bull. Volcanol., 1974, v. 37, № 2, p. 205—231.
25. Corlett M., Ribbe P. H. Electron probe microanalysis of minor elements in plagioclase feldspars. The second part of laboratory investigations on plagioclases. — Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 1967, v. 47, № 1, p. 317—332.
26. Delong S. E. Distribution of Rb, Sr and Ni in igneous rocks, central and western Aleutian Islands, Alaska. — Geochim. et Cosmochim. Acta, 1974, v. 38, № 2 p 245—266.
27. Ewart A., Brothers R. N., Mategon A. An outline of the geology and geochemistry and

- the possible petrogenetic evolution of the volcanic rocks of the Tonga — Kermadec — New Zealand arc. — *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1977, v. 2, № 3, p. 207—250.
- 27a. *Ewart A., Stipp J. J.* Pedogenesis of the volcanic rocks of the Central North Island, New Zealand, as indicated by a study of Sr^{87}/Sr^{86} ratios and Sr, Rb, K, U and Th abundances. — *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1968, v. 32, № 7, p. 699—736.
 28. *Heier K. S.* Trace elements in feldspars — a review. — *Norsk. Geol. Tidsskr.*, 1962, v. 42/2, p. 415—454.
 29. *Kay R. W.* Aleutian magnesian andesites: melts from subducted Pacific ocean crust. — *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1978, v. 4, p. 117—132.
 30. *Kay R. W., Sun S. S., Lee-Hu C. N.* Pb and Sr isotopes in volcanic rocks from the Aleutian Islands and Pribilof Islands, Alaska. — *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1978, v. 42, p. 263—273.
 31. *Kuno H.* High-alumina basalts. — *J. Petrol.*, 1960, v. 1, p. 121 — 145.
 32. *Kuroda M., Shiraki K., Urano H.* Boninite as a possible calcalkaline primary magma. — In: Intern. Geol. Conf. «Western Pacific» and «Magma Genesis», Abstracts. Tokyo, 1978, p. 280—281.
 33. *Kushiro I., Sato H.* Origin of calc-alkalic andesite in Japanese islands — critical review and discussion. — In: Intern. Geol. Conf. «Western Pacific» and «Magma Genesis», Abstracts. Tokyo, 1978, p. 284—285.
 34. *Lewis J. F.* Tauhara Volcano, Taupo Zone. Part II. Mineral, and Petrol. — New Zealand. *J. Geol. Geophys.*, 1968, v. 11, № 3, p. 651—684.
 35. *Peterman Zell E., Carmichael I. S. E., Smith A. L.* Sr^{87}/Sr^{86} ratios of Quaternary lavas of the Cascade Range, Northern California. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1970, v. 81, № 1, p. 311—317.
 36. *Prinz M.* Geochemistry of basaltic rocks. Trace elements. — In: Basalts, Ed. H. H. Hess. Interscience Publishing, 1967, v. 1.
 37. *Ribbe P. H., Smith J. V.* X-ray emission microanalysis of rock-forming minerals. III. Plagioclase feldspars. — *J. Geol.*, 1966, v. 74, p. 217—233.
 38. *Shiraki K., Kuroda M., Urano H.* Boninite: an evidence for calc-alkalic primary magma. — *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 1977, v. 22, № 4, p. 257—261.

Институт вулканологии
ДВНЦ АН СССР

Поступила в редакцию
16.VI.1980