

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

МАНТИЙНЫЕ КСЕНОЛИТЫ
И ПРОБЛЕМА
УЛЬТРАОСНОВНЫХ МАГМ

(Отдельный оттиск)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск 1983

А. В. КОЛОСКОВ, О. Н. ВОЛЫНЕЦ, Э. И. ПОПОЛИТОВ

МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ УЛЬТРАОСНОВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ВУЛКАНИТАХ КАМЧАТКИ

Проблема включений в вулканических породах, вероятно, одна из наиболее актуальных в современной петрологии. Однако материал, накопленный при изучении включений, касается в основном континентальных областей; значительно меньше данных имеется для океанических регионов и совсем ограничены подобные сведения для островодужных структур. Цель нашей статьи — отразить специфику состава ультраосновных включений в островодужных вулканитах на примере Камчатки.

Как показали исследования последнего десятилетия [Эрлих, Кутыев, 1975; Включения..., 1978; и др.], включения в четвертичных вулканитах Камчатки разнообразны по химическому и минералогическому составу, структурам и текстурам и установлены в лавах всех вулканических поясов, проявленных в пределах полуострова (рис. 1). При этом включения ультраосновного состава обычно встречаются совместно с включениями разнообразных габброидов и метаморфических пород. Следует отметить, что если вмещающие вулканиты — амфиболсодержащие, то ультраосновные включения ассоциируют с амфиболитами, пироксен-амфиболовыми сланцами, амфиболовыми габбро. Безамфиболовые вулканиты, на-

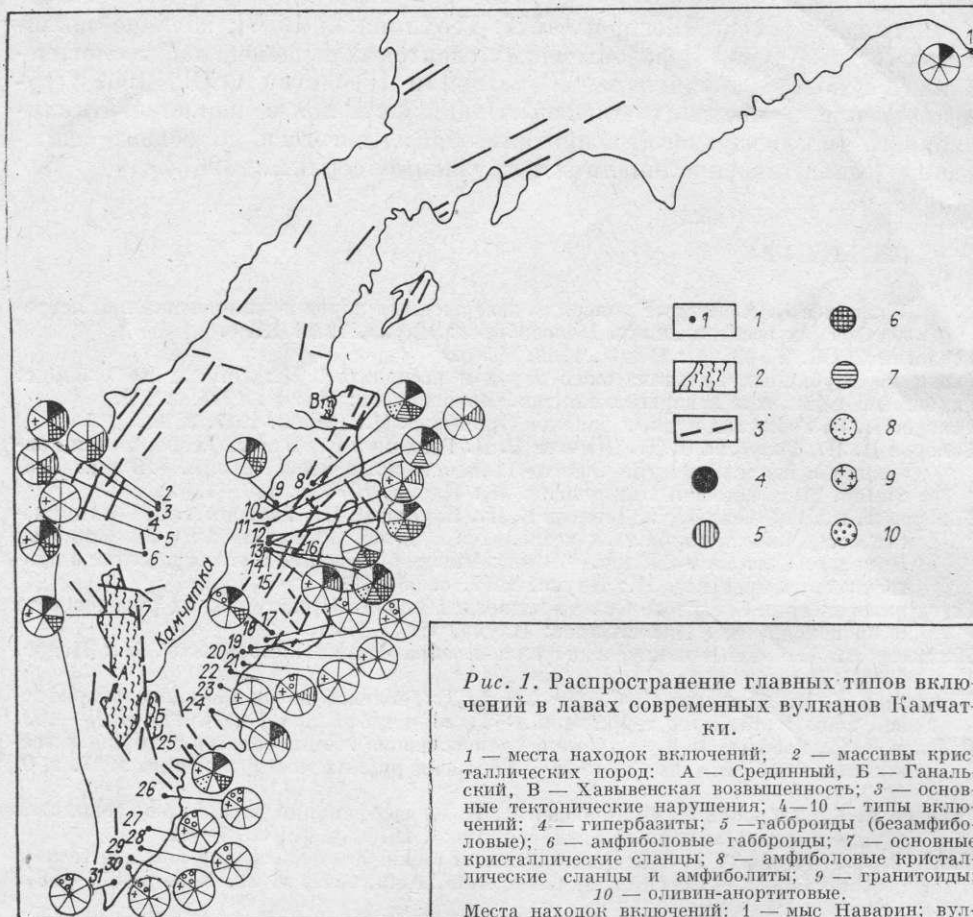


Рис. 1. Распространение главных типов включений в лавах современных вулканов Камчатки.

1 — места находок включений; 2 — массивы кристаллических пород: А — Срединный, Б — Ганальский, В — Хавывенская возвышенность; 3 — основные тектонические нарушения; 4—10 — типы включений: 4 — гипербазиты; 5 — габброиды (безамфиболовые); 6 — амфиболовые габброиды; 7 — основные кристаллические сланцы; 8 — амфиболовые кристаллические сланцы и амфиболиты; 9 — гранитоиды; 10 — оливин-анортитовые.

Места находок включений: 1 — мыс Наварин; вулканы и вулканические зоны: 2 — Кекукнайский; 9 — Харчинский; 10 — Плоская сопка; 11 — Ключевской; 12 — Безымянный; 13 — Зиминь сопки; 14 — Толбачик; 15 — Удины сопки; 16 — Шиш, Успенский; 17 — Кроноцкий; 18 — Крашенинникова; 19 — Кихпинич; 20 — Узон; 21 — Большой Семьячик; 22 — Малый Семьячик; 23 — Карымский; 24 — Жупановский; 25 — Авачинский; 26 — Мутновский; 27 — Ходутка; 28 — Ксудач; 29 — Желтовский; 30 — Ильинский; 31 — Камбальный.

Использованы материалы: Б. И. Пийп (1956), С. А. Щека и др. (1970), В. Н. Занюкова и др. (1976); «Включения в вулканических породах...» (1978), Ф. Ш. Кутыева и В. Н. Шаранова (1979).

ряду с ультраосновными, содержат включения оливиновых габбро, габбро-норитов, оливин-пироксеновых и пироксеновых кристаллических сланцев основного состава (см. рис. 1). Наиболее часто включения отмечаются в пирокластических отложениях, реже в экструзивных куполах и еще реже в лавовых потоках. Такая картина, несомненно, связана с особенностями транспортировки включений.

В отличие от океанических и континентальных областей, где основная масса включений обычно ассоциирует со щелочными базальтами, в пределах Камчатского региона включения ультраосновного состава встречаются в связи с вулканиками известково-щелочного ряда и преимущественно в андезитах и андезито-базальтах.

Детальный петрографо-минералогический анализ включений ультраосновного состава [Колосков, Хотин, 1978] позволил выделить среди них две ассоциации: дунит-гарцбургитовую и пироксенит-верлит-кортландитовую (табл. 1).

Включения дунит-гарцбургитовой ассоциации распространены только в пределах Восточной вулканической зоны Камчатки (рис. 2) и являются здесь преобладающим типом ультраосновных включений. Набор пород

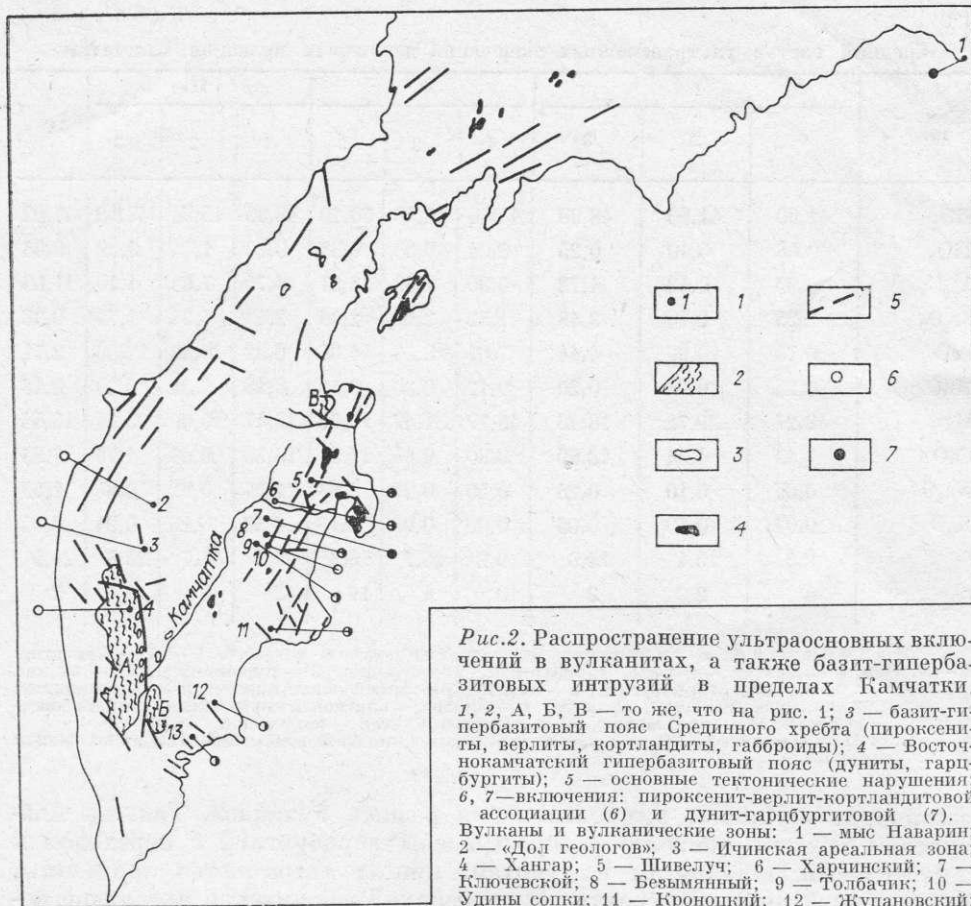
Таблица 1

Средний состав ультраосновных включений некоторых вулканов Камчатки

| Компо- нент | I | | | II | | | III | | | IV |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| SiO ₂ | 41,66 | 41,96 | 48,98 | 43,40 | 44,10 | 50,10 | 48,98 | 45,94 | 43,12 | 47,02 |
| TiO ₂ | 0,08 | 0,10 | 0,25 | 0,04 | 0,33 | 0,33 | 0,73 | 1,44 | 0,39 | 0,68 |
| Al ₂ O ₃ | 0,30 | 0,42 | 4,72 | 0,86 | 1,33 | 3,51 | 6,75 | 7,63 | 1,15 | 11,68 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,25 | 2,10 | 3,48 | 1,52 | 2,96 | 2,36 | 2,49 | 7,54 | 1,71 | 9,38 |
| FeO | 6,73 | 10,96 | 4,44 | 7,01 | 8,64 | 4,66 | 6,32 | 10,43 | 12,56 | 2,71 |
| MnO | 0,25 | 0,24 | 0,20 | 0,12 | 0,30 | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,30 | 0,18 |
| MgO | 48,27 | 39,72 | 18,46 | 45,79 | 31,49 | 19,65 | 16,17 | 16,00 | 25,34 | 15,54 |
| CaO | 0,43 | 4,34 | 18,82 | 0,80 | 9,65 | 17,97 | 15,56 | 9,08 | 4,75 | 7,83 |
| Na ₂ O | 0,06 | 0,10 | 0,28 | 0,20 | 0,21 | 0,58 | 1,31 | 0,82 | 0,85 | 1,69 |
| K ₂ O | 0,07 | 0,10 | 0,06 | 0,09 | 0,08 | 0,15 | 0,52 | 0,28 | 0,24 | 0,84 |
| <i>f</i> | 9,2 | 15,4 | 18,6 | 9,2 | 16,7 | 16,3 | 23,0 | 37,7 | 23,8 | 28,9 |
| <i>n</i> | 4 | 2 | 2 | 10 | 1 | 11 | 2 | 1 | 1 | 1 |

Примечание. *n* — количество анализов для подсчета среднего. I—III — Камчатка: I — вулкан Шивелуч: 1 — дуниты, гарцбургиты, 2 — верлиты, 3 — пироксениты; II — вулкан Авачинский: 1 — дуниты, гарцбургиты, 2 — верлит, 3 — амфиболовые пироксениты, кортландиты; III — ареальная зона Ичинского вулкана: 1 — оливин- и плагиоклазосодержащие клинопироксениты, 2 — вебстерит, 3 — кортландит; IV — кальдера Хангар — кортландит.
Для II, кроме материалов авторов, использованы неопубликованные анализы из коллекции А. И. Фарберова.

ассоциации несколько различается для разных вулканов. Так, на Авачинском вулкане наиболее распространены гарцбургиты с переходом к энстатовым оливинитам и дунитам, иногда встречаются перцолиты, вебстериты и ортопироксениты. В пределах Толбачинской ареальной зоны встречены включения мелкозернистых дунитов и гарцбургитов. На Шивелуче среди этой группы включений ультраосновного состава резко преобладают дуниты. Для ассоциации в целом характерно присутствие высокомагнезиального оливина ($Fo=88-91$) и энстатита ($En=91-92$), маложелезистого ($f=8-8,5$), малотитанистого, малоглиноземистого и сравнительно высокохромистого клинопироксена, наличие хромистой шпинели (табл. 2). Составы минералов ассоциации отчетливо коррелируются с таковыми для альпинотипных гипербазитов Восточно-Камчатского гипербазитового пояса [Щека и др., 1970; Колосков, Хотин, 1978]. В то же время минералы вкрапленников, содержащих включения вулканитов, в целом заметно более железистые. Особенность пород ассоциации также — широко проявленный катаклиз и перекристаллизация до попадания включений в транспортировавшую среду. Крупные кристаллы оливина нередко сдвойникованы, со спайностью и мозаичным угасанием. Иногда породы имеют линзовидно-полосчатое строение за счет вытянутости и неравномерного распределения перекристаллизованных зерен и агрегатов оливина и ортопироксена. Некоторые, почти нацело перекристаллизованные разности напоминают «гранулиты» с линзовидной или веретенообразной ориентированной формой зерен. Дуниты и гарцбургиты нередко содержат полосы и прожилки мелкозернистого агрегата оливина и ортопироксена (Авачинский вулкан) либо прожилки, выполненные бурой роговой обманкой, иногда совместно с флогопитом и плагиоклазом или короткостолбчатым агрегатом ортопироксена, кристаллы которого ориентированы перпендикулярно стенкам трещины (вулкан Шивелуч). Ультраосновные включения обоих вулканов различаются также по ха-



рактору краевых реакционных оторочек. Для авачинских включений характерно наличие оторочек, сложенных черным амфиболом. Толщина их нередко достигает 3—4 мм. В нескольких случаях встречены оторочки верлитового состава из малохромистого ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0,24$) и сравнительно железистого ($f = 18$) клинопироксена в ассоциации с железистым же ($\text{Fo} = 79-80$) оливином [Колосков, Хотин, 1978]. Для включений вулкана Шивелуч обычно наличие зональных реакционных оторочек, причем внутренняя (по отношению к включению) зона состоит из короткопризматических кристаллов ромбического пироксена, а внешняя сложена интенсивно опацифицированным бурым амфиболом с обильными выделениями магнетита. Иногда по границе включения с вмещающей лавой появляется еще тонкая зонка буроватой слюды.

Включения дунитов и гарцбургитов нередко содержат небольшое количество бесцветного либо буроватого стекла и обильные газово-жидкие микровключения. Стекло присутствует в виде пленочных, каплевидно-реакционных либо пемзовидных обособлений и имеет показатель преломления как выше, так и ниже показателя для канадского бальзама. Первый тип стекол, судя по результатам микронзондового анализа, имеет состав высокоглиноземистого базальта или андезито-базальта, тогда как второй — липарита [Колосков и др., 1980]. Газово-жидкие микровключения в оливине и ортопироксене гарцбургитов Авачинского вулкана, по данным И. Т. Бакуменко и В. С. Соболева (1974), содержат в качестве преобладающей фазы воду.

Таблица 2
Средний состав минералов ультраосновных включений в вулканических породах различных регионов и альвинотипных гипербазитов Камчатки

| Компонент | Оливины | | | | Ортопироксены | | | | Клинопироксены | | | | Шпинеель | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3а | 3в | 1 | 2 | 3а | 4 | 1 | 2 | 3а | 3в | 1 | 2 | 3а | 4 | | | |
| | SiO ₂ | 40,98 | 39,78 | 40,75 | 38,65 | 40,75 | 54,23 | 54,74 | 54,82 | 55,04 | 51,38 | 51,73 | 52,43 | 50,76 | 48,42 | 51,96 | — | 0,39 | — |
| TiO ₂ | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | Нет | 0,14 | 0,16 | Сл. | 0,43 | 0,53 | 0,33 | Сл. | 0,44 | 0,56 | 0,41 | 0,48 | 0,58 | 0,08 | 0,38 |
| Al ₂ O ₃ | 0,45 | 0,33 | 0,31 | 0,02 | Нет | 4,19 | 3,38 | 1,76 | 2,09 | 6,10 | 4,16 | 1,94 | 3,74 | 5,11 | 2,94 | 55,74 | 10,3 | 22,09 | 23,93 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,70 | 1,15 | 0,50 | 0,61 | 0,50 | 1,79 | 0,79 | 1,06 | 1,29 | 1,59 | 1,02 | 0,60 | 2,51 | 0,98 | 2,55 | 4,56 | 19,67 | 3,37 | 3,79 |
| FeO | 9,10 | 9,20 | 8,43 | 17,69 | 8,01 | 5,16 | 6,29 | 5,22 | 5,35 | 2,42 | 2,50 | 2,71 | 3,65 | 5,75 | 7,45 | 10,60 | 14,65 | 16,48 | — |
| MnO | 0,18 | 0,14 | 0,14 | 0,02 | 0,11 | 0,16 | 0,18 | 0,12 | 0,17 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,06 | 0,01 | 0,11 | 0,10 | 0,20 | 0,09 | 0,27 |
| MgO | 48,16 | 49,05 | 49,18 | 40,92 | 49,82 | 32,80 | 33,27 | 34,56 | 34,53 | 45,71 | 15,55 | 20,11 | 16,81 | 15,18 | 18,16 | 20,76 | 15,47 | 14,73 | 12,94 |
| CaO | 0,52 | 0,01 | 0,36 | 0,58 | 0,35 | 0,73 | 0,65 | 1,32 | 1,15 | 19,71 | 21,62 | 20,52 | 20,28 | 16,42 | 22,48 | 0,26 | Сл. | — | — |
| Na ₂ O | 0,13 | 0,03 | 0,09 | 0,02 | 0,16 | 0,21 | 0,06 | 0,22 | 0,07 | 1,56 | 0,53 | 0,32 | 0,46 | 0,45 | 0,21 | — | Не опр. | — | — |
| K ₂ O | 0,08 | 0,00 | 0,15 | 0,01 | 0,14 | 0,11 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,18 | 0,19 | 0,02 | — | » | — | — |
| Cr ₂ O ₃ | Не опр. | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,33 | 0,41 | 0,49 | 0,82 | 0,80 | 0,76 | 0,71 | 0,24 | 0,66 | 0,60 | 10,32 | 42,99 | 44,91 | 42,14 |
| NiO | » | 0,28 | 0,29 | 0,13 | 0,36 | — | 0,11 | — | 0,14 | — | 0,04 | — | — | Не опр. | 0,03 | — | Не опр. | — | — |
| f | 10,2 | 10,0 | 8,7 | 20,0 | 8,7 | 10,4 | 10,13 | 9,1 | 9,1 | 12,0 | 9,6 | 8,4 | 19,3 | 19,6 | 9,8 | 23,7 | 41,40 | 40,2 | 46,29 |
| n | 54 | 11 | 8 | 4 | 5 | 61 | 18 | 5 | 5 | 57 | 20 | 5 | 5 | 4 | 3 | 48 | 5 | 5 | 1 |

Примечание. 1—3 — включения: 1 — Приморье [Щека и др., 1978], 2 — Юго-Западная Япония [Ishibashi, 1970], 3 — Камчатка; 4 — альвинотипные гарцбургиты Камчатки; 1—2 — включения перидотитов из щелочных базальтов; 3 — включения в щелочноземельных вулканитах; а, б — Восточная Камчатка, в — Средний хребет; 3а и 3б — дунит-гарцбургитовая ассоциация, 3в и 3г — пироксенит-верлит-торгандитовая ассоциация; 3д и 3е — пироксенит-верлит-торгандитовая ассоциация. Помимо материалов авторов, для камчатских пород использованы анализы минералов из работы С. А. Щени и др. (1970).

Таблица 3

Средние содержания микроэлементов в ультраосновных включениях некоторых вулканов Камчатки

| Элемент | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------|---------|---------|-------|---------|-------|-------|---------|
| Na | 0,15 | 0,39 | 1,54 | 0,12 | 0,39 | 1,29 | 0,83 |
| K | 0,075 | 0,05 | 0,22 | 0,07 | 0,22 | 0,35 | 0,37 |
| Rb | He обн. | 0,8 | 2,1 | 1,1 | 2,6 | 6,0 | He обн. |
| Li | » | 2,8 | 2,4 | 6,7 | 2,7 | 18,7 | » |
| F | » | He обн. | | 7,55 | 5,50 | 420 | » |
| Be | » | » | | 0,10 | 0,05 | 0,3 | » |
| Ba | » | 43 | 48 | 20 | 69 | 137 | 166 |
| Sr | » | 39 | 173 | 15 | 52 | 200 | 145 |
| Ni | 1650 | 230 | 142 | 1980 | 620 | 155 | 186 |
| Co | 150 | 75 | 69 | 152 | 117 | 72 | 57 |
| Cr | 1600 | 1400 | 850 | 2520 | 2270 | 990 | 695 |
| V | 130 | 180 | 355 | 35 | 117 | 290 | 575 |
| Ti | 240 | — | 5700 | 380 | 1310 | 4010 | 5115 |
| Pb | 4,4 | 5,5 | 4,3 | 3,2 | 4,1 | 3,7 | He обн. |
| Zn | 88 | 180 | 124 | 92 | 140 | 146 | 89 |
| Sn | 2,5 | 2,2 | 2,6 | 2,6 | 2,4 | 1,9 | He обн. |
| Nd | — | 10 | 9,2 | He обн. | | 7,0 | » |
| Y | — | 8,7 | 13,2 | 2,4 | 4,3 | 9,8 | 16 |
| Yb | — | 1,9 | 3,1 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 2,3 |
| K/Na | 0,50 | 0,13 | 0,14 | 0,58 | 0,56 | 0,27 | 0,45 |
| K/Rb | — | 625 | 1048 | 545 | 846 | 583 | — |
| Ba/Sr | — | 1,10 | 0,28 | 1,33 | 1,33 | 0,75 | 1,14 |
| Rb/Sr | — | 0,020 | 0,012 | 0,073 | 0,050 | 0,033 | — |
| Ni/Co | 11 | 3,1 | 2,1 | 13,0 | 5,3 | 2,1 | 3,2 |
| V/Ni | 0,08 | 0,78 | 2,50 | 0,02 | 0,19 | 1,87 | 3,09 |
| Ti/Cr | — | — | 6,70 | 0,15 | 0,58 | 4,05 | 7,36 |
| Cr/V | 12,3 | 7,8 | 2,4 | 72,0 | 19,4 | 3,4 | 1,2 |
| n | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 7 | 3 |

Примечание. 1—3 — вулкан Авачинский: 1 — дуниты, гарцбургиты, 2 — верлиты, пироксениты, 3 — кортландиты, горнблендиты; 4—6 — вулкан Шивелуч: 4 — дуниты, гарцбургиты, 5 — верлиты и оливиновые пироксениты, 6 — пироксениты, амфиболлизированные пироксениты; 7 — ареальная зона Ичинского вулкана — плагиоклазсодержащие оливиновые пироксениты.

1 — по данным В. Г. Сахно и др., 1971; 2—7 — по материалам авторов. Для 2—7 анализы выполнены в Институте геохимии СО АН СССР им. А. П. Виноградова. Содержания Na, K, Rb, Li определены методом фотометрии пламени, Ti — по данным силикатного анализа, остальных элементов — методами количественного спектрального анализа. Содержания Na и K — в вес. %, остальных элементов — в г/т.

Включения пироксенит-верлит-кортландитовой ассоциации особенно широко распространены в вулканическом поясе Срединного хребта, но встречаются также (в резко подчиненном количестве) на вулканах Восточного вулканического пояса. Отметим, что в лавах Курильской островной дуги ультраосновные включения представлены практически только породами этой ассоциации [Федорченко, Родионова, 1975].

Примечательно, что большинство ультраосновных включений в вулканических породах Срединного хребта (как и Курил) — плагиоклаз-

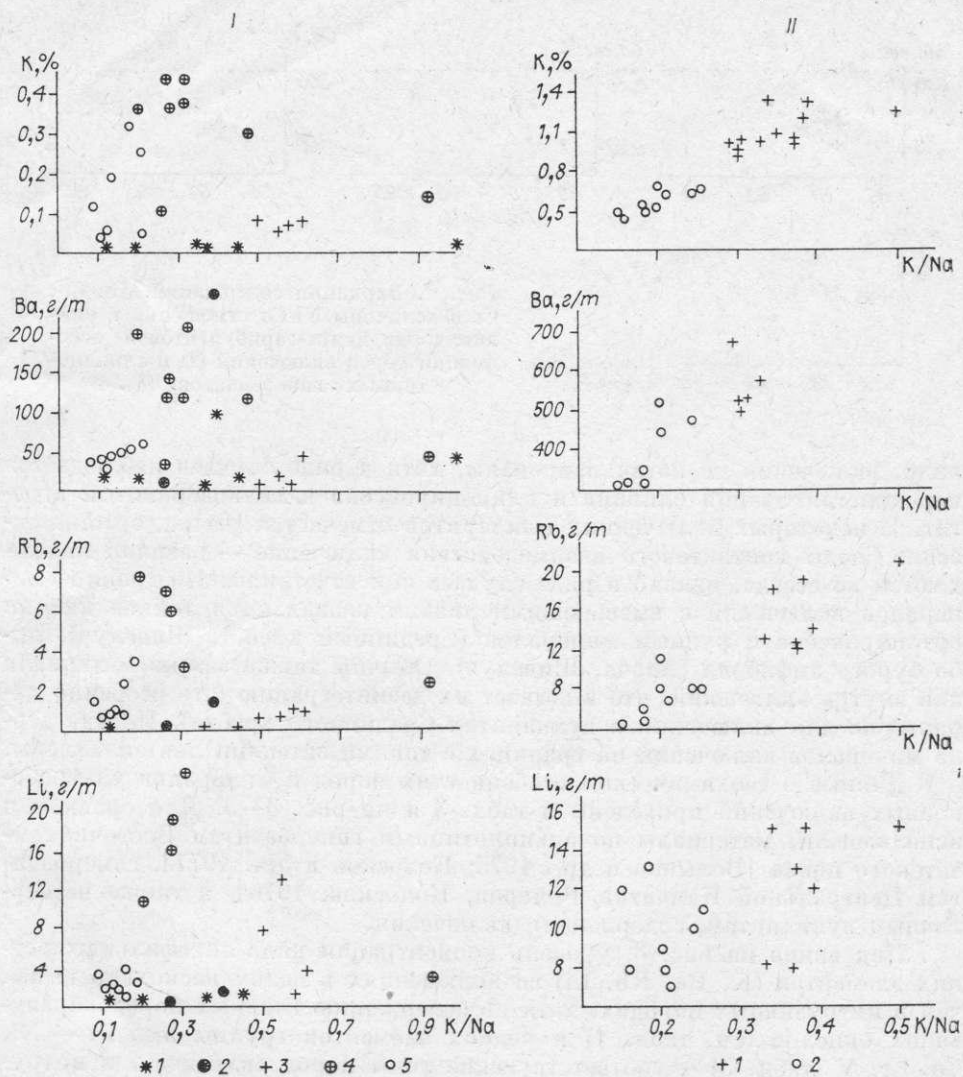


Рис. 3. Вариации содержаний К, Ва, Rb и Li в альпийотипных гипербазахитах, ультраосновных включениях (I) и вмещающих включениях лавах (II).

I — альпийотипные гипербазахиты и ультраосновные включения. 1—2 — альпийотипные гипербазахиты: гарцбургиты и дуниты (1), верлиты и пироксениты (2); 3—5 — включения: влк. Шивелуч — дуниты, гарцбургиты (3), влк. Шивелуч — пироксениты, верлиты (4), влк. Авачинский — верлиты, амфиболовые пироксениты (5); II — вмещающие включения лавы: I — влк. Шивелуч (андезиты и андезитобазальты); 2 — влк. Авачинский (андезиты и андезитобазальты).

содержание. Преобладают здесь пироксениты и оливиновые пироксениты, реже отмечаются верлиты, кортландиты (вебстериты). Для Авачинского вулкана обычны амфиболовые пироксениты (с оливином), дающие переходы к кортландитам и горнблендитам. Встречаются также верлиты и амфиболовые верлиты. На Шивелуче преобладают пироксениты, хотя отмечено несколько обломков верлитов с полосами существенно оливинового состава. Пироксениты в различной мере амфиболлизированы, причем амфиболлизация сопровождается обильным выделением магнетита.

Оливины и клинопироксены включений этой ассоциации отличаются повышенной железистостью ($f = 18-22$) и по этому признаку близки минералам-вкрапленникам содержащих включения вулканитов (см. табл. 2) [Колосков, Хотин, 1978; Волюнец и др., 1975; и др.]. Как пра-

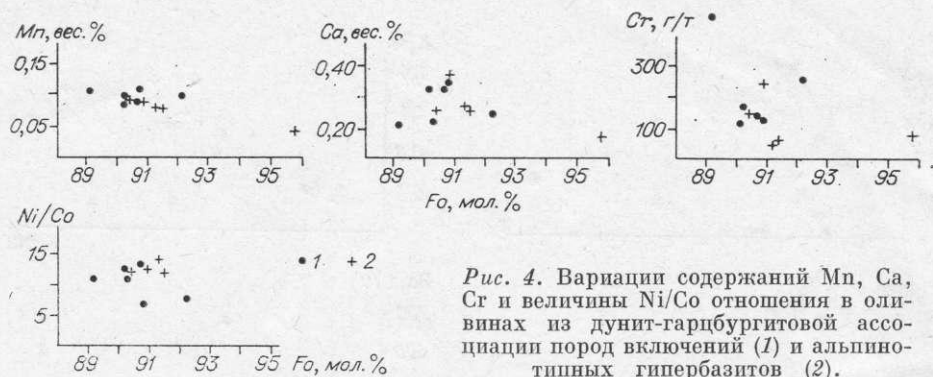


Рис. 4. Вариации содержаний Mn, Ca, Cr и величины Ni/Co отношения в оливинах из дунит-гарцбургитовой ассоциации пород включений (1) и альпийно-типовых гипербазитов (2).

вило, включения не катаклазированы, хотя в ряде случаев наблюдается перекристаллизация оливина и клинопироксена в мелкозернистый агрегат. В некоторых включениях вебстеритов отмечается распад ортопироксена. Следы контактового взаимодействия включения — расплав наблюдаются не всегда, однако в ряде случаев они отчетливы. По границе минералов включений с вмещающими лавами развиваются тонкие каемки ортопироксена с рудными минералами (Срединный хребет, Шивелуч), либо бурого амфибола (Авача, Шивелуч). Обычны также затеки материала лав внутрь включений, что вызывает их дезинтеграцию (это особенно характерно для включений в вулканитах Срединного хребта). Иногда зерна минералов включений на границах с такими затеками лав оплавлены.

Данные о геохимических особенностях пород и минералов ультраосновных включений приведены в табл. 3 и на рис. 3—5. Для сравнения использованы материалы по альпийно-типовым гипербазитам Восточнокамчатского пояса [Вольнец и др., 1975; Колосков и др., 1977], гипербазитам Центральной Камчатки [Флеров, Колосков, 1976], а также четвертичным вулканитам, содержащим включения.

Как видно на рис. 3, уровень концентрации ряда литофильных редких элементов (K, Ba, Rb, Li) во включениях в целом несколько выше, чем в интрузивных породах, хотя по содержанию главных породообразующих окислов (см. табл. 1) и редких элементов группы железа — Ni, Co, Cr, V (табл. 3) — соответствующие типы пород включений и интрузий близки. При этом во включениях пироксенит-верлит-кортландитовой ассоциации более высоки содержания указанных литофильных элементов по сравнению с включениями дунит-гарцбургитовой ассоциации (см. табл. 3, рис. 3). Сопоставление содержаний литофильных редких элементов во включениях пироксенит-верлит-кортландитовой ассоциации для разных вулканов показывает наличие четкой прямой связи между уровнем концентрации этих элементов в вулканитах и включениях (см. табл. 3, рис. 3, данные для вулканов Авачинского и Шивелуча).

Оливины (рис. 4) и клинопироксены (рис. 5) включений дунит-гарцбургитовой ассоциации по железистости и содержанию ряда главных и малых элементов (см. также табл. 2) не отличаются от минералов соответствующих пород альпийно-типовых гипербазитов Восточнокамчатского пояса. При этом, как было показано одним из авторов ранее [Колосков, Хотин, 1978], клинопироксены включений дунит-гарцбургитовой ассоциации и альпийно-типовых гипербазитов характеризуются низкими концентрациями Na и Al, в отличие от клинопироксенов из включений шпинелевых перидотитов в щелочных базальтах, где уровень содержания этих элементов заметно более высокий.

Что касается клинопироксенов из включений пироксенит-верлит-кортландитовой ассоциации и интрузивных пироксенитов, то составы их

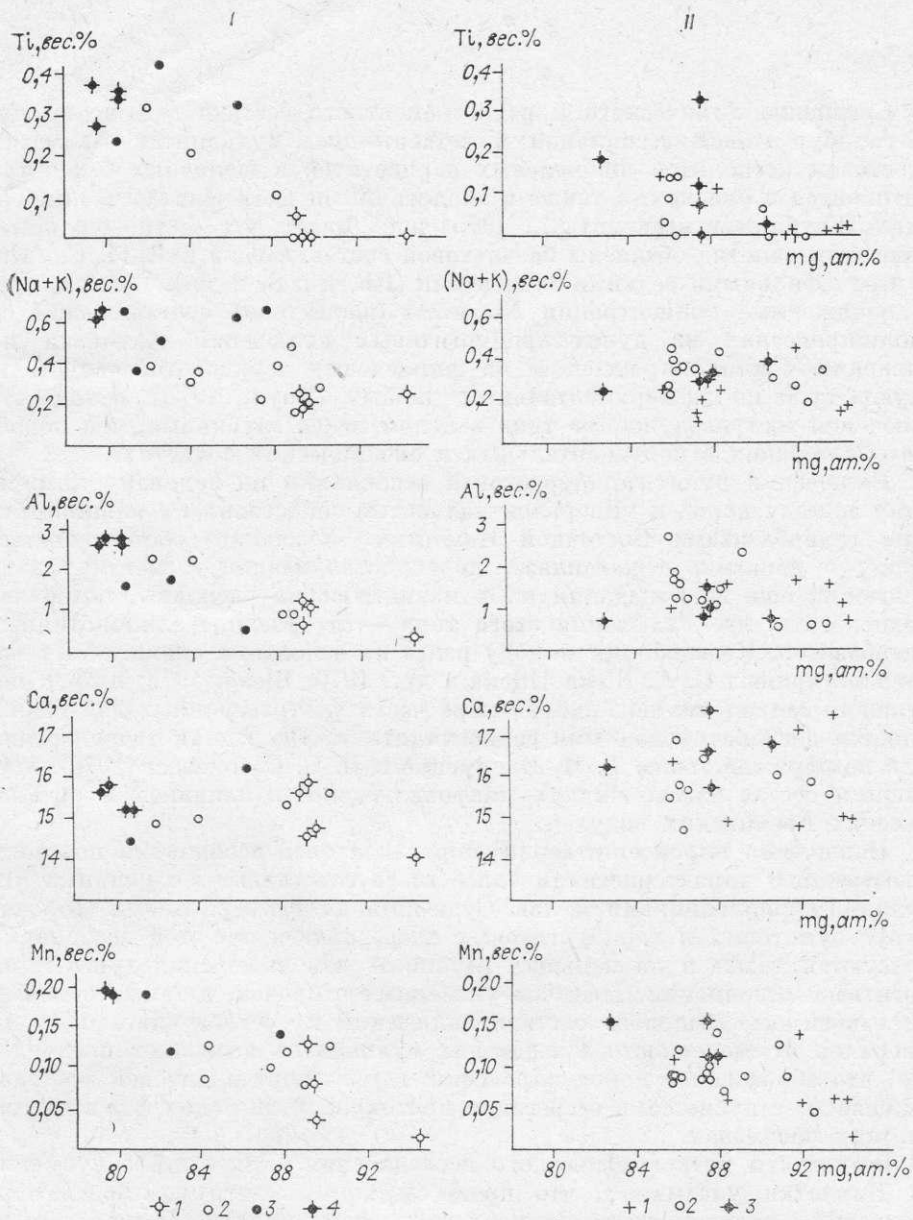


Рис. 5. Вариации содержания Ti, (Na + K), Al, Ca, Mn в клинопироксенах из ультраосновных включений (I) и интрузивных гипербазитов Центральной и Восточной Камчатки (II).

I — включения: 1—2 — влк. Авачинский: гарцбургиты (1), верлиты и пироксениты (2); 3 — влк. Шивелуч — пироксениты; 4 — вулканы Срединного хребта — пироксениты; II — интрузивные гипербазиты: 1—2 — Восточная Камчатка: дуниты, гарцбургиты (1), верлиты, пироксениты (2); 3 — Срединный хребет — пироксениты.

сопоставимы лишь в случае, когда рассматриваются клинопироксены включений из наименее щелочных лав (Авачинский вулкан). Клинопироксены из включений в более щелочных лавах (вулкан Шивелуч и особенно вулканы Срединного хребта) по сравнению с этими минералами из интрузивных пород близких регионов характеризуются большей железистостью, а также большим содержанием щелочей, Ti, Al, Mn и меньшим Ca (см. рис. 5).

взаимодействия включений с транспортирующими их расплавами, поскольку из экспериментов известна высокая скорость диффузии элементов в межзерновых участках и зонах деформаций кристаллов. Если изложенные соображения справедливы, то использование данных по геохимии валовых составов даже заведомо мантийных включений для суждения о содержании литофильных редких элементов в зонах магмообразования вряд ли оправдано.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов В. А., Завьялова Л. Л. О формах нахождения калия в ксенолитах ультраосновных пород из кимберлитов.— Докл. АН СССР, 1977, т. 233, № 4, с. 683—686.
- Бакуменко И. Т., Соболев В. С. Включения в минералах гипербазитовых ксенолитов Авачинского вулкана.— Докл. АН СССР, 1974, т. 218, № 6, с. 1430—1433.
- Включения в вулканических породах Курило-Камчатской островной дуги. М.: Наука, 1978. 220 с.
- Вольнец О. Н. и др. Геохимические особенности оливинов из различных типов четвертичных базальтов Камчатки и Курил в связи с вопросами петрогенезиса.— Геохимия, 1975, № 3, с. 412—419.
- Геохимия глубинных вулканических пород и ксенолитов. М.: Наука, 1980. 332 с.
- Глубинные ксенолиты и верхняя мантия. Новосибирск: Наука, 1975. 272 с.
- Колосков А. В., Селиверстов В. А., Долгова Т. В. Оливины и пироксены ультраосновных пород Восточной Камчатки.— В кн.: Минералогические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1977, с. 47—58.
- Колосков А. В., Хотин М. Ю. Включения ультраосновного состава в лавах современных вулканов Камчатки.— В кн.: Включения в вулканических породах Курило-Камчатской островной дуги. М.: Наука, 1978, с. 36—66.
- Колосков А. В., Щека С. А., Вольнец О. Н. Состав стекловатой фазы в ультраосновных включениях из современных вулканов Камчатки.— В кн.: Мантийные ксенолиты и проблема ультраосновных магм. Новосибирск: изд. ИГиГ СО АН СССР, 1980, с. 117—118.
- Флеров Г. Б., Колосков А. В. Щелочной базальтовый магматизм Центральной Камчатки. М.: Наука, 1976. 145 с.
- Щека С. А. О явлениях метаморфизма гипербазитовых включений до попадания в базальтовую магму.— Докл. АН СССР, 1976, т. 227, № 3, с. 704—707.
- Щека С. А., Колосков А. В., Вольнец О. Н. Включения в вулканиках Тихоокеанского пояса и их петрогенетическая информативность.— В кн.: Геодинамика и вулканизм островных дуг северо-западного сектора Тихоокеанского кольца. М.: Сов. радио, 1978, с. 68—76.
- Щека С. А., Сахно В. Г., Макарова Ж. А., Лаговская Е. А. О происхождении гипербазитовых включений в эффузивах вулканов Авачинской группы.— В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении северо-западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 112—115.
- Эрлих Э. Н., Кутыев Ф. Ш. Глубинные включения в базальтах островных дуг и океанов (Камчатка).— В кн.: Глубинные ксенолиты и верхняя мантия. Новосибирск: Наука, 1975, с. 165—175.
- Boyd F. R. The pyroxene geotherm.— *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1973, v. 37, № 12, p. 2533—2546.
- Ishibashi H. Petrochemical study of basic and ultrabasic inclusion in basaltic rocks from Northern Kynohu, Japan.— *Mem. Fac. Sci. Kynohy Univ., Ser. D. Geology*, 1970, v. XX, № 1, p. 31—40.