

Н. Ф. ТАТРИШВИЛИ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И
ГЕНЕЗИС ЭКЛОГИТОВ И
ЭКЛОГИТОПОДОБНЫХ ПОРОД
БОЛЬШОГО КАВКАЗА**

«МЕЦНИЕРЕБА»

1982

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია

ალ. ჯანელიძის სახ. გეოლოგიური ინსტიტუტი

შრომები, ახალი სერია, ნაკვ. 76

ნ. თათრიშვილი

კავკასიონის გეოლოგიების
და გეოლოგიებისმაგვარი ქანების
გეოქიმიური თავისებურებანი
და გენეზისი

გამომცემლობა „მეცნიერება“

თბილისი

1982

АКАДЕМИЯ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А. И. ДЖАНЕЛИДЗЕ

Труды, новая серия, вып. 76

Н. Ф. ТАТРИШВИЛИ

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И
ГЕНЕЗИС ЭКЛОГИТОВ И
ЭКЛОГИТОПОДОБНЫХ ПОРОД
БОЛЬШОГО КАВКАЗА**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЕЦНИЕРЕБА»

ТБИЛИСИ

1982

552 (C4)

26.325(24)

552.48(234.9I)

T 236

В предлагаемой работе приводятся результаты детальных исследований эклогитов, эклогитоподобных пород и амфиболитов и содержащихся в них малых элементов и микроэлементов. Предприняты их сопоставления с породами других районов - с эклогитами, кимберлитами, ультрамафитами и др., содержащими эти элементы, позволившие сделать интересные заключения, имеющие как петрологическое, так и практическое значение.

Редактор чл.-к.АН СССР Г.М.Заридзе

T 20805 22-82
M 607(06)-82

© Издательство
"Мецниереба", 1982

ПРЕДИСЛОВИЕ

В результате систематических исследований Северного Кавказа нами в 1966 году среди древних метаморфитов (амфиболитов) были обнаружены небольшие выходы эклогитов и эклогитоподобных пород (эклогитоподобные породы это преобразованные эклогиты). Предварительные данные об этой находке доложены на различных научных семинарах. Статья же была напечатана позднее (Татришвили, 1969, 1970). Несколько позже в некоторых пробах рассматриваемых пород была установлена платина, о чем было сообщено руководству Северокавказского геологического управления МГ СССР.

В связи с актуальностью вопроса изучения эклогитов вообще и Большого Кавказа в частности, автор поставил перед собой задачу детально исследовать эти породы. В процессе работы возникли трудности, связанные с проведением количественно-спектральных анализов. Ввиду невозможности осуществления всех видов анализов в лаборатории геологического института АН Грузинской ССР, большая часть этих определений проводилась в ИГЕМе АН СССР, Институте геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского АН СССР и ИМГРЭ АН СССР и МГ СССР.

Эклогиты, как известно, наблюдаются в виде ксенолитов в кимберлитовых трубках, линз, пластообразных тел и будин в метаморфических комплексах, иногда в ассоциации с основными и ультраосновными породами (перидотитами, габбро и серпентинитами). Одни исследователи считают, что эклогиты захвачены магмой из верхней мантии земли, либо кристаллизовались из генерированной в верхней мантии магмы в условиях высоких давлений и температур. Другие рассматривают эклогиты как метаморфические либо метасоматические образования, возникшие как по магматическим, так и по осадочным породам. Некоторые геологи эклогиты метаморфических формаций относят к своеобразным магматическим образованиям — к производным глубинного мантийного вещества (Escola, 1921). О наличии множества точек зрения на происхождение эклогитов можно судить по работам Хаттера и Йодера (Hatter S., Yoder Jr., 1950).

Дискуссия о происхождении эклогитов касается также роли давления при их образовании. Современное состояние синтеза минералов (Clark, 1957; Yoder, 1962) дает основание допустить решающую роль высоких давлений при становлении эклогитов. Однако причины, обусловившие давления, не всегда ясны. В.С.Соболев (1960) допускает возникновение высоких давлений в зонах глубинных разломов, что подтверждается работами многих петрологов. Высказывается также сомнение о мантийном происхождении эклогитов, включенных в кимберлитовые трубки, а типично коровые эклогиты нередко относят к мантийным. Наиболее дискуссионны эклогиты, связанные с метаморфическими формациями. Например, эклогиты Кокчетавского массива, вмещающими породами которых являются метаморфиты амфиболитовой фации, Л.Л.Перчук и др. (1969) считают образованными в результате эклогитизации габброидов при региональном метаморфизме Кокчетавской глыбы, а И.А.Ефимов (1972) — тектоническими отторженцами мантии. О.М.Розен (1969) допускает, что часть эклогитов образовалась в результате метаморфизма осадочных пород. Некоторые авторы (Архипенкова, 1962) полагают, что эклогиты дер.Шубино (Ю.Урал), образующие пластообразные тела и будины

ореди пород глаукофановой фации, образовались за счет основных эффузивов, туфов и туффитов. Другие — относят их к метаморфическим породам, образовавшимся за счет основных пород (габброидов). Н.Л.Добрецов и Н.В.Соболев (1970) предполагают, что эклогиты дер.Шубино являются следствием непосредственной кристаллизации базальтовой магмы, внедрившейся во время максимального метаморфизма. С.В.Голдрвиц и др. (1979) в эклогитах Шубино обнаружили муассанит в тесной ассоциации с графитом и гексагональной модификацией алмаза (лонсдейлит). Эти авторы, разделявшие существующую точку зрения о метаморфическом происхождении эклогитов дер.Шубино, замечают, что присутствие муассанита с лонсдейлитом проще всего объяснить появлением этих минеральных фаз в глубинных условиях. Для подтверждения этого допущения они приводят данные о возникновении лонсдейлита и графита в условиях $P > 130$ кбар и $T > 1000^{\circ}$ (Bandy, Kasper, 1967). Термодинамические расчеты полей устойчивости муассанита свидетельствуют об образовании карбида кремния в глубинных условиях при очень высоком давлении на твердые фазы, так как в условиях малых глубин для его образования требуется низкий кислородный потенциал, достижение которого мало вероятно, особенно в условиях земной коры (Маракушев, Генкин, 1972). На этом основании (Головиц и др., 1979) допускают подкоровое происхождение эклогитов дер.Шубино (Ю.Урал). С этим допущением, видимо, следует согласиться и высказать сомнение о происхождении всех эклогитов, ассоциирующихся с метаморфитами амфиболитовой фации и образующихся по породам основного состава. Эклогиты в районе дер.Шубино связаны с глаукофановой фацией глубинности и образуют пластообразные тела и будины в нижних частях разреза Максютковского комплекса, в состав которого, кроме эклогитов, входят гранат-глаукофановые и слюдяные сланцы и кварциты. Эклогиты, помимо граната и омфацита, содержат глаукофан и гастингсит, которые развиваются по омфациту и являются продуктами регрессивного метаморфизма. Известно, что тектонические, магматические и метаморфические процессы являются следствием процессов, совершающихся в глубинных частях земной коры и мантии. Кроме аналитического материала по космическим объектам имеются модели о составе верхней мантии, как, например, пиrolитовая модель Рингвуда, пользующаяся заслуженной популярностью. Другая модель — Никольса (Nicholls, 1967), который мантийное вещество представляет в виде суммы летучих соединений вулканитов базальто-

вого состава и глубоководных гипербазитов как пород остаточных после отделения базальтов. Обе модели заслуживают внимания, однако они пока гипотетичны. Химический состав пород глубинных зон все еще не установлен. Огромная информация о составе земной коры и верхней мантии получена в результате изучения химического состава глубинных пород, включенных в кимберлиты. Данные космохимии и аналогия с метеоритами дают основание полагать, что верхняя мантия Земли ультрамафитового состава.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКЛОГИТОВ, ЭКЛОГИТОПОДОБНЫХ ПОРОД И АМФИБОЛИТОВ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Эклогиты и эклогитоподобные породы

Вопрос генезиса эклогитов зоны Передового хребта Большого Кавказа, образующих включения в метаморфитах амфиболитовой фации, является дискуссионным. В.В.Плошко и Н.П.Шпорт (1974) отмечают, что однозначно установить принадлежность этих эклогитов к определенной группе пород нет возможности, так как они носят черты разных геологических типов, и поэтому предпочитают отнести их к типу эклогитов зон глубинных разломов, считая исходными породами ультрамафиты, хотя и допускают возможность возникновения части из них в результате преобразования мафитов.

Для суждения о генезисе эклогитов Большого Кавказа мы пошли по другому пути – подвергли всестороннему изучению петрогенные элементы и микроэлементы и на основании сравнения полученных данных с существующими литературными данными о содержании этих элементов в мантийных и коровых эклогитах, ультрамафитах и хондритах, получили ценную информацию о генезисе кавказских эклогитов и эклогитоподобных пород.

Вмещающими породами эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа являются метаморфиты амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фации андалузитового типа – гранатовые амфиболиты, амфиболиты, мигматиты и разные метасоматиты.

Эклогиты ущелья р.Б.Лабы на северном Кавказе наблюдаются в виде пластообразных тел, представленных плотными, темно-серыми с зеленоватым оттенком породами, богатыми гранатом. Структура порфиробластовая, симплектитовая. Главные минералы моноклинный пироксен типа омфацита; $2V_{ng} = 76^\circ$, $c_{Ng} = 47^\circ$, $N_g = 1,710 \pm 0,002$, $N_g = 1,690 \pm 0,002$. Гранат характеризуется довольно высоким содержанием алмандинового (51,2%) и низким – пиропового компонента (19,1%).

Второстепенную минеральную фазу представляет кварц. Вторичные минералы: амфибол (n_g голубовато-зеленый, $2V_{pr} = 75^\circ$, $c_{Ng} = 18^\circ$), эпидотовый минерал, главным образом доизит ($2V_{pr} = 52^\circ$) и мусковит. Акцессорные минералы: рутил, пирит и халькопирит. Рутил – преобладающий и характерный акцессорный минерал эклогитов.

Химический состав эклогитов и слагающих их минералов приводится в табл. I.

Т а б л и ц а I

Химический состав эклогитов дер. Шубино - Ю. Урал (I), Кокчетавского массива - Казахстан (2), Сальных тундр - Кольский п-ов (3), р. Блыб - Северный Кавказ (4) и Уруштен - Северный Кавказ (5) в вес %

Оксиды	I	2	3	4	5
SiO ₂	48,14	48,63	43,39	47,72	46,94
TiO ₂	3,48	2,53	1,41	1,99	2,20
Al ₂ O ₃	13,51	13,28	14,83	12,90	13,60
Fe ₂ O ₃	5,77	2,89	3,61	5,59	4,46
FeO	8,70	14,12	13,39	9,11	10,09
MnO	0,19	0,22	0,25	0,19	0,29
MgO	7,00	4,94	9,87	7,58	6,60
CaO	8,30	10,66	11,64	9,59	10,39
Na ₂ O	3,21	1,85	0,88	2,40	4,14
K ₂ O	0,29	0,20	0,14	0,87	0,58
P ₂ O ₅	0,29	0,28	0,18	0,43	-
SO ₃	-	-	-	-	-
H ₂ O ⁺	0,84	0,38	-	0,06	-
H ₂ O ⁻	0,12	-	-	1,11	0,62
П.п.п.		0,3	1,13		
Количество анализов	20	15	32		

Эклогиты Северного Кавказа подвергнуты регрессивному метаморфизму, выразившемуся в основном в амфиболитизации, эпидотитизации, мусковитизации и окварцевании. Амфиболитизация захватывает материнский минерал - пироксен, постепенно полностью замещая его. В допалеозое Северного Кавказа эклогиты, видимо, были развиты более значительно (Татришвили, 1969, 1970).

Сравнение химического состава эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа с породами верхней мантии позволяют сделать следующий вывод (табл. I): эклогиты и эклогитоподобные породы по сравнению с породами верхней мантии содержат почти одинаковое количество кремнезема и сильно заниженное коли-

чество магния. Исключение в этом отношении составляют мантийные пироповые эклогиты. Далее в наших породах наблюдается повышенное количество алюминия и кальция, за исключением опять-таки пироповых эклогитов. Что касается натрия, то он представлен в эклогитах и эклогитоподобных породах в значительном количестве.

Т а б л и ц а 2

Химический состав эклогитов (I) и слагающих его минералов омфациита (2) по Г.Д.Афанасьеву и др. (1969), граната (3) и амфибола (4) исследованных автором пород (вес %)

Оксиды	I	2	3	4
SiO ₂	47,72	53,89	42,86	46,44
TiO ₂	1,90	0,20	0,84	1,60
Al ₂ O ₃	12,90	9,34	16,14	12,85
Fe ₂ O ₃	5,59	6,02	6,80	9,72
FeO	9,11	2,81	20,20	8,99
MnO	0,19	сл.	1,45	0,09
MgO	7,58	7,79	4,20	10,38
CaO	9,59	14,00	7,93	8,80
Na ₂ O	2,40	6,37		3,13
K ₂ O	0,87	0,05		0,74
Cr ₂ O ₃	0,05			
P ₂ O ₅	0,43			0,87
PO ₃	-			0,17
H ₂ O ⁻	0,06	не обн.		1,60
H ₂ O ⁺	"	"		

С целью сравнения эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа с мантийными породами и хондритами приводим диаграмму, построенную Б.Г.Лунцем (1975) с нанесением наших данных.

На диаграмме Al₂O₃-CaO-MgO (рис. 1) намечается определенное закономерное расположение точек, отвечающих ультрамафитам - от малоглубинных к среднеглубинным и наиболее глубинным. Точки среднего хондрита, гранатового перидотита и эклогита располагаются на прямой линии. На этой же линии ложатся точки эклогитов. Все приведенные в работе диаграммы заимствованы из книги Б.Г.Лунца (1975).

Т а б л и ц а 3

Средний химический состав мантйинных пород, эклотитов и эклотитоподобных пород Большого Кавказа (вес.%)

ОКСИДЫ	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	44,88	45,26	47,04	46,44	50,09	40,49
TiO ₂	0,8	0,45	0,14	1,60	0,94	0,04
Al ₂ O ₃	1,90	14,78	3,09	12,85	15,42	1,49
Fe ₂ O ₃	1,61	3,56	-	3,99	6,13	1,88
FeO	6,28	6,07	15,40	9,72	11,96	5,05
MnO	0,14	0,15	0,31	0,09	0,19	0,11
MgO	41,18	16,72	29,48	10,38	12,45	41,31
CaO	1,89	9,16	2,41	8,80	10,61	0,99
Na ₂ O	0,16	0,79	1,21	3,13	2,28	0,08
K ₂ O	0,05	0,29	0,21	0,74	0,78	0,03
П.п.п.	1,17	2,45	-	1,60	2,79	6,98

1 - включения шпинелевых лерцолитов, среднее из 195 анализов (Лутц, 1975);

2 - включение пирроловых эклотитов, среднее из 44 анализов (Лутц, 1975);

3 - силикатная часть хондритов, среднее из 94 анализов (Urey, Graig, 1953);

4 - эклотиты Большого Кавказа, среднее из 5 анализов (Н.Ф. Тагиршвили, 1969, 1970);

5, 6 - эклотитоподобные породы Большого Кавказа, среднее из 7 анализов (Н.Ф. Тагиршвили, 1969, 1970).

Т а б л и ц а 4

Химический состав эклотитов и эклотитоподобных пород Большого Кавказа (в вес.%)

ОКСИДЫ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	45,60	51,00	47,10	49,32	41,06	52,40	50,20	42,63	46,44	50,09
TiO ₂	0,12	0,40	0,19	0,40	0,90	0,23	0,29	0,26	1,60	0,94
Al ₂ O ₃	6,60	11,70	17,60	6,40	10,03	6,40	9,50	14,74	12,85	15,42
Fe ₂ O ₃	2,28	2,00	0,88	3,34	2,42	2,73	2,20	4,00	3,99	6,13
FeO	3,34	5,44	4,87	3,00	10,56	5,70	8,20	6,28	9,72	11,96
MnO	-	-	-	0,13	0,18	0,15	0,21	0,33	0,09	0,19
MgO	28,54	16,95	17,18	28,26	19,10	26,65	17,59	13,66	10,38	12,45
CaO	9,89	10,12	10,45	5,80	8,55	3,08	9,20	11,12	8,80	10,61
Na ₂ O	0,43	0,92	0,78	0,85	1,10	0,65	1,24	0,81	3,13	2,28
K ₂ O	0,24	0,25	0,31	0,20	0,70	0,16	0,24	0,54	0,74	0,78
H ₂ O ⁺	-	-	-	1,52	3,34	0,92	0,76	4,59	1,60	2,79
H ₂ O ⁻	1,26	-	-	0,75	1,08	0,78	0,04	-	-	-

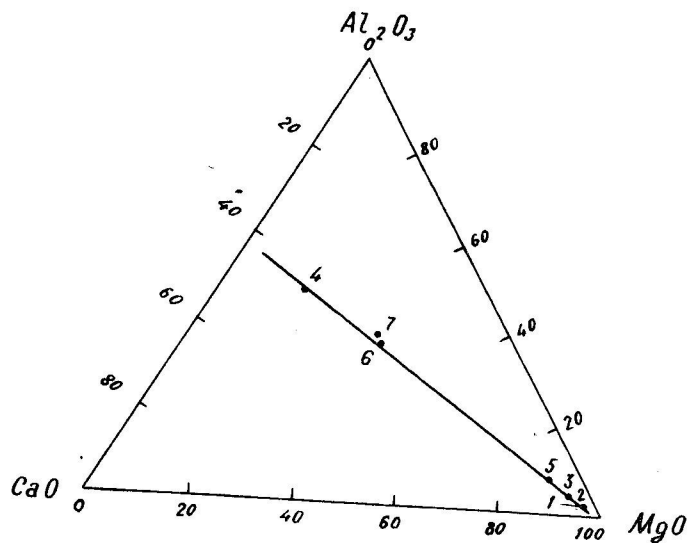
1, 2 - гранатовые пироксениты; 3, 4 - акстиатовые эклотиты;

5-8 - эклотиты (Лутц, 1975); 9 - эклотиты (среднее из 5 анализов) и

10 - эклотитоподобные породы Большого Кавказа (Н.Ф. Тагиршвили, 1969, 1970).

логитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа - между хондритом и гранатовым перидотитом и эклогитом, что, очевидно, нельзя считать случайным. Такое расположение точек указывает на генетическое их родство. К тому же кавказские эклогиты и эклогитоподобные породы по химическому составу близки с включениями эклогитов и гранатовых пироксенитов (табл.4).

Сопоставление весовых отношений главных элементов мантийных пород и каменных метеоритов с эклогитами и эклогитоподобными породами Большого Кавказа показало значительное расхождение (табл.5). Это вызвано повышенным содержанием кальция и пониженным - магния в наших породах, за исключением пироповых эклогитов, а также варьирующим минеральным составом пород Большого Кавказа, обусловленным метаморфизмом. Возрастание количества кальция вызвано появлением минералов группы эпидота в основном за счет граната.



Р и с .1. Соотношение Al_2O_3 -CaO-MgO (в мольн.%) в мантийных породах и хондритах:
1 - альпинотипный гипербазит, 2 - шпинелевый перидотит, 3 - гранатовый перидотит, 4 - мантийный эклогит, 5 - хондрит, 6 - эклогит и 7 - эклогитоподобная порода Большого Кавказа.

Т а б л и ц а 5

Весовые отношения главных элементов в каменных метеоритах и мантийных породах, эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа

Отношения элементов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Si / Mg	1,1	1,2	0,9	0,9	0,75	4,94	4,66	4,85	5,48	5,21
Si / Ca	10,1	15,7	15,6	15,6	27,8	3,30	3,21	2,40	4,09	3,18
Si / Al	11,3	14,2	18,0	18,0	23,6	3,28	2,97	2,29	2,89	2,71
Si / Ti	225	225	229	229	793	16,62	13,65	26,92	13,8	21,49
Mg / Ca	9,1	12,9	18,8	18,8	35,2	0,66	0,83	0,49	0,74	0,60

1,2,3 - хондриты (Ahrens, Von Michaelis, 1968); 4 - гранатовый перидотит; 5 - альпинотипный гипербазит (Дутц, 1975); 6,7,8 - эклогиты; 9,10 - эклогитоподобные породы (данные автора).

Сравнение средних химических составов континентальной коры при соотношении гранулит-базитового и гранит-гнейсовых слоев I:I и эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа показывает, что в них значительно меньше кремнезема, а алюминий содержится почти в равных количествах. Одновременно сильно возрастает количество окиси железа, а магний и щелочи содержатся в одинаковых количествах. Эклогиты и эклогитоподобные породы Большого Кавказа по химическому составу ближе к включениям эклогитов и гранатовым пироксенитам. От некоторых представителей последних они отличаются меньшим количеством магния и большим щелочей, о чем уже говорилось выше. Таким образом, изученные нами породы по содержанию кремния, окиси железа и магния сильно отличаются от коровых пород (табл. 3,6). Они как бы тяготеют к составу включений эклогитов и гранатовых перидотитов.

Амфиболиты

Как уже отмечалось, вмещающими породами эклогитов являются амфиболиты. Среди амфиболитов выделяются две группы пород: гранатовые амфиболиты (эклогитоподобные породы) и эпидотовые амфиболиты. Гранатовые амфиболиты темно-серые, почти черные массивные породы, имеющие грано- и порфиробластовые структуры. Главные их минералы – амфибол и гранат; второстепенные – кварц и незначительное количество плагиоклаза; вторичные – эпидотовый минерал, хлорит, биотит, мусковит и карбонат; акцессорные минералы – рутил, рудный минерал, сфен и апатит.

Т а б л и ц а 6

Средний химический состав континентальной коры, эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа (вес.%)

Оксиды	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	62,5	55,2	63,1	61,9	42,96	46,44	50,09	46,94
TiO ₂	0,6	1,7	0,75	0,8	0,62	1,60	0,94	2,20
Al ₂ O ₃	15,6	15,3	15,21	15,6	14,98	12,85	15,42	13,60
Fe ₂ O ₃	2,1	2,9	6,65	6,9	2,71	3,99	6,13	4,46
FeO	4,0	5,8	-	-	11,60	9,72	11,96	10,09
MnO	0,1	0,3	0,13	0,1	0,15	0,09	0,19	0,29
MgO	3,6	5,1	3,10	3,1	11,84	10,38	12,45	6,60
CaO	4,9	8,4	4,14	5,7	9,54	8,80	10,61	10,39
Na ₂ O	3,4	3,0	3,37	3,1	1,92	3,13	2,28	4,14
K ₂ O	2,5	1,9	3,01	2,9	0,59	0,74	0,78	0,58

1 – средний состав континентальной коры при соотношении гранулит-базитового и гранит-гнейсового слоев 1:1:2 – то же по Poldevaart, Green (1959); 3 – то же по А.П.Виноградову (1962); 4 – то же по А.Б.Ронову и А.А.Ярошевскому (1967); 5 – эклогит по Н.Ф.Татришвили (1969, 1970); 6 – эклогит, среднее из 5 анализов по Н.Ф.Татришвили (1969, 1970); 7 – эклогитоподобные породы, среднее из 7 анализов по Н.Ф.Татришвили (1969, 1970); 8 – эклогит по Г.Д.Афанасьеву и др. (1969).

Эпидотовые амфиболиты являются следующей фазой метаморфизма, где наряду с амфиболом и гранатом присутствует эпидотовый минерал. В эпидотовых амфиболитах омфациит исчезает, возрастает количество эпидотовых и листоватых минералов. Увеличивается также второстепенная минеральная фаза. По мере повышения степени метаморфизма происходит возрастание количественной роли кварц-плагиоклазовой составляющей, которая на заключительной стадии метаморфизма в мигматитах и метасоматитах играет главную роль. Метаморфизм осуществлялся в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фации.

В породах различных фаций отмечаются высокотемпературные амфиболы, переходящие в относительно низкотемпературные разновидности.

В амфиболов из пород амфиболитовой фации общее количество алюминия повышено, особенно это касается гранатосодержащих пород. Повышение происходит в основном за счет Al_{IV}. Кроме того, в амфиболов наблюдается также возросшее содержание щелочей в основном за счет натрия, что особенно характерно для амфиболов из диафоризованных эклогитов. В более высокотемпературных разновидностях фиксируется повышенное количество титана и высокая железистость. Следует отметить, что железистость амфиболов в амфиболитах амфиболитовой фации выше железистости амфиболитов эпидот-амфиболитовой фации, т.е. с повышением температуры в основном повышается железистость амфиболов. Возрастание железистости происходит за счет Fe²⁺.

Амфиболы эпидот-амфиболитовой фации несколько отличаются от амфиболов амфиболитовой фации по общему количеству алюминия и Al_{IV}. Отличаются они и по содержанию титана. Что касается суммы щелочей и разности Al_{IV}-(Na+K), то здесь не всегда обнаруживается четкая зависимость. Это обуславливает наличие амфиболов, занимающих промежуточное положение между амфиболами, характерными для амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фации. Они, вероятно, должны были выделиться в промежуточных термодинамических условиях. Амфиболы андалузитового типа метаморфизма не всегда обнаруживают четкие закономерные изменения состава с изменением степени метаморфизма.

Состав амфиболов амфиболитовой фации, как известно, выражается тремя миналами: гастингетит-чермакит-актинолит. Часть амфиболов эпидот-амфиболитовой фации, как и амфиболы амфиболи-

ровой фации, представлены смесью тех же минералов. Все они в основном синие-зеленые. Что касается части синие-зеленых амфиболов эпидот-амфиболитовой фации, то они обогащены глаукофановой составной частью и их состав выражается с помощью четырех минералов гастингстит-чермакит-актинолит-глаукофан. Все синие-зеленые роговые обманки Большого Кавказа вторичные, новообразованные. В их образовании за счет амфиболов актинолит-тремолитового ряда при повышении температуры (прогрессивного метаморфизма) важную роль играет возрастание количества глинозема и щелочей, а не железа. При понижении температуры (регрессивного метаморфизма) в синие-зеленых роговых обманках железистость не выдержана. Количество глинозема в них меньше или равно количеству глинозема в зеленых роговых обманках. Роль натрия в обоих случаях существенна.

В образовании синие-зеленых и голубовато-зеленых (по Ng) роговых обманках ведущую роль играет натрий. Чем богаче минерал натрием, тем интенсивнее синие оттенки и сильнее метаморфизм.

Амфиболы андалузитового типа метаморфизма не всегда обнаруживают четкие закономерные изменения состава с изменением степени метаморфизма. Состав зависит от исходных пород.

Плагноклаз всегда альбит $n = 1,555 \pm 0,02$ (среднее из сорока измерений), прозрачный, свежий без кристаллографических очертаний. Альбит пропитывает породу и вместе с кварцем разрезает её, создавая как бы базис с многочисленными пойкилитическими включениями остаточного амфибола. Альбит местами создает закономерные диабластические сростания с амфиболом. В некоторых образцах альбит становится сильно преобладающим минералом. Его крупные зерна переполнены включениями всех составляющих породу минералов. Кварц генетически связан с плагноклазом (альбитом); оба они новообразованные минералы.

Гранат унаследован от эклогитов и, естественно, более изменен - амфиболитизирован, хлоритизирован и испещрен разной величины зернами кварца и рутила. Хлорит в слабо окварцованных породах представлен клинохлором, $ng - nr = 0,010$ (среднее из 30 измерений). В сильно окварцованных породах иногда встречается шериданит $ng - nr = 0,012$, $n = 1,585 \pm 0,002$ (среднее из 10 измерений). Эпидотовый минерал - главным образом цоизит, $2V = -52^\circ$.

Обогащенные кварцем и плагноклазом породы представлены мигматизированными гнейсами, мигматитами и метасоматитами. Описание которых не приводится из-за отсутствия анализов на содержание микроэлементов и ртути. Кристаллохимические формулы изученных пород приводятся в табл. 7 и 8.

Т а б л и ц а 7

Кристаллохимические формулы амфиболов из эклогитов и гранатовых амфиболитов (эклогитоподобных пород) Большого Кавказа

№ образцов	Кристаллохимические формулы
806	$(Ca_{1,85} Na_{0,40} K_{0,10})_2 (Fe^{+2}_{1,76} Mg_{2,27} Mn_{0,09} Ti_{0,21} Fe^{+3}_{0,21} Al_{0,38})_5 (Si_{6,7} Al_{1,30})_8$ $F = 49,5$
4	$(Ca_{1,4} Na_{0,53} K_{0,10})_2 (Fe^{+2}_{1,76} Mg_{2,50} Mn_{0,01} Ti_{0,07} Fe^{+3}_{0,29} Al_{0,77})_5 (Si_{6,11} Al_{1,89})_8$ $F = 39,9$
6	$(Ca_{1,32} Na_{1,06} K_{0,17})_2 (Fe^{+2}_{1,51} Mg_{2,19} Mn_{0,09} Ti_{0,12} Fe^{+3}_{0,82})_5 (Si_{6,30} Al_{1,70})_8$ $F = 49,5$
15	$(Ca_{1,41} Na_{1,06} K_{0,17})_2 (Fe^{+2}_{1,28} Mg_{2,56} Mn_{0,01} Ti_{0,07} Fe^{+3}_{0,42} Al_{0,07})_5 (Si_{6,47} Al_{1,8})_8$ $F = 39,8$
5	$(Ca_{1,47} Na_{0,63} K_{0,10})_2 (Fe^{+2}_{1,52} Mg_{2,39} Mn_{0,03} Fe^{+3}_{0,63} Al_{0,39})_5 (Si_{6,37} Al_{1,03})_8$ $F = 47,7$
8	$(Ca_{1,54} Na_{0,56} K_{0,11})_2 (Fe^{+2}_{1,3} Mg_{1,95} Mn_{0,03} Fe^{+3}_{0,56} Ti_{0,08} Al_{0,74})_5 (Si_{6,8} Al_{1,32})_8$ $F = 53,1$
10	$(Ca_{1,91} Na_{0,56} K_{0,10})_2 (Fe^{+2}_{1,25} Mg_{2,67} Mn_{0,03} Fe^{+3}_{0,50} Al_{0,08} Al_{0,49})_5 (Si_{6,40} Al_{1,10})_8$ $F = 39,8$
811	$(Ca_{1,43} Na_{0,58} K_{0,08})_2 (Fe^{+2}_{1,50} Mg_{2,43} Mn_{0,02} Fe^{+3}_{0,38} Ti_{0,05} Al_{0,75})_5 (Si_{6,78} Al_{1,82})_8$ $F = 49,67$
862	$(Ca_{1,62} Na_{0,71} K_{0,19})_2 (Fe^{+2}_{1,35} Mg_{2,43} Mn_{0,05} Fe^{+3}_{0,8} Ti_{0,07} Al_{0,24})_5 (Si_{6,35} Al_{1,65})_8$ $F = 49,3$
863	$(Ca_{1,56} Na_{0,59} K_{0,03})_2 (Fe^{+2}_{1,40} Mg_{2,29} Mn_{0,07} Fe^{+3}_{0,7} Ti_{0,07} Al_{0,18})_5$
816	$(Ca_{1,38} Na_{0,64} K_{0,10})_2 (Fe^{+2}_{1,50} Mg_{0,78} Mn_{0,03} Fe^{+3}_{0,64} Ti_{0,89} Al_{0,48})_5$ $F = 37,1$

Кристаллохимические формулы амфиболов из эпидиоровых амфиболов
Большого Кавказа

№ об-разцов	Кристаллохимические формулы
803	$(Ca_{1,56}Na_{0,5}K_{0,09})_2(OH)^{+2}(Fe^{+2}_{1,46}Mg_{2,29}Mn_{0,07}Fe^{+3}_{0,91}Ti_{0,09}Al_{0,18})_5O_{18}$ ($Si_{6,10}Al_{1,30}H_2O_{21}$) $_{1,10}$ [OH] $_2$; Недостаток H_2O 2,4%; Fe=57,00
816	$(Ca_{1,46}Na_{0,39}K_{0,07})_1,86(Fe^{+2}_{0,05}Mg_{3,68}Mn_{0,02}Fe^{+3}_{0,26}Ti_{0,07}Al_{0,32})_5O_{18}$ ($Si_{17,12}Al_{0,88}H_2O_{21}$) $_{1,13}$ (OH) $_{0,87}$ OH $_2$; Недостаток H_2O 1,0%; Fe=23,10
839	$(Ca_{1,98}Na_{0,64}K_{0,19})_2,21(Fe^{+2}_{1,00}Mg_{2,78}Mn_{0,03}Fe^{+3}_{0,64}Ti_{0,09}Al_{0,46})_5O_{18}$ ($Si_{16,55}Al_{1,45}H_2O_{21}$) $_{1,42}$ (OH) $_2$; Fe=4,05
247-0	$(Ca_{1,75}Na_{0,48}K_{0,10})_2,33(Fe^{+2}_{1,56}Mg_{1,95}Mn_{0,04}Fe^{+3}_{0,51}Ti_{0,04}Al_{0,79})_5O_{18}$ ($Si_{16,64}Al_{1,36}H_2O_{21}$) $_{0,8}$ [OH] $_2$; Недостаток H_2O 1,7%; Fe=51,00
249-6	$(Ca_{1,64}Na_{0,52}K_{0,16})_2,32(Fe^{+2}_{1,57}Mg_{1,92}Mn_{0,04}Ti_{0,07}Fe^{+3}_{0,58}Al_{0,82})_5O_{18}$ ($Si_{16,62}Al_{1,38}H_2O_{21}$) $_{0,21}$ [OH] $_2$; Недостаток H_2O 0,75%; Fe=56,8
156-5	$(Ca_{1,46}Na_{0,52}K_{0,05})_1,63(Fe^{+2}_{1,27}Mg_{2,58}Mn_{0,07}Ti_{0,08}Fe^{+3}_{0,62}Al_{0,38})_5O_{18}$ ($Si_{16,65}Al_{1,35}H_2O_{21}$) $_{1,10}$ [OH] $_2$; Fe=42

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ЭКЛОГИТАХ И ЭКЛОГИТОПОДОБНЫХ ПОРОДАХ
БОЛЬШОГО КАВКАЗА И ИХ СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ПОРОДАМИ

Щелочные элементы (натрий, калий, рубидий, литий, цезий)

В эклогитах и эклогитоподобных породах в результате изучения содержания и поведения натрия и калия наблюдается сильное преобладание натрия над калием (табл.4), строго выдержанное в обеих группах изученных пород. Количество натрия сильно варьирует в обеих группах, что, очевидно, обусловлено минеральным составом - содержанием пироксена и амфибола, минералов-носителей натрия, которые в эклогитах и эклогитоподобных породах присутствуют в разном количестве. К тому же эклогиты и эклогитоподобные породы Большого Кавказа содержат натрия примерно в таком же количестве, как в эклогитах и перидотитах включений трубки "Удачная" и особенно трубки "Обнаженная". Относительно выдержано в них содержание калия, что согласуется с минеральным составом. Минералом-носителем калия в данных породах является гранат. Специальных определений на калий в гранатах не производилось, но бедность им клинопироксенов и амфиболов (десятые и сотые %) дает основное почти весь калий, содержащийся в наших породах, отнести к гранатам.

Сопоставление эклогитов Большого Кавказа с породами трубки "Обнаженная" выявляет несколько повышенное количество калия в первых породах. Что касается эклогитоподобных пород, то в породах Большого Кавказа и трубках "Аэромагнитная", "Удачная" и "Финальная" калий присутствует почти в равных количествах.

Отношение K / Rb в эклогитах Большого Кавказа высокое, варьирует от 270 до 931, среднее значение 524. В эклогитоподобных породах это отношение дает цифры в пределах 297-1032, среднее 596. В эклогитах трубки "Обнаженная" вариация K/Rb отношения относительно небольшая - от 188 до 305.

Таким образом, для обеих групп пород Большого Кавказа наблюдается неустойчивое K / Rb отношение (см.табл.9) и более высокое его значение по сравнению с породами трубок "Обнаженная", "Удачная", "Аэромагнитная" и "Финальная". Аналогичная картина наблюдается в хондритах, в которых только максимальное значение K / Rb соответствует среднему значению этого отношения в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа. Последние по значению этого отношения отличаются и от гранатовых перидотитов,

Таблица 9

Содержание Na, K, Li, Rb во включениях эклогитов, пироксенитов и эклогитоподобных пород эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа (г/т)

Порода	Na	K	K/Na	Li	Rb	K/Rb	Литературный источник
Эклогит трубки "Обнаженная"	4800	850	0,17	2,35	3,20	260,60	Лутц, 1975
Эклогит "Северная Якутия"	8700	1800	0,21	3,65	9,55	188,40	"
"-"	9600	1200	0,125	7,00	4,70	255,30	"
"-"	13800	420	0,03	7,40	1,60	263,00	"
"-"	9200	550	0,06	7,00	1,80	305,50	"
Эклогит средний	9000	910	0,10	4,20	3,70	246,00	"
Гранатовый перидотит средний	2300	800	0,35	3,60	3,40	240,00	"
Эклогит Большого Кавказа	23014	8383	0,36	15,64	9,00	931,40	Данные автора
"	29000	4300	0,15	30,00	8,00	537,50	"
"	24568	12118	0,05	39,10	4,50	270,00	"
"	23700	10170	0,42	20,00	2,80	360,70	"
"Аэромагнитная"	18000	6600	0,31	108	22,00	300,00	Лутц, 1975
"Удачная"	7600	6000	-	108	12,00	500,00	"
"	12700	7700	-	460	10,30	750,00	"
"	17100	8600	-	520	19,50	440,00	"
"Финальная"	12000	11900	-	71	34,10	350,00	"
Средний	13500	8200	-	253	19,60	416,00	"

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа	19610	5810	0,30	64,40	9,00	645,50	Данные автора
"	32042	4814	1,15	39,66	4,50	1069,00	"
"	29008	1029	0,03	21,62	11,00	9,60	"
"	22348	7802	0,34	18,86	9,00	866,00	"
"	25678	2988	0,11	39,10	4,50	664,00	"
"	17316	4848	0,26	50,60	4,50	103200	"
"	27000	8100	0,30	10,00	16,00	506,20	"
"	20000	6400	0,32	58,00	18,00	355,50	"
"	29000	4300	0,15	30,00	8,00	537,50	"
"	36000	8700	0,24	10,00	14,00	621,40	"
"	30800	10300	0,33	19,00	26,00	396,10	"
"	22300	8400	0,38	17,00	18,00	466,60	"
"	27000	3000	0,15	33,00	4,00	900,00	"
"	16900	4800	0,29	52,00	10,00	480,00	"
"	20794	7387	0,35	46,46	13,50	547,00	"
"	24050	12118	0,05	43,70	13,50	897,00	"
"	22000	6400	0,35	54,00	18,00	355,50	"
"	24800	11900	0,48	36,00	40,00	297,60	"
"	34558	7802	0,23	8,28	9,00	866,80	"
"	25456	7221	0,29	9,65	9,00	802,00	"
"	26640	7885	0,30	17,02	9,00	876,00	"

в которых $K/Rb = 240$. При сравнении со средним содержанием ($K/Rb = 300$) пород земной коры (Лутц, 1975) выявляется повышенное его значение в наших породах. Низкое значение K/Rb отношения имеют большинство кимберлитов южной Африки и Индии (см. табл. 9). Некоторые трубки Далдинского и Куйейского районов имеют

отношение $K / Rb=180$. Более высокое значение $K / Rb=328$ выявлено в перидотитах океанического дна (Ставров, Уханов, 1971), альпинотипных ультрамафитах, включенных в базальты и кимберлиты мантийного происхождения. Океанические толеиты, считающиеся наиболее вероятными выплавками мантийного вещества, дают отношение K / Rb значительно высокое, достигающее 1900 (Stuber, Murthy, 1966). Сопоставление этих данных указывает на неоднородность мантии по содержанию щелочей.

В эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа сравнительно с кимберлитами Сибири, южной Африки и Индии лития больше, чем рубидия (табл.10). Количество лития растет от эклогитов к эклогитоподобным породам, что объясняется, видимо, метаморфитом. Эклогитоподобные породы содержат относительно повышенное количество SiO_2 , CaO и FeO , что выражено в содержании большого количества амфибола и акцессорного кварца. В мантийных эклогитах содержание лития, как и натрия, повышенное. Как известно, для лития характерно преобладание рассеянной формы нахождения.

В виде самостоятельных минералов в основных породах он не встречается. Учитывая широкий предел изоморфизма и близость его к двухвалентному железу, мы допускаем его замещение литием в роговых обманках; следует отметить, что с увеличением количества роговой обманки возрастает количество лития. Таким образом, можно полагать, что роговая обманка является носителем лития. Среднее содержание лития в изученных породах равняется 12,00 г/т. Заметим, что аномально высокое содержание лития наблюдается во всех включениях эклогитоподобных пород.

Зависимость лития от геохимически близкого к нему (по ионному радиусу) натрия, возможно, нужно искать в поведении обоих элементов в амфиболе и считать его минералом-носителем этих элементов.

Цезий встречается во всех образцах эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа, но в переменном количестве от < 0,9 до 4,7 г/т (табл.11). Цезий - наиболее тяжелый и наиболее активный элемент. Он считается малораспространенным элементом и относительно малоизученным. Он значительно менее устойчив по отношению к внешним воздействиям, чем рубидий, литий, калий и натрий. Основная масса цезия в природе находится в рассеянной форме, особенно в наших породах, где совершенно отсутствуют собственные его минералы. Из возможных минералов -

Т а б л и ц а 10

Среднее содержание Na, K, Li и Rb в кимберлитах Сибири, Южной Африки и Индии и в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Порода	Na	K	Li	Rb	K/Rb	Литературный источник
Кимберлит Сибири	1280	7200	15,00	30,00	230	Лутц, 1975
"	1230	4700	16,20	37,50	127	Ставров, Уханов, 1971
"	850	8200	23,00	57,00	144	Лебедев, Зиновьев, 1972
Кимберлит Южной Африки	2670	19600	20,00	100,0	196	Harris, Middlemost, 1971
Кимберлит Индии	3918	4770	-	255	20	Gandandhazen, 1969
Кимберлит средний (без Индии)	1640	11300	20,00	200	58	Лутц, 1975
Эклогит Большого Кавказа	23014	8383	15,64	9,00	931,40	Данные автора
"	29000	4300	30,00	8,00	537	"
"	24568	1211	39,10	4,5	270	"
"	23700	10100	20,06	2,80	360,70	"
"	20640	7885	17,01	9,00	-	"
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа	19610	5810	64,40	9,00	645	"
"	32042	4814	32,66	4,50	1069	"
"	29008	1029	21,62	11,25	91,40	"
"	22348	7802	18,86	9,00	876	"
"	25678	2988	39,10	4,50	664	"
"	17316	4648	50,60	4,50	1032,80	"
"	27000	8100	10,00	16,00	506,20	"
"	22000	6400	58,00	18,00	355,50	"
"	36000	8700	10,00	14,00	621,40	"
"	30800	1030	19,00	26,00	396	"

Продолжение табл. I0

Порода	№	K	Li	Rb	K/Rb	Литературный источник
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа	22300	8400	17,00	18,00	466	Данные автора
"	27000	3600	33,00	4,00	900	"
"	16900	4800	52,00	10,00	480	"
"	20794	7387	46,46	13,50	547	"
"	24050	12118	43,70	13,50	897	"
"	22000	6400	54,00	18,00	355	"
"	24800	1190	36,00	40,00	297	"

Т а б л и ц а II

Содержание щелочных элементов в породах континентальной коры и в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Порода	№	K	Rb	K/Rb	Li	Сг	Литературный источник
Гранит-гнейсовый слой, среднее	24000	19000	48	400	12	1,5	Лутц, 1975
Гранулит-базальтовый слой среднее	26500	23500	84	280	16	4	"
Континентальная кора, среднее	18300	16000	70	230	21	2,5	Turekian, Wedepohl, 1961.
Земная кора, смесь одной части базальта и двух частей граната	24900	25000	150	166	32	-	Виноградов, 1962
Эклогит Большого Кавказа	23014	8383	9	231	15,64	4,7	Данные автора
"	22000	4300	8	537	30	6,9	"
"	24000	12118	4,5	270	39,10	0,94	"
"	23700	10100	28	360,7	20	-	"

Продолжение табл. II

Порода	№	K	Rb	K/Rb	Li	Сг	Литературный источник
Эклогит Большого Кавказа, среднее	-	-	-	-	-	0,94	Данные автора
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа	19610	5810	9	645	64,4	1,88	"
"	32042	4814	4,5	1069	32,66	0,94	"
"	29008	1029	11,25	914	21,62	0,94	"
"	22348	7802	9	876	18,86	0,94	"
"	25678	2988	4,5	664	39,10	0,94	"
"	17316	4648	4,5	1032	50,60	1,88	"
"	27000	8100	16,0	506,2	10,00	-	"
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа, среднее	-	-	-	-	-	1,32	"

носителей можно назвать гранат из-за максимально высокого содержания в породах, богатых гранатом. Среднее содержание цезия в эклогитах Большого Кавказа (2,2 г/т) выше, нежели в эклогитоподобных породах (1,32 г/т), что также говорит в пользу отнесения граната к минералу-носителю цезия. Второй главный породообразующий минерал наших пород - амфибол нами не рассматривается в качестве носителя цезия, так как в обеих группах наших пород он присутствует почти в равных количествах.

Щелочноземельные элементы (стронций и барий)

Состав стронция в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа варьирует от 330 до 580 г/т, а средний состав равняется 425 г/т (табл. I2). Количество стронция в изученных породах сильно преобладает над составом этого элемента в эклогитах трубки "Обнаженная", в которых средний состав стронция равен 83 г/т и варьирует от 8 до 131 г/т. Стронция в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа больше в гранатовых перидотитах и пироповых эклогитах. В них стронций содержится соответственно 32,6 г/т и 83 г/т. В кимберлитах трубок "Амакинская", "Удачная",

Т а б л и ц а 12

Содержание стронция и бария во включениях гранатовых перидотитов и эклогитов из трубки "Обнаженная" и эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа (г/т)

Порода	Sr	Ba	Ba/Sr	Литературный источник
Эклогит трубки "Обнаженная"	8	62	0,34	Лутц, 1975
"	121	45	0,3	"
"	90,5	159	1,7	"
"	45,5	57	1,2	"
"	131,6	330	2,5	"
"	34	136	4,0	"
"	104,7	53	0,5	"
Среднее	83	95	1,1	"
Эклогит Большого Кавказа	330	220	0,5	Данные автора
"	480	580	1,2	"
"	420	170	0,4	"
"	370	220	0,40	"
"	580	550	1,49	"
Эклогитоподобные породы Большого Кавказа	530	200	0,39	"
"	370	87	0,5	"
"	280	150	0,53	"
"	560	87	0,69	"
"	410	280	0,7	"
"	300	260	0,86	"
"	390	350	0,9	"
"	200	300	1,5	"

"Искорка", "Зорина", "Мир", "Муза", "Нина" количество стронция варьирует от 1200 до 230 г/т, а среднее его значение 710 г/т. Сравнение приведенных данных показывает, что изученные нами по-

роды по содержанию стронция частично совпадают с кимберлитами трубок "Амакинская", "Удачная", "Искорка", "Зорина", "Мир", "Муза" и "Нина". Барий в эклогитах и эклогитоподобных породах повторяет закономерности, наблюдаемые при рассмотрении поведения стронция (табл.12).

Количество бария в эклогитах Большого Кавказа варьирует от 580 до 870 г/т. Среднее значение 321 г/т. В эклогитоподобных породах он также варьирует от 550 до 150 г/т. В эклогитах трубки "Обнаженная" количество бария колеблется в меньших пределах; среднее его значение 95 г/т. В изученных нами породах бария больше, чем в гранатовых перидотитах (среднее 33 г/т) и в пироповых эклогитах (среднее 80 г/т). В кимберлитах трубок "Амакинская", "Удачная", "Искорка", "Зорина", "Мир", "Муза", "Нина" барий содержится в большем количестве, нежели в наших породах, и количество его сильно колеблется (1800-2000 г/т; среднее 1100 г/т). В целом во всех случаях повторяется картина, наблюдаемая при сопоставлении количества стронция в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа.

Редкоземельные элементы (лантан, церий, празеодим, неодим, самарий, гадолиний, тербий, иттрий, диспрозий, гольмий, эрбий, иттербий)

Содержание лантана в кимберлитах настолько высокое (85,12 г/т), что лантан несопоставим с породами Большого Кавказа, содержащими этот элемент в незначительном количестве (табл.13).

Церий в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа встречается в разных количествах (соответственно от 4,97 до 9,39) (табл.13). Что касается включений пород (эклогит, энстратитовый эклогит) в трубке "Обнаженная", то в них церий встречается почти в равных количествах. Кимберлиты из той же трубки богаты церием и лантаном. Эклогиты "Делегейт", "Робертс Виктор", "Япония" и "Датоиспан" содержат церий в разных количествах. Концентрация церия в эклогитах "Робертс Виктор" и "Япония" составляет максимальное его содержание в породах Большого Кавказа. В эклогитах "Делегейт" и "Датоиспан" церий значительно преобладает над его содержанием в наших породах. То же можно сказать о мантийных породах трубки "Обнаженная" (табл.14).

Празеодим в породах Большого Кавказа содержится в небольшом количестве, близком к количеству трубки "Обнаженная". Пре-

Т а б л и ц а 13

Среднее содержание стронция и бария в мантийных породах и эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Порода	Sr	Ba	Ba/Sr	Литературный источник
Перидотит гранатовый	32,6	54	1,6	Лутц, 1975
"	27,1	22	0,7	Phupotts and others 1972
Среднее	43	33	0,8	Лутц, 1975
Эклогит пироповый	83	95	1,1	"
"	36,4	71,8	1,9	"
"Амакинокая"	380	300	1,0	"
"Удачная"	540	400	0,9	"
"Искорка"	710	1200	1,7	"
"Зорина"	230	1000	4,3	"
"Мир"	300	400	1,3	"
"Муза"	290	200	0,7	"
"Маргидымалах"	500	1800	3,6	"
"Нина"	1200	700	0,6	"
Среднее	710	1100	1,55	"
Эклогит Большого Кавказа	330	220	0,66	Данные автора
"	420	170	0,40	"
"	480	580	1,20	"
"	200	300	1,50	"
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа	510	200	0,39	"
"	280	150	0,53	"
"	560	87	0,15	"
"	300	200	0,86	"
"	390	350	0,89	"

Продолжение табл.13

Порода	Sr	Ba	Ba/Sr	Литературный источник
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа	410	350	0,85	Данные автора
"	530	220	0,41	"
"	370	550	1,48	"
"	580	87	0,15	"
"	410	280	0,80	"

дела колебания этого элемента в наших породах 1,2 – 0,30 г/т, чаще устанавливаются малые количества его содержания. Мало правееодима также во включениях мантийных пород трубки "Обнаженная" (0,14 – 0,34 г/т). Как обычно, исключение составляет экстаитовый эклогит, содержащий правееодима 2,17 г/т, и кимберлит, содержащий 19,6 г/т этого элемента.

Содержание неодима в породах Большого Кавказа варьирует в одних и тех же пределах как в эклогитах, так и в эклогитоподобных породах (табл.14). Наши породы богаче неодимом, нежели породы включений мантийных пород трубки "Обнаженная". Гранатовый лерцолит содержит неодима 1,60; гранатовый гарцбургит – 1,88; средний перидотит – 2,28; эклогит – 2,34; экстаитовый эклогит – 2,34 г/т. В этом отношении кимберлит составляет исключение. Эклогиты "Делегейт", "Робертс Виктор", "Япония", "Датоистпан" содержат неодим в разном количестве (табл.14), причем содержание неодима в эклогитах "Робертс Виктор", "Япония" и "Датоистпан" почти такое же, как и в изученных нами породах. Как видим, исключение составляют эклогиты "Делегейт", но и здесь разница невелика.

Содержание самария в породах Большого Кавказа неодинаковое (табл.14). Среднее 1,22. Различие наблюдается как в эклогитах, так и эклогитоподобных породах. Колебание содержания самария в наших породах, учитывая его малое количество, значительное. Мало самария и в породах трубки "Обнаженная", среднее 2,20 г/т, т.е. почти в два раза выше, чем в породах Большого Кавказа. Относительно много самария в эклогитах "Делегейт", "Робертс Виктор", "Япония", "Датоистпан". Часть наших пород, эклогиты "Ро-

Т а б л и ц а 14
Содержание R33 во включениях мантийных пород трубки "Обна"
(ксенолиты в базальтовых лавах и кимберлитовых трубках),

Порода	La	Ca	Fr	Nd	Sm
Лерцолит гранатовый трубки "Обнаженная"	3,00	5,00	0,14	1,60	3,60
Гарцбургит гранатовый "-"	2,35	3,16	0,17	1,88	0,28
Перидотит средний "-"	2,54	3,84	0,50	2,28	1,59
Кимберлит трубки "Обнаженная"	85,12	92,24	19,60	54,66	8,40
Эклогит "-"	3,77	5,59	0,34	2,34	-
Эклогит экстратитовый "-"	89,00	9,54	2,17	5,99	3,02
Эклогит средний	5,11	7,25	1,26	6,87	2,16
Эклогит "Делегейт"	3,60	14,10	2,50	11,70	3,80
Эклогит "Робертс Виктор"	4,20	9,70	1,60	5,60	1,49
Эклогит "Япония"	1,80	9,50	0,70	3,40	1,45
Эклогит "Датоистпан"	7,40	3,70	5,40	2,00	4,90
Эклогит Большого Кавказа	2,04	4,23	0,78	4,83	2,34
"-	1,35	4,23	0,84	6,93	1,02
"-	1,56	6,03	0,36	2,16	0,72
"-	2,67	3,90	1,20	2,67	1,80
Эклогитоподобные породы Большого Кавказа	3,60	8,90	1,14	3,39	1,17
"-	1,50	4,47	0,51	2,82	0,81
"-	1,92	4,74	0,90	2,67	2,22
"-	1,56	9,39	1,08	2,64	1,80
"-	1,89	5,31	0,30	7,13	1,44
"-	1,11	5,98	0,36	6,93	1,38
"-	1,65	7,65	0,93	5,25	0,66
"-	1,53	7,47	0,36	6,21	0,48

женная в гранатовых пироксенитах и
эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Gd	Eu	Tb+Y	Dy	Ho	Er	Yb	Литературный источник
5,20	-	1,00	-	-	-	-	Лутц, 1975
0,77	-	1,40	4,10	1,01	1,53	0,73	"
2,25	-	1,80	1,80	0,64	1,29	1,08	"
7,84	-	9,80	1,12	-	-	0,50	"
0,52	-	6,68	0,36	0,18	2,37	3,38	"
4,37	-	9,96	1,11	1,48	3,13	2,12	"
1,60	-	5,44	0,80	0,65	2,14	2,05	"
5,20	1,25	-	5,70	1,00	2,80	2,00	"
1,70	0,46	6,05	-	0,45	1,60	1,60	Haskin and others, 1966,
0,70	0,70	9,52	-	0,39	1,11	1,13	"
-	1,44	23,75	-	1,33	2,90	2,30	"
2,34		12,18	1,26	0,09	0,30	3,00	Данные автора
1,23		12,72	1,20	0,12	0,24	4,00	"
2,02		16,62	0,48	-	0,36	2,00	"
1,80		15,00	0,12	-	-	2,00	"
1,17		11,76	-	0,18	0,36	3,00	"
1,38		18,03	0,75	-	-	4,00	"
2,22		14,64	0,24	-	0,24	-	"
1,80		11,19	0,78	-	0,48	2,00	"
1,44		10,02	1,23	2,09	0,30	4,00	"
1,38		11,28	1,08	-	0,48	3,00	"
1,53		10,14	1,38	0,09	0,30	2,00	"
0,48		12,51	1,26	0,09	0,18	2,00	"

бертс Виктор", "Япония" и некоторые породы трубки "Обнаженная" содержат самария почти в равных количествах. Как отмечалось, кимберлиты трубки "Обнаженная" богаты редкоземельными элементами и самарий не составляет исключения.

Гадолиний в эколгитах и эколгитоподобных породах определен вместе с европием (табл. I4), но сравнение наших данных с уже имевшимися показывает, что сумма гадолиния и европия в породах Большого Кавказа меньше, чем только гадолиний в сравниваемых породах. В породах Большого Кавказа среднее значение гадолиния и европия 1,54 г/т. В гранатовом лерцолите и в других перечисленных ниже породах только гадолиния больше суммы гадолиния и европия в породах Большого Кавказа (табл. I4). В породах трубки "Делегейт" и "Датаистпан" содержание гадолиния значительно больше суммы гадолиния и европия в эколгитах и эколгитоподобных породах Большого Кавказа.

Тербий и иттрий в наших и в сравниваемых породах определен вместе. Сумма тербия и иттрия в эколгитах и эколгитоподобных породах Большого Кавказа значительно больше суммы этих элементов как в породах трубки "Обнаженная", так и в эколгитах "Делегейт", "Робертс Виктор", "Япония" и "Датаистпан", что является особенностью наших пород, так как все редкоземельные элементы в породах трубки "Обнаженная", "Делегейт", "Робертс Виктор", "Япония" и "Датаистпан" содержатся в большем количестве, чем в эколгитах и эколгитоподобных породах Большого Кавказа (см. табл. I4). Тербий и иттрий в породах Большого Кавказа представлены в пределах 11,76 - 18,03 г/т (табл. I3). В породах трубки "Обнаженная" в гранатовых лерцолитах - 1,00; в гранатовых гарцбургитах - 1,40; в перидотите (среднее) - 1,80; в эколгите - 6,68 г/т. В породах "Робертс Виктор" - 9,05, "Япония" - 9,52, "Датаистпан" (27,75) и "Делегейт" (23,75) г/т) составляют исключение, они вообще богаче редкоземельными элементами (табл. I4).

Количество диспрозия в изученных нами эколгитах и эколгитоподобных породах колеблется - 0,12-1,38 г/т, среднее 0,85 (табл. I4). Близкие цифры наблюдаются в эколгитах трубки "Обнаженная" в экстаитовом эколгите, гранатовом пироксените и кимберлите. Что касается эколгита "Делегейт", то диспрозий в нем содержится в повышенном количестве, чем он и отличается от вышеуказанных пород (табл. I4). На примере экстаитового эколгита и кимберлита можно заключить, что они бедны тяжелыми и богаты

легкими лантаноидами, чего не наблюдается в эколгитах и эколгитоподобных породах Большого Кавказа.

Гольмия в породах Большого Кавказа мало; среднее - 0,13 г/т (табл. I4); мало его и в породах трубки "Обнаженная". В эколгитах "Делегейт", "Робертс Виктор", "Япония" и "Датаистпан" - 1,33 г/т количество гольмия намного выше наших данных. Преобладание гольмия и вообще всех редкоземельных элементов в породах трубки "Обнаженная", "Делегейт", "Робертс Виктор" и "Датаистпан", за незначительным исключением, явление закономерное.

Эрбий, как и остальные тяжелые лантаноиды, в породах Большого Кавказа содержится в незначительном количестве. Мало его и в породах трубки "Обнаженная", в эколгитах "Делегейт", "Робертс Виктор", "Япония" и "Датаистпан" (табл. I4).

Из приведенных данных видно, что эрбия в них значительно больше, чем в изученных нами породах.

Содержание иттербия в породах колеблется от 2,00 до 4,00 г/т. Это превышает содержание его в породах трубки "Обнаженная". Иногда же наблюдается в равных количествах (табл. I4). В эколгитах и эколгитоподобных породах Большого Кавказа редкоземельные элементы содержатся в малом количестве. Минералы-носители этих элементов в наших породах не устанавливаются. Нужно полагать, что они находятся в рассеянном виде. Но, принимая во внимание мнение Ю.Л. Балашева (1976, стр. 54) о возможности "изоморфных замещений для РЗЭ в моноклинных пироксенах, амфиболах и слюдах, структуры которых допускают большой набор катионов различного размера и заряда и способны легко деформироваться", мы допускаем, что в эколгитах и эколгитоподобных породах Большого Кавказа, в которых наряду с другими минералами в большом количестве присутствуют клинопироксен и амфибол, последние являются минералами-носителями редкоземельных элементов.

Титан и цирконий

Поскольку титан и цирконий равновалентные элементы, то они проявляют близкие химические свойства. Количество циркония, устанавливаемое в наших породах, видимо, находится в рассеянном состоянии. Циркониевая минерализация в наших породах отсутствует. Титан в эколгитах и эколгитоподобных породах встречается в большом количестве и связан с акцессорным рутилом. Количество титана варьирует от 14000 до 7000 г/т (табл. I5), в малых количе-

Т а б л и ц а 15

Содержание титана и циркония в мантийных породах и
эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Порода	Ti	Zr	Ti/Zr	Литературный источник
Хондрит	800	33	24	Мейсон, 1965
"	300-2500	10-100	26	Лутц, 1975
Перидотит	1300	50	-	"
Лерцолит шпинелевый	900	35	26	"
Кимберлит	11500	310	37	"
Гипербазит альпинотипный	1000	33	33	Brett, 1971
Толейт океанический	4760	80	97	Pearche, Cann, 1971
Толейт континентальный	4680	55	85	Clark, Jamieson, 1970
Эклогит Большого Кавказа	9500	100	95	Данные авторов
"	7000	80	87	"
"	14000	100	140	"
"	9000	100	90	"
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа	10000	100	100	"
"	9000	100	90	"
"	8500	80	162	"
"	8900	100	89	"
"	7000	100	70	"

ствах встречается редко. Как видно из приведенных данных, титан в наших породах находится почти в таких же количествах, как и в мантийных породах. Что касается хондритов, то в них титан значительно варьирует.

Количество циркония, содержащегося в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа в виде небольшой примеси, в большинстве случаев одинаковое (100 г/т, реже 95,80 г/т).

Мало циркония и в сравниваемых мантийных породах - в перидотитах (среднее 50 г/т), в шпинелевых лерцолитах - 85, в альпинотипных гипербазитах - 33, в океанических толейтах - 80, в континентальных толейтах - 55, альпинотипных гипербазитах - 33 г/т. Небольшое содержание циркония как в наших, так и в сравниваемых породах вообще характерно для ультрамафитов. В них количество циркония намного ниже кларкового для земной коры.

Галлий, германий, таллий, кадмий

Галлий распространен во всех магматических породах независимо от их состава в рассеянном виде. Однако наиболее богат галлием щелочные породы, в которых галлий связан с нефелином. Ультраосновные породы содержат галлий ниже кларковых для земной коры (Геохимия редких элементов, т. I). Колебание содержания галлия в породах незначительное, это подтверждается и нашими данными (табл. 16). Подтверждается также мнение о незначительном содержании галлия в ультрамафитах и мнение, что носителем этого элемента является темноцветный минерал.

Распределение галлия зависит не только от его концентрации в исходном магматическом растворе, но и в большой степени от свойства самого элемента. Рядом авторов (Rankama, Sahama, 1964) отмечается, что изоморфизм галлия и алюминия обуславливает его более высокое содержание в темноцветных минералах, где алюминий находится в шестерной координации. Его вхождению в структуру минералов способствует изоморфизм с алюминием, цинком и железом, причем его содержание уменьшается с повышением основности пород.

Германий в земной коре содержится в незначительном количестве и за отсутствием геохимического сродства с некоторыми широко распространенными элементами лишен способности широкого образования собственных минералов, рассеиваясь в решетках других минералов.

Германий тесно связан со следующими элементами: кремнием, оловом, свинцом, цинком, медью, мышьяком, галлием. Основная масса германия находится в виде изоморфной примеси в различных минералах, главным образом в силикатах - в гранатах, слюдах, полевых шпатах и др., являющихся минералами-носителями германия (Жукова, 1964).

Вопрос изоморфизма германия с другими близкими к нему элементами мало изучен и экспериментально не подтвержден. Содержа-

Т а б л и ц а 16

Содержание галлия в ультрамафитах и мафитах, эцлогитах и эцлогитоподобных породах Большого Кавказа ^{x)}(%)

Порода	Ga, xx)	Литературный источник
Ультрамафиты	0,00015	Turekian, Wedepohl, 1961
"	0,0002	Виноградов, 1962
Среднее в изверженных породах СССР	0,0002	Борисенко, 1959
Мафиты	0,0015	"
"	0,0017	Turekian, Wedepohl, 1961
"	0,0018	Виноградов, 1962
Эцлогиты и эцлогитоподобные породы Большого Кавказа	0,0015	Данные автора
"	0,0021	"
"	0,0018	"
"	0,0015	"
"	0,0018	"
"	0,0017	"
"	0,0020	"
"	0,0019	"
"	0,0023	"
"	0,0015	"
"	0,0018	"
"	0,0018	"
"	0,0018	"
"	0,0021	"

^{x)} Анализы выполнены в спектральной лаборатории ИМГРЭ АН СССР и МГ СССР.

^{xx)} Содержание галлия в эцлогитах и эцлогитоподобных породах почти одинаковое.

Т а б л и ц а 17

Содержание галлия в эцлогитах и эцлогитоподобных породах Большого Кавказа ^{x)} и в некоторых сравниваемых породах (г/т)

Порода	Tl	Кол-во проанал. проб	Литературный источник
Ультрамафит средний (СССР, Финляндия, США, Алеутские о-ва)	6,1	4	Shaw, 1952
Перидотит средний (Кольский полуостров)	7,1	10	Воскресенская, 1961
Пироксенит средний (Восточные Саяны)	2,7	10	"
Пироксенит (Полярный Урал)	1,2	1	"
Базальт средний (Алеутские о-ва)	1,1	4	Shaw, 1952
Эцлогит Большого Кавказа	6,6	1	Данные автора
Эцлогитоподобная порода Большого Кавказа	3,2	1	"
"	4,5	1	"
"	4,8	1	"

^{x)} Анализы выполнены в спектральной лаборатории ИМГРЭ АН СССР и МГ СССР.

ние германия в эцлогитах и эцлогитоподобных породах во всех 14 образцах одинаковое (< 4 г/т).

Таллий из 20 проанализированных образцов был встречен только в четырех (табл.17). Таким образом, существующее мнение о его незначительном рассеянном распространении в земной коре подтверждается и на примере Большого Кавказа. Малое распространение таллия объясняется и малым количеством его собственных минералов.

Из 20 проанализированных проб кадмий был обнаружен лишь в четырех и в незначительном количестве (< 4 г/т). В породах он обычно сосредоточен в железомagneзиальных минералах.

Элементы группы железа (ванадий, хром, кобальт, никель, марганец)

Предполагается, что при понижении магнезиальности уменьшается содержание элементов группы железа - V, Cr, Co и Ni от ультрамафитов к кремнекислотным породам. Вариация элементов группы железа в ультраосновных и основных породах небольшая. Кора обеднена этими элементами и, наоборот, мантийные и глубинные магматические породы богаты V, Cr, Co, Ni.

Ванадий в породах Большого Кавказа встречается почти в равных количествах, близкие цифры устанавливаются и в эклогитоподобных породах; среднее значение - 299 г/т (табл.18). Ванадий в наших эклогитах присутствует несколько в большем количестве, чем во включениях мантийных эклогитов и сильно преобладает над его содержанием в лерцолитах, альпинотипных и океанических ультрамафитах (табл.18). Что касается эклогитоподобных пород Большого Кавказа и включений мантийных пород, то они содержат этот элемент почти в равных количествах.

На основании приведенных данных о содержании ванадия в наших и в сравниваемых породах можно допустить родство пород Большого Кавказа с включениями мантийных эклогитов.

Хромом изученные нами породы не богаты. В мантийных эклогитах количество хрома значительно больше и колеблется в пределах от 5500 до 900 г/т (см.табл.18). Более низкое содержание хрома наблюдается редко. Во всех случаях хрома в мантийных эклогитах значительно больше, чем в породах Большого Кавказа. В эклогитоподобных породах мантийных включений хром также находится в большем количестве (среднее 450 г/т), чем в эклогитоподобных породах Большого Кавказа (среднее 144 г/т).

Кобальда и никель в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа содержится мало (табл.18). Почти такая же картина наблюдается и во включениях мантийных пород, например, в эклогитах и эклогитоподобных породах. Следует отметить, что породы Большого Кавказа и включения мантийных пород не только содержат почти одинаковое количество кобальда, но и ведут себя одинаково. Минералы кобальда в породах Большого Кавказа отсутствуют. Очевидно, в них кобальт присутствует в рассеянном состоянии.

Количество никеля варьирует в основном от 30 до 130 г/т; более низкое содержание (30 г/т) встречается очень редко. Ха-

Т а б л и ц а 18

Содержание V, Cr, Co, Ni и Mn в различных образованиях и в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Порода	V	Cr	Co	Ni	Mn	Литературный источник
Включения в шпинелевом лерцолите	68	5800	130	2500	-	Лутц, 1975
"	50	3200	175	1800	-	"
Ультрамафит альпинотипный	70	3200	112	2000	950	Максимович, 1972
"	50	2500	100	1800	1000	Пеланджиян, 1971
Ультрамафит океанический	45	2600	100	2000	1200	Vinogradov, Dmitriev, Udintsev, 1971
Эклогит	85	1400	55	1000	-	Лутц, 1975
"	160	900	90	950	-	"
"	140	5500	84	1100	-	"
"	250	1800	90	650	-	"
"	210	3600	110	1000	-	"
"	170	3100	33	250	-	"
Эклогит (среднее)	170	2700	77	820	-	"
Эклогиты Большого Кавказа	270	160	76	70	1400	Данные автора
"	230	310	56	70	1460	"
"	230	140	38	55	1400	"
Эклогитоподобные породы Большого Кавказа	250	280	38	45	1220	Данные автора
"	270	220	70	110	1220	"
"	260	230	50	130	1030	"
"	220	220	40	120	1220	"
"	300	100	43	50	1580	"
"	270	46	45	30	1520	"

Продолжение таблицы 18

Порода	V	Cr	Cc	Ni	Mn	Литературный источник
Эклогитоподобные породы Большого Кавказа	250	150	53	100	1580	Данные автора
"	270	180	40	85	1400	"
"	300	190	48	76	1280	"
"	230	140	38	55	1380	"
"	210	200	42	40	1780	"
"	150	200	25	35	-	"
"	140	150	48	96	-	"
"	170	150	30	120	-	"
"	150	200	30	100	-	"
"	135	120	28	50	-	"
"	145	130	24	54	-	"
"	150	130	20	37	-	"
"	140	110	21	36	-	"
"	170	160	29	62	-	"
"	140	120	22	35	-	"
"	140	130	21	31	-	"
"	145	390	37	50	-	"

рактрно, что никель, как и другие элементы группы железа, в обеих группах пород встречается почти в равных количествах. В сравниваемых породах - в включениях шпинелевых лерцолитов, альпинотипных ультрамафитах, океанических гипербаазитах, содержание никеля значительно больше, чем в породах Большого Кавказа (см. табл.18).

Марганец единственный элемент группы железа, который в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа содержится в равных количествах. Он несколько преобладает над содержанием марганца в включениях шпинелевых лерцолитов, альпинотипных и океанических ультрамафитах. В изученных нами породах Большого Кавказа пределы содержания марганца 1220-1780 г/т (табл.18).

Халькофильные элементы (золото, медь, свинец, цинк, серебро)

Золото в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа распределено неравномерно. Низкие содержания выражены цифрами - 0,007, 0,003, 0,001 г/т. Несмотря на метаморфизм - перехода эклогитов в эклогитоподобные породы, изменение количественной роли золота в последних не отмечается. Видимо, разброс золота в эклогитоподобных породах можно объяснить метаморфизмом, вызвавшим его перераспределение в породе. Различные содержания золота устанавливаются в эклогитах включений и в ультрамафитах и мафитах (табл.19). Интересно отметить, что более богаты золотом эклогиты Большого Кавказа. Значительно обеднены этим металлом ультрамафиты и мафиты.

Существует мнение, что содержание золота в альпинотипных ультрамафитах более высокое, чем в толеитовых и щелочных базальтах и, что золото мантийного происхождения. Однако последние исследования показывают обедненность мантийных пород золотом. Относительно более высокое содержание золота в некоторых ультрамафитах, возможно, следует объяснить метаморфизмом. Некоторые исследователи считают, что глубина генерации магмы не сказывается на процессах выплавления золота. Как отмечает Б.Г. Луцк (1975), до сих пор не обнаружен минерал - концентратор золота. Минералы вторичного происхождения, какими являются магнетит, пирит и марказит, содержат золото в таких количествах, в каких этот элемент содержится в гранате, оливине и хромошпинелидах. К тому же все породообразующие минералы ультраосновных и основных пород бедны золотом (табл.19).

Медью и свинцом наши породы небогаты, но они значительно богаче, чем сравниваемые ультрамафиты - гранатовый перидотит и гранатовый пироксенит (табл.20). Исключение составляют некоторые из сравниваемых эклогитов, иногда содержащих медь относительно в более повышенном количестве. Из анализов видно, что медь в одной и той же группе пород может присутствовать в разных количествах. Такая же картина, но менее четкая наблюдается и в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (табл.20). Собственно медьсодержащий минерал в наших породах - аксессуарный халькопирит. Свинец в эклогитах и эклогитоподобных породах встречается почти в равных количествах.

Т а б л и ц а 19

Содержание золота в включениях мантийных пород (в кимберлитах и эклогитах), ультрамафитах и мафитах, а также в эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Порода	Au	Литературный источник
Перидотит пироповый	0,0043	Лутц, 1975
"	0,0039	"
Эклогит включений	0,0025	"
"	0,0091	"
"	0,0057	"
"	0,0013	"
"	0,0062	"
"	0,0087	"
"	0,0053	"
"	0,0060	"
"	0,0039	"
"	0,0023	"
Эклогит, среднее	0,0047	"
Перидотит гранатовый	0,0049	"
"	0,0012	Уханов, Пчелинцев, 1972
"	0,0100	Вахрушев, Цимба-лист, 1972
Ультрамафит альпинотипный	0,0200	Шека, Моисеенко, Фоминых, 1971
Ультрамафит океанический	0,0140	Дмитриев, 1973
Кимберлит	0,0420	Каменский, Францессон, 1974
Толейт	0,0410	Ehman, Kebagay, 1970

Продолжение таблицы 19

Порода	Au	Литературный источник
Эклогиты Большого Кавказа ^{х)}	0,0390	Данные автора
"	0,0240	"
"	0,0160	"
"	0,0260	"
"	0,0200	"
Эклогитоподобные породы Большого Кавказа ^{х)}	0,0110	"
"	0,0210	"
"	0,007	"
"	0,007	"
"	0,020	"
"	0,007	"
"	0,003	"
"	0,041	"
"	0,022	"
"	0,010	"
"	0,042	"
"	0,085	"
"	0,040	"
"	0,100	"

^{х)} Анализы произведены в спектральной лаборатории ИМГРЭ АН СССР и МГ СССР.

Серебро один из слабоизученных в геохимическом отношении элемент, и материал для сравнения невелик. Он в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа содержится в малых и приблизительно в равных количествах (табл. 21) и обнаруживает одинаковое поведение. Мало его в кимберлитах, толейтах и ультрамафитах.

Т а б л и ц а 20

Содержание меди и свинца в гранатовых перидотитах, эклогитах и кимберлитах и эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Порода	Cu	Pb	Литературный источник
Перидотит гранатовый	-	4	Лутц, 1975
"	15	4	"
"	8,8	4	"
Пироксенит гранатовый	1	4	"
"	5	5	"
Эклогит	7,8	4	"
"	105	4	"
"	78	7	"
"	-	4	"
Эклогит (среднее из 4 проб)	37	5	"
Кимберлит (среднее из 32 проб)	75	36	"
Эклогит Большого Кавказа	61	30	Данные автора
"	35	40	"
"	51	28	"
"	110	30	"
Эклогитоподобная порода Большого Кавказа	41	23	"
"	42	25	"
"	34	23	"
"	79	21	"
"	90	50	"
"	9	21	"
"	41	33	"

Т а б л и ц а 21

Содержание серебра в кимберлитах, толеитах и ультрамафитах и эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)

Порода	Ag	Литературный источник
Кимберлит	0,1	Каминский, Францессон, 1973
Толеит	0,1	Turekian, Wedepohl, 1961
Ультрамафит	0,06	"
Эклогит Большого Кавказа	> 2	Данные автора
"	< 0,12	"
"	< 0,12	"
"	< 0,12	"
Эклогитоподобные породы Большого Кавказа	0,17	"
"	0,68	"
"	< 0,12	"
"	< 0,12	"
"	< 0,45	"
"	> 2	"
"	0,13	"
"	< 0,12	"
"	< 0,12	"
"	< 0,12	"

Группа платины (платина, родий)

Платина в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа встречается в переменных количествах (табл. 22). Редко встречаются относительно большие количества, непригодные для характеристики его поведения. Содержание платины в наших породах колеблется от 1,8 до 0,07 г/т, причем сотые доли наблю-

Т а б л и ц а 22

Содержание платины в глубинных включениях кимберлитов, в перидотитах, пироксенитах и эклогитах различных районов Земли и эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа (г/т)^х

Порода	Pt	Rh	Литературный источник
Перидотит гранатовый (трубка "Удачная")	0,056	-	Юшко-Захарова, Илупин, 1973
Перидотит гранатовый (трубка "Кубанская")	0,026	-	"
"	0,022	-	"
Перидотит (среднее)	0,018	-	Головня и др., 1979
Перидотит (Африка)	0,017	-	"
Кимберлит (трубка "Зимняя")	0,037	-	Юшко-Захарова, Илупин, 1973
Кимберлит (трубка "Русловая")	0,220	-	"
Кимберлит (трубка "Муза")	0,041	-	"
Пироксенит (Африка)	0,048	-	Головня и др., 1975
Пироксенит (США)	0,009	-	"
Эклогит (трубка "Дружба")	0,063	-	Юшко-Захарова, Илупин, 1973
Эклогит (трубка "Обнаженная")	0,057	-	"
Эклогит (Сальные тундры, Кольский полуостров)	0,330	0,012	Жиров, Головня и др., 1975
"	0,250	0,023	"
"	0,500	0,011	"
"	0,630	0,025	"
"	0,240	0,009	"
"	0,150	0,002	"
"	0,180	-	"
"	0,11	-	"
"	0,100	-	"
"	0,041	0,003	"

Продолжение таблицы 22

Порода	Pt	Rh	Литературный источник
Эклогит (дер.Шубино, Южный Урал)	0,150	0,013	Жиров, Головня и др., 1975
"	0,230	0,013	"
"	0,240	0,015	"
"	0,087	0,008	"
"	0,055	0,005	"
Эклогиты (Большой Кавказ) ^х	7,00	0,0088	Данные автора
"	0,250	0,0084	"
"	0,290	0,010	"
"	2,90	0,091	"
Эклогитоподобные породы (Большой Кавказ) ^х	0,210	0,007	"
"	0,180	0,011	"
"	1,800	0,013	"
"	0,640	0,0088	"
"	0,021	0,011	"
"	0,110	0,008	"
"	0,034	0,015	"
"	0,070	0,010	"
"	0,230	0,0091	"

х) Анализы произведены в спектральной лаборатории ИМГРЭ АН СССР и МГ СССР.

дались в двух образцах из тринадцати. Близкое содержание платины выявляется в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа и в эклогитах Сальных тундр (Кольский полуостров), а также в некоторой степени и в эклогитах дер.Шубино (Южный Урал). Что касается глубинных включений в кимберлитах Якутии, то в них содержание платины меньше, нежели в наших породах. Мало платины и во всех сравниваемых породах (табл.22).

По родию данных очень мало. Мы располагаем анализами эклогитов Кольского полуострова, Казахстана и Южного Урала. В наших породах родий находится в основном в малых и колеблющихся от 0,091 до 0,008 г/т количествах (табл.22). Мало родия и в эклогитах Сальных тундр (Кольский полуостров), но все же больше, чем в породах Большого Кавказа. Количество родия в эклогитах дер. Шубино колеблется от 0,025 до 0,009 г/т. По содержанию родия эклогиты дер. Шубино близки к эклогитам Сальных Тундр и к эклогитам и эклогитоподобным породам Большого Кавказа.

Интересно отметить, что родий в обеих группах наших пород обнаруживает одинаковые вариации и особой разницы в содержании этого элемента в них не наблюдается.

Ртуть

В соответствии с рекомендацией А.А.Саукова, Н.Х.Айдинян и Н.Д. Озеровой (1972) определение ртути в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа производилось одним методом (табл.23).

В Советском Союзе данные о распределении ртути имеются для кимберлитовых трубок Сибири (Смирнов и др., 1972). Эклогиты Сибири характеризуются пониженным содержанием ртути по сравнению с средним ее содержанием в земной коре (4,5 - 10%). Они отвечают содержанию ртути в включениях основных пород в кимберлитах (табл.23). Существуют данные (Ehman, Lovering, 1937) о более высоком содержании ртути в отдельных образцах Южной Африки и Австралии, что объясняется высоким уровнем концентрации этого элемента в глубинах Земли. Однако некоторые авторы (Смирнов и др., 1972) допускают связь этого явления с более поздним гидротермальным процессом, подкрепляя свое мнение данными о низком содержании ртути в образцах из кимберлитовых трубок Южной Африки и Сибири. Для этой цели изучались также породы Мончегорского плутона, интрузивы Садбери и Норильского района, породы офиолитовых поясов Урала и Кавказа, интрузивные породы рифтовой зоны Срединно-Индокитайского хребта, океанические базальтоиды и др. Содержание в них ртути изменяется в пределах $5 \cdot 10^{-7}$ - $5 \cdot 10^{-6}$ % (Ehman, Lovering, 1937). Результаты изучения распределения ртути в кимберлитах Сибирской платформы и включенных в них эклогитов и ультраосновных пород показали низкое содержание ртути. Низкое содержание ртути отмечается И.Сидом и его коллегами в

Т а б л и ц а 23

Содержание ртути (10^{-6} %) в ультрамафитах, кимберлитах и эклогитах некоторых районов Земли и в эклогитах, эклогитоподобных породах (гранатовых амфиболитах) и амфиболитах Большого Кавказа

Порода	Возраст	Число проб	Содержание Hg		Литературный источник
			мин.- макс.	среднее	
Перидотит (Кольский полуостров, Карелия, Монча)	Архей, протерозой	5	0,5-2	1,3	Сауков, Айдинян, Озерова, 1972
Пироксенит (из того же места)	"	12	0,5-2,5	1,5	"
Норит, габбро (из того же места)	"	6	0,9-2,5	2,5	"
Пироксенит (Ковдар)	Каледонский	3	1-2		"
Норит (Канада, Садбери)	Поздний протерозой	9	1-3,8	3,3	"
Габбро-долерит (Сибирь, Талнах)	Мезозой	8	2-8		"
Габбро-долерит (Сибирь, Норильск)	"	2	4-8	5,5	"
Перидотит (Урал, габбро-пироксенит-Дунитовый пояс)	Палеозой	1	4		"
Пироксенит (из того же места)	"	3	< 1-2	1,5	"
Перидотит (Малый Кавказ)	Альпийский (третичный)	3	1-56		"
Перидотит серпентинизированный (рифт, Индийский океан)		6	1-4	2,5	"
Дунит-гарцбургитовый комплекс (тот же рифт)		4	0,5-2,5	1,2	"
Кимберлиты трубок	р-н Мало-Батуобинский "Мир"	14	< 0,5-8		"
	р-н Адакитский "Ахил"	1	5		"
	р-н тот же, "Искорка"	2	< 0,5-1		"

Продолжение таблицы 23

Порода		Возраст	Число проб	Содержание Hg		Литературный источник
				мин.-макс.	среднее	
Кимберлиты	р-н тот же, "Удачная"		2	0,7-3		Сафков, Айдинян, Озерова, 1972
	р-н тот же "Дальная"		2	2-3		
	р-н Далдынский, "Зарница"		2	0,5-1		
	р-н тот же "Мархининская"		1	<0,5		
	р-н тот же "Магистральная"		1	<0,5		
	р-н Далдынский "Аэромагнитная"		1	<0,5		
	р-н Мунский "Заполярная"		3	0,7-4,5		
	р-н тот же "Комсомольская"		1	1,5		
	р-н тот же, "Зимняя"		1	1,5		
	р-н Чомурдахский "Чомур"		1	1		
	р-н Нижне-Оленский, "Обнаженная"		2	< 1-7		
р-н Якутский		25	< 0,3-3,5			
Эклогиты	дер. Шубино		50	1,8		Озерова и др., 1974
	Кокчетавский массив (Казахстан)		10	2,0		
	Сальные тундры (Кольский п-ов)		20	<3,0		
	Трубка "Сибирь"		23	2,7		
	Трубка Южной Африки		1	2,0		
	Трубка Австралии		1	6,4 1,48		
Эклогиты Большого Кавказа (ущелье Большая Лаба)	Верхний докембрий	15	сл.-0,3		Данные автора	
Р-н тот же, эклогитоподобные породы	"	15	сл.-0,3		"	
Р-н тот же, амфиболиты	"	10	сл.-0,2		"	

кунных образцах, доставленных "Аполлоном-II". Видимо, есть основание для допущения очень низкого (ниже кларковых) содержания ртути в отдельных частях верхней мантии. Однако, если принять во внимание данные о высоком содержании ртути в метеоритах, можно полагать, что этот элемент характерен для всей мантии, верхняя же ее часть обеднена ртутью в результате дегазации. Это могло произойти в до- и протогологическое время развития нашей планеты, когда масса Земли была меньше, а температура высокая (Ehman, Lovering, 1937). Полагают, что газы, содержащие ртуть, не только сопровождают рудные растворы, но являются независимой формой переноса ртути на глубин Земли.

Содержание ртути в породах Большого Кавказа колеблется от следов до 0,0003%. Столь низкое ее содержание в эклогитах и ассоциирующихся с ними амфиболитах среди земных пород встречается изредка. Объяснить это потерей ртути в процессе метаморфизма невозможно. Если предположить, что эклогиты образовались в земной коре в процессе метаморфизма, то в этих условиях потеря ртути проявилась бы и во вмещающих их породах. Однако этого не наблюдается.

СОПОСТАВЛЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

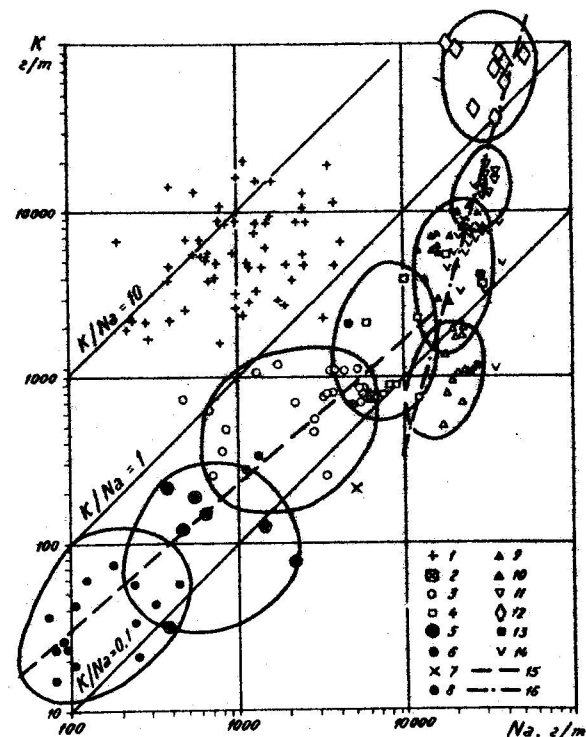
В эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа наблюдается сильное преобладание натрия над калием. Эта особенность фиксируется во всех сравниваемых образованиях. Полученные аналитические данные по содержанию калия и натрия в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа были нанесены на диаграмму (рис.2). Точки составов эклогитов Большого Кавказа совпадают с точками составов мантийных эклогитов и континентальных толеитов, а точки составов эклогитоподобных пород с океаническими деридотитами. Следует отметить, что поля распространения упомянутых пород расположены очень близко.

Отношение K/Rb в эклогитах Большого Кавказа имеет более высокое значение, нежели в сравниваемых породах. В эклогитоподобных породах величина K/Rb варьирует и почти всегда несколько выше, чем в аналогичных породах трубок "Аэромагнитная", "Удачная", "Финальная". В наших породах максимальное значение $K/Rb = 900$; среднее 596,5. В сравниваемых породах $K/Rb = 416$ мало отличается от этого отношения в эклогитах. Следует отметить неустойчивость K/Rb в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа. То же отмечается и для сравниваемых пород. Это, возможно, в какой то мере обусловлено минеральным составом — присутствием калийсодержащих минералов.

В связи с тем, что геохимически наиболее близкими элементами являются калий и рубидий, не исключено, что высокое калий-рубидиевое отношение в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа обусловлено содержанием в них амфибола, имеющего обычно повышенное значение отношения этих элементов. По мнению Берча (Birch, 1965), на первой стадии (по модели двух-стадийной дифференциации мантии) из исходной мантии отделяется обогащенная щелочами верхняя мантия, имеющая высокое отношение K/Rb .

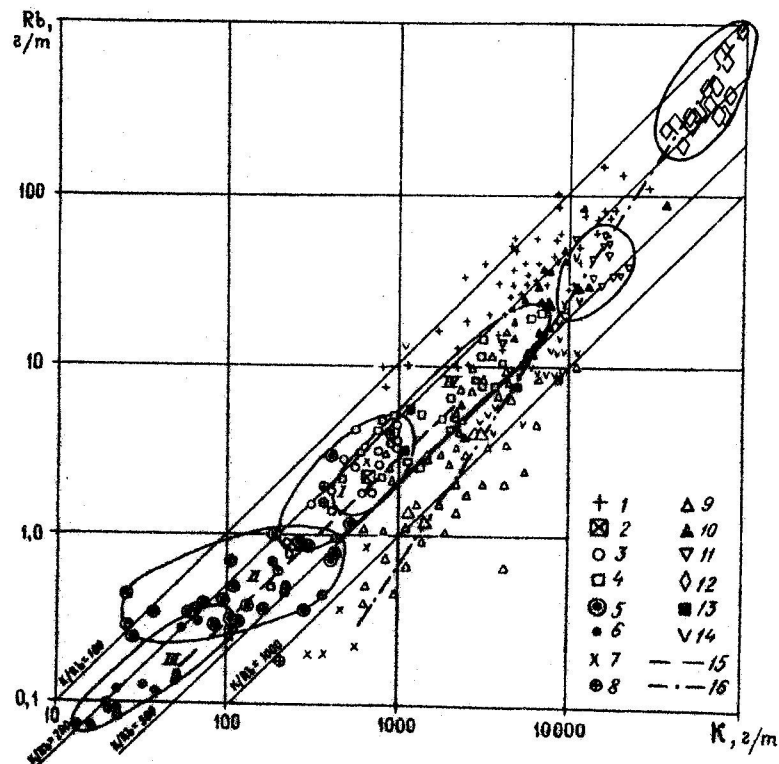
На основании изложенного выше материала можно предполагать, что породы Большого Кавказа произошли в результате второй стадии дифференциации мантии, когда из верхней мантии обособилась земная кора.

Величина K/Rb отношений в изученных нами эклогитах и эклогитоподобных породах была нанесена на диаграмму (рис.3),



Р и с .2. Распределение натрия и калия в мантийных и магматических породах и в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа.

I — кимберлит, 2 — средний хондрит, 3 — гранатовый перидотит, 4 — мантийный эклогит, 5 — шпинелевый перидотит, 6 — альпийский гипербазит, 7 — хондрит, 8 — океанический гипербазит, 9 — океанический толеит, 10 — континентальный толеит, 11 — щелочной оливиновый базальт, 12 — калиевый базальт, 13 — эклогит и 14 — эклогитоподобная порода Большого Кавказа, 15 — линия средних составов мантийных пород, 16 — линия средних составов базальтов.



Р и с .3. Распределение калия и рубидия в ультраосновных и основных породах.

I - кимберлит, 2 - средний хондрит, 3 - гранатовый перидотит, 4 - мантийный эклогит, 5 - шпинелевый перидотит, 6 - альпийский гипербазит, 7 - ахондрит, 8 - океанический гипербазит, 9 - океанический толеит, 10 - континентальный толеит, 11 - щелочной оливиновый базальт, 12 - калиевый базальт, 13 - эклогит, 14 - эклогитоподобная порода Большого Кавказа, 15 - линия средних составов мантийных пород, 16 - линия средних составов базальтов.

Ноля: I - гранатовых перидотитов, II - шпинелевых перидотитов, III - альпийских гипербазитов, IV - мантийных эклогитов.

на которой они разместились близко друг от друга. Некоторые группы точек попали в поле мантийных эклогитов, где развиты

океанические и континентальные толеиты и собственно мантийные эклогиты. Диаграмма K/Rb отношения почти аналогична таковой K/Na отношения.

Литий в эклогитах и эклогитоподобных породах сильно преобладает над рубидием, в то время как в кимберлитах Сибири, Южной Африки, Индии и в гранатовых перидотитах, гранатовых пироксенитах и эклогитах "Обнаженная" наблюдается обратная картина. В перидотитах альпийских и океанического дна литий преобладает над рубидием. Причина, видимо, в том, что включения отражают первоначальную картину состояния и соотношения элементов верхней мантии (Ставров, Уханов, 1971). Предполагается также, что гипербазиты - альпийские и океанические, формировались при участии магматического процесса путем фракционирования базальта из мантийного вещества (Дмитриев, 1973). Следует также отметить, что эклогиты и эклогитоподобные породы Большого Кавказа выявляют родство с гипербазитами океанического дна.

Цезий, являясь наиболее малораспространенным тяжелым элементом из щелочных металлов, химически наиболее активен и значительно менее устойчив к внешним воздействиям сравнительно с другими щелочами. Основная масса цезия в породах встречается в рассеянной форме; предполагается наличие цезия в газо-жидких включениях.

Цезий в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа содержится в малом или незначительном количестве и намного в меньшем, чем в породах континентальной коры; мало цезия вообще в основных и ультраосновных породах. Ввиду почти полного отсутствия данных в составе цезия в различных породах, мы лишены возможности иметь суждение о его поведении и произвести сравнение с породами Большого Кавказа.

Стронций - типичный щелочноземельный и химически очень активный элемент. В земной коре он находится в рассеянном состоянии, образуя изоморфные соединения в акцессорных минералах. Образует он также самостоятельные минералы. Количество стронция в породах Большого Кавказа варьирует в больших пределах и в обеих группах пород наблюдается почти в равных количествах, что указывает на его рассеянное состояние. Он образует изоморфную смесь в амфибитах, так как известно, что стронций в основном концентрируется в кальцийсодержащих минералах. В породах Большого Кавказа содержание стронция сильно преобладает над его содержанием в гранатовых перидотитах, эклогитах трубки "Обнаженная" и других породах. Что касается кимберлитов тру-

бок "Амакинская", "Удачная", "Искорка" и др., то в этих породах выявляется близость в содержании стронция.

Поведение бария в изученных нами породах почти аналогично поведению стронция. В породах Большого Кавказа он значительно преобладает над его содержанием в сравниваемых породах. Исключения составляют кимберлиты, где барий преобладает, реже он находится в равных количествах с барием пород Большого Кавказа. Устанавливается, что как стронций, так и барий в обеих группах пород Большого Кавказа находится почти в равных количествах.

Аналитическим путем полученные данные по Sr и Ba для наших эклогитов и эклогитоподобных пород были нанесены на диаграмму (рис.4), показавшие совпадение полей наших пород с полями расположения щелочных оливиновых базальтов и океанических толеитов. Единичные точки расположились на границе полей кимберлитов. Что касается геохимического поведения стронция и бария в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа, то оно одинаковое (рис.4).

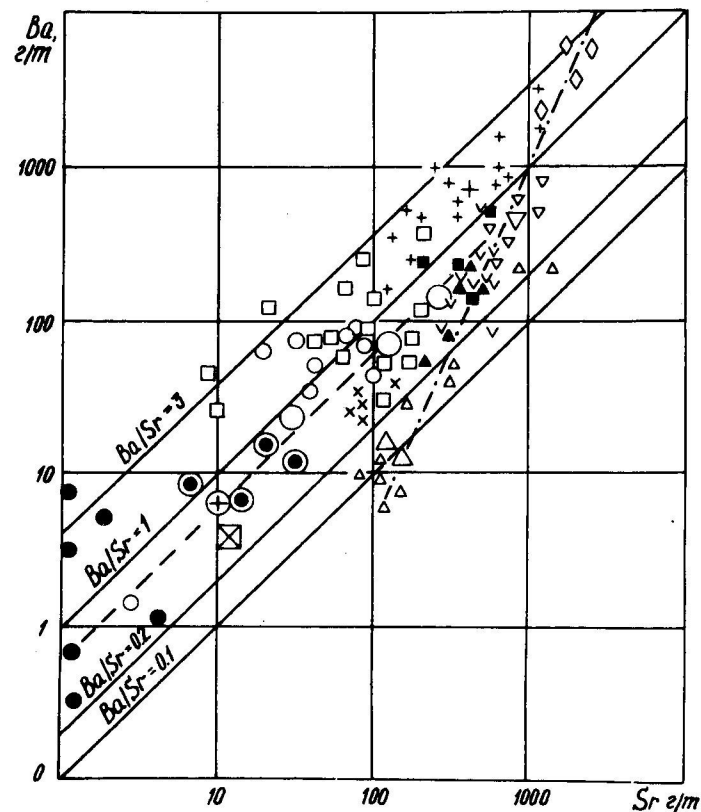
Характерной особенностью эклогитов и эклогитоподобных пород Большого Кавказа является совместное нахождение почти во всех пробах редкоземельных элементов, что объясняется одинаковой их валентностью, близостью ионных радиусов и химических свойств.

Анализ состава пород Большого Кавказа и сравниваемых пород дает основание считать их тождественными, за отдельными исключениями. Для всех пород характерно относительное богатство легкими лантаноидами (цериевая группа) и бедность тяжелыми лантаноидами (иттриевая группа).

Тенденция увеличения суммы редкоземельных элементов с увеличением суммы содержания щелочей - калия и натрия, выражена нечетко, что естественно, так как наши породы почти однородны по содержанию калия и натрия.

Следует отметить некоторую общую закономерность в содержании редкоземельных элементов в изученных нами и сравниваемых породах. Если тот или иной редкоземельный элемент содержится в трубке "Обнаженная" и вообще других сравниваемых породах в большом количестве и, наоборот, если его мало в сравниваемых породах, мало и в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа. Изредка редкоземельные элементы содержатся в тех и других породах в равных количествах. Как исключение, можно назвать тербий и иттрий, сумма которых в породах Большого Кавказа выше, чем

в породах трубки "Обнаженная" и ниже в эклогитах "Делегейт," "Робертс Виктор", "Япония" и "Датомспан".

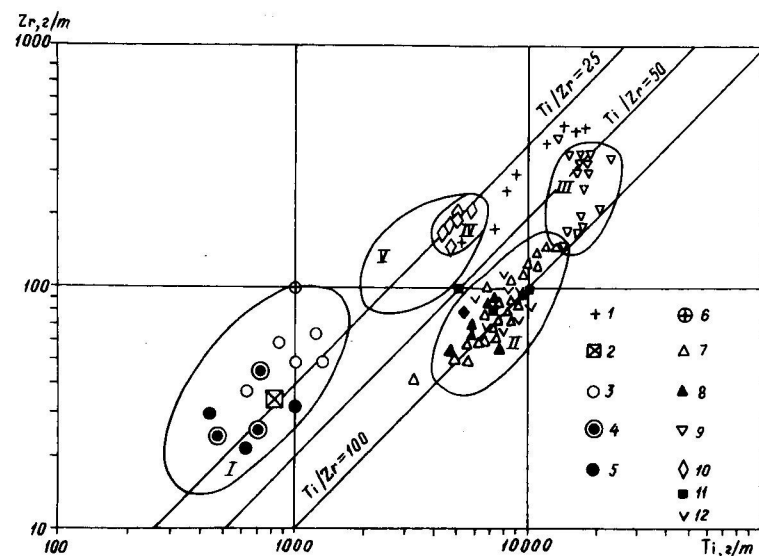


Р и с .4. Распределение стронция и бария в мантийных и магматических породах и эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа.

Условные обозначения см. на рис.2.

На основании сейсмических данных и геологических наблюдений полагают, что по крайней мере верхняя мантия Земли состоит из перидотита. Если принимать во внимание наши данные о близком поведении редкоземельных элементов в перидотитах в целом и в породах Большого Кавказа, более определенно можно говорить об их родстве. Очевидно трудно с уверенностью полагать, что какие-то из упомянутых выше пород представляют собой неизменное мантийное вещество. Л.А.Хескин полагает, что ни один из рассмотренных им перидотитов нельзя считать неизменным первичным материалом и ни один не может отвечать среднему составу мантии. Это, по мнению названного автора, подтверждается слишком низким содержанием в перидотитах редкоземельных элементов.

Максимальное количество титана в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа 18000 г/т в богатых рутилом породах, и минимальное - 700 г/т, объясняется наличием в наших породах акцессорного рутила в изменчивом количестве. Содержание титана в наших породах идентично содержанию этого элемента в альпинотипных гипербазитах (10000 г/т). Наши породы по содержанию титана довольно близки к кимберлитам (11500 г/т) и океаническим толеитам (7700 г/т). Что касается континентальных толеитов (4600 г/т), то они заметно отличаются от пород Большого Кавказа, занимая промежуточное положение между альпинотипными гипербазитами и кимберлитами и океаническими толеитами. Анализ фактического материала по распределению циркония в эклогитах и эклогитоподобных породах указывает на их промежуточное расположение между кимберлитами, с одной стороны, и континентальными и океаническими толеитами - с другой. Гранатовые же перидотиты содержат аналогичное с нашими породами количество циркония. Цирконий, как литофильный элемент, в породах, как известно, встречается главным образом в виде соединений с кислородом, образуя окислы или силикаты. Все минералы циркония располагаются между окислами и силикатами. Присутствие циркония в титановых минералах и титана в циркониевых с образованием титано-циркониевых минералов говорит о существовании изовалентного изоморфизма между титаном и цирконием. Цирконий встречается в рассеянном состоянии, особенно в темноцветных минералах - в пироксенах и амфиболах. Цирконий постоянно присутствует в рутиле. Учитывая постоянное присутствие циркония в титановых минералах и богатство наших пород акцессорным рутилом, мы склонны считать минералом-носителем циркония рутил.



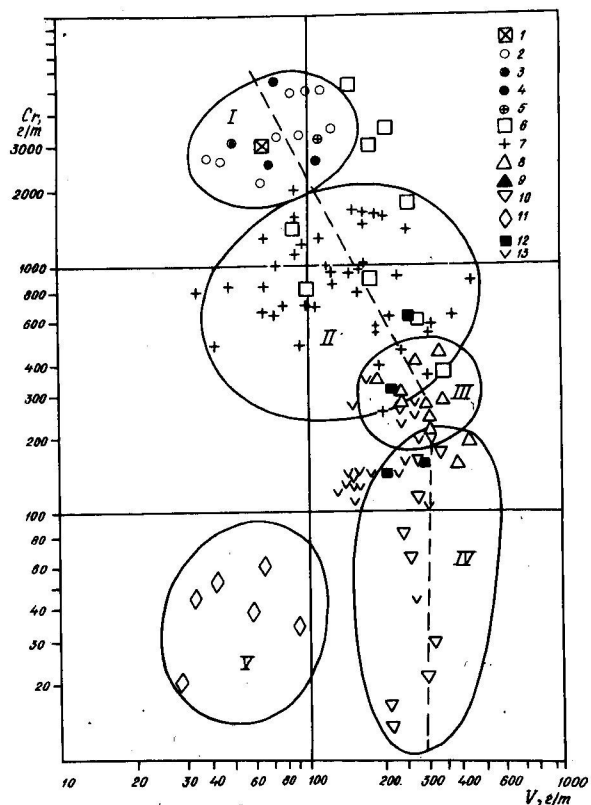
Р и с .5. Распределение титана и циркония в мантийных и магматических породах и эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа.

I - кимберлит, 2 - хондрит, 3 - гранатовый перидотит, 4 - шпинелевый перидотит, 5 - альпинотипный гипербазит, 6 - океанический гипербазит, 7 - океанический толеит, 8 - континентальный толеит, 9 - щелочнооливиновый базальт, 10 - калиевый базальт, 11 - эклогит, 12 - эклогитоподобная порода Большого Кавказа.

Поля: I - мантийных пород, II - толеитов, III - щелочных оливиновых базальтов, IV - калиевых базальтов, V - коровых пород.

Результаты анализов и соотношение Zr и Ti в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа были нанесены на диаграмму (рис.5). Точки, отвечающие соотношениям циркония и титана, расположились в поле толеитов. Анализы на цирконий и титан произведены в лаборатории спектрального анализа ИГЕМ АН СССР.

Ванадий в породах Большого Кавказа распределен более равномерно, чем хром. Максимальное его содержание 300 г/т, которое сильно преобладает над содержанием этого элемента в альпинотипных базитах (70 г/т), океанических гипербазитах (45 г/т), включениях шпинелевого лерцолита (68 г/т). Эклогиты мантийных вклю-



Р и с .6. Распределение ванадия и хрома в мантийных и магматических породах.

I - хондрит, 2 - гранатовый перидотит, 3 - шпинелевый перидотит, 4 - альпинотипный гипербазит, 5 - океанический гипербазит, 6 - эклогит, 7 - кимберлит, 8 - океанический толеит, 9 - континентальный толеит, 10 - щелочной оливиновый базальт, 11 - калиевый базальт, 12 - эклогит и 13 - эклогитоподобная порода Большого Кавказа.

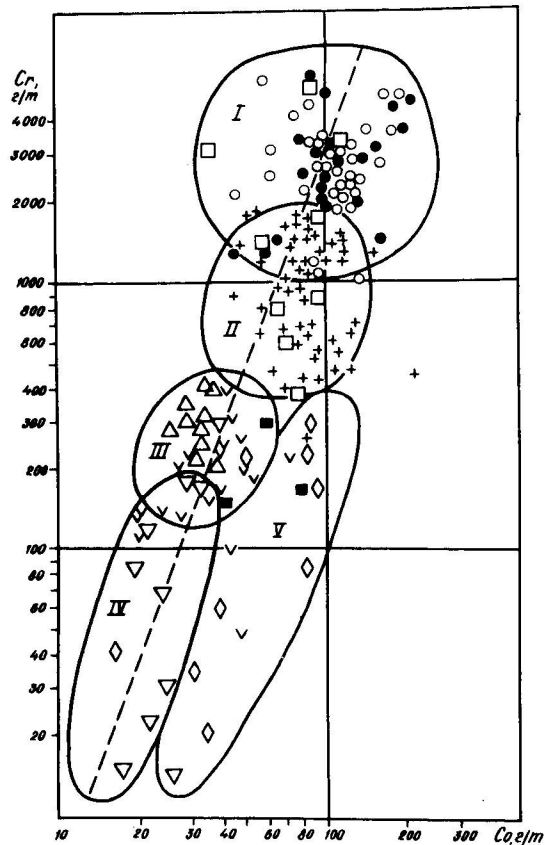
Поля: I - мантийных пород, II - кимберлитов, III - толеитов, IV - щелочных оливиновых базальтов, V - калиевых базальтов.

чений и наши породы содержат почти одинаковое максимальное количество ванадия (250 г/т). Эклогит и эклогитоподобные породы Большого Кавказа содержат ванадий в одинаковом количестве, что вызвано почти одинаковым минеральным составом обеих групп. Остальные элементы группы железа в наших породах присутствуют в меньшем количестве, чем в эклогитах мантийных включений; это особенно относится к хрому и никелю. Кобальт, хотя и содержится в меньшем количестве, разница в цифрах небольшая. Что касается альпинотипных и океанических гипербазитов, то и здесь наблюдается преобладание всех элементов группы железа над теми же элементами в наших породах. Исключение составляет марганец, присутствующий почти в равном или несколько преобладающем количестве. Результаты анализов, произведенных в ИМГРЭ АН СССР и МГ СССР, были нанесены на диаграмму соотношений ванадий-хром, кобальт-хром, никель-кобальт. Точки первой пары элементов расположились в полях толеитов и щелочных оливиновых базальтов (рис.6); довольно большое количество точек легло вне этих полей, но близко друг от друга. Точки, характеризующие хром и кобальт, расположились в полях толеитов, щелочных оливиновых базальтов и калиевых базальтов (рис.7), а никеля и кобальта также, как и хрома и кобальта, попали в поле толеитов, щелочных оливиновых базальтов и калиевых базальтов (рис.8).

Диаграмма дает представление о характере распределения кобальта и никеля в породах Большого Кавказа и в сравниваемых породах. На ней кобальт и особенно никель расположились в третьем и четвертом полях, т.е. в полях толеитов и щелочных оливиновых базальтов. Диаграмма (см.рис.8) как бы повторяет диаграмму распределения ванадия и хрома (см.рис.6), но в последней более четко выражено тяготение наших пород к толеитовому полю. Таким образом, данные по содержанию ванадия и хрома и кобальта и никеля совпадают.

Как уже отмечалось, наши породы по сравнению с ультрамафитами медью богаче (см.табл.19).

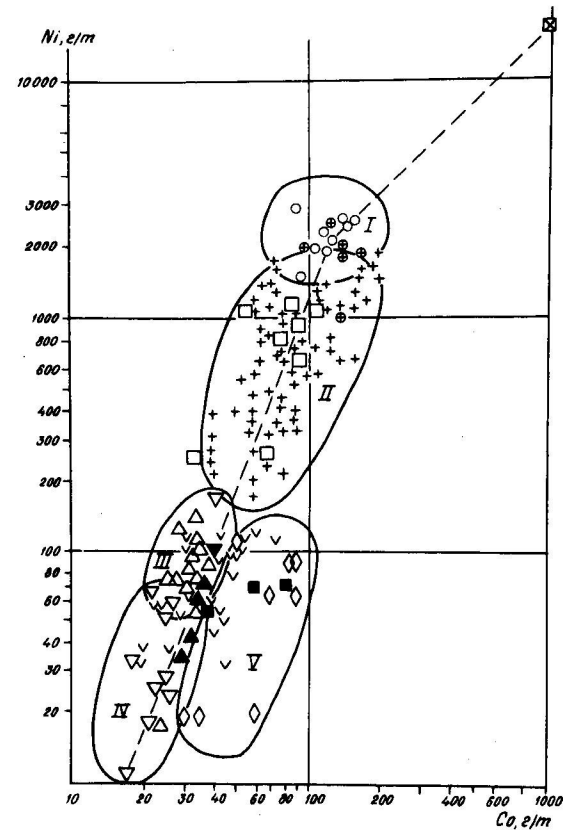
Вариация количества меди в наших породах не столь значительна, как в сравниваемых породах, что объясняется изменчивостью количественной роли минералов-носителей (халькопирит). Не исключена возможность, что медь в виде изоморфной примеси присутствует и в амфиболах, где он может замещать двухвалентное железо. Вероятно, некоторые полученные высокие цифры (260 и 105 г/т) характерны для пород, содержащих аксессуарный медьсодержащий минерал.



Р и с .7. Распределение хрома и кобальта в мантийных и магматических породах и эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа.

Условные обозначения см. на рис.6.

Свинец как бы повторяет поведение меди. Количество его в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа преобладает над количеством в сравниваемых породах. Содержащие цинк рудные минералы в наших породах не наблюдаются, очевидно весь цинк в рассеянном виде содержится в темноцветных минералах. Сведения о содержании и поведении меди, цинка и свинца в мантийных



Р и с .8. Распределение кобальта и никеля в мантийных и магматических породах и эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа.

Условные обозначения см. на рис.6.

породах несколько ограничены, что не дает нам возможности судить об их геохимическом характере.

Как отмечалось, золото (см.табл.19) в эклогитах и эклогитоподобных породах сильно варьирует и находится в рассеянном состоянии. Оно, видимо, адсорбировано породообразующими и рудными минералами. Различное содержание золота в изученных нами поро-

Б. Н.Ф.Татришвили

дах, возможно, подтверждает вывод о резком различии его содержания в однотипных породах земной коры, включая ультраосновные и основные породы (Воскресенская и др., 1970).

Акцессорно присутствующие в наших породах халькопирит и пирит не дают основания связать с ними варьирующее количество золота и считать его халькофильным элементом. Видимо, золото Большого Кавказа является также сидерофильным. Ввиду отсутствия в наших породах самостоятельного образования золота, мы допускаем его связь с железомagneзиальными минералами, особенно с амфиболами.

Б.Г.Лутц (1975) отмечает, что не удается найти минерал концентрирующий золото. Вторичные магнетиты, пирит и халькопирит содержат золото в тех же количествах, что и гранат, оливин и хромшпинелиды.

Частое и большее содержание золота в основных породах, чем в кислых отчасти говорит о его происхождении из мантийных магматических очагов.

Как уже отмечалось, галлий (см. табл. I6) и германий наблюдаются в изученных нами эклогитах и эклогитоподобных породах во всех образцах, но в незначительном количестве, а таллий и кадмий из двадцати образцов встречены только в четырех опять-таки в незначительном количестве.

Известно, что галлий распространен повсеместно и находится во всех изверженных породах, независимо от их состава, являясь типичным рассеянным элементом. Широкое его распространение в минералах объясняется его способностью к изоморфизму с другими элементами - алюминием, цинком, железом. Принимая во внимание мнение (Rankama, Sahama, 1964) о способности к изоморфизму с алюминием, обуславливающему его более высокое содержание в темных минералах, мы допускаем, что минералом-носителем галлия является содержащаяся в наших породах роговая обманка.

Существующее мнение о незначительном распространении германия в земной коре нашими исследованиями подтверждается. Это объясняется отсутствием геохимического сродства с некоторыми элементами. Германий встречается в основном в виде изоморфной примеси, главным образом в гранатах, слюдах и полевых шпатах. Из перечисленных минералов в наши эклогиты и эклогитоподобные породы входит в большом количестве гранат, в связи с чем мы допускаем минералом-носителем германия гранат.

Геохимия кадмия в магматических породах изучена довольно

слабо. Отмечается, что он входит в состав мафических минералов, содержащихся во всех наших породах; однако кадмий, как отмечено, установлен не во всех из них. Следовательно, вопрос об источнике этого элемента в наших породах остается не решенным.

Как известно, металлы платиновой группы концентрируются в ультраосновных и основных породах (см. табл. 22). Элементы платиновой группы имеют весьма близкие величины атомных объемов и значение плотности, что является важным фактором, определяющим их общее геохимическое сходство. От плотности атомов зависит энергетическая их характеристика и устойчивость природных соединений (Юрко-Захарова и др., 1967).

Несмотря на то, что свойства элементов группы платины относительно хорошо изучены, многие вопросы минералогии и геохимии остаются неясными. К настоящему времени в рудах установлено большое количество природных соединений платиновых металлов, однако немаловажную роль играют и рассеянные формы нахождения этого элемента в породах. Из нерудных минералов повышенное содержание платиновых металлов обнаружено в оливине, где наблюдается обратная зависимость между платиновыми металлами и окисью магния. Содержание рассматриваемой группы металлов установлено и в пироксенах и слюдах. Считается, что элементы группы платины генетически связаны с магматическими породами, образовавшимися в результате плавления верхней мантии (Виноградов, 1962). Известно также, что гипербазиты и базиты, к которым приурочена платина, расположены в глубинных разломах. По содержанию платины (см. табл. 22) эклогиты Большого Кавказа отвечают базитам и ультрабазитам. Принимая во внимание высказывание А.П.Виноградова (1962) о генетической связи элементов группы платины с магматическими породами, образовавшимися в результате плавления материала верхней мантии, мы допускаем образование наших эклогитов таким же путем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные о составе и соотношении элементов в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа были нанесены на соответствующие диаграммы (см. рис. I-8), на основании которых можно сделать следующее заключение.

На диаграмме содержания и отношения калия и натрия эклогиты и эклогитоподобные породы частично легли в поле мантийных эклогитов. Аналогичный результат получен на диаграмме отношения калия и рубидия.

На диаграмме отношения бария и стронция точки составов наших пород расположились в области распространения щелочных оливиновых базальтов и океанических толеитов. Единичные точки попали на границы полей распространения кимберлитов и океанических базальтов. Данные отношения циркония и титана легли в поле толеитов.

На диаграмме отношения хрома и ванадия породы Большого Кавказа расположились в поле толеитов или на границе толеитов и щелочных базальтов. Точки отношений составов хрома и кобальта в основном расположились в поле толеитов, а единичные точки - в поле калиевых базальтов и щелочных базальтов. Точки отношений составов никеля и кобальта обрели в основном такое же положение, как и точки отношений хрома и кобальта.

Таким образом, есть основание считать исследованные нами породы Большого Кавказа по поведению щелочей, щелочноземельных элементов, циркония, титана и элементов группы железа схожими с породами мантийных эклогитов, кимберлитов, океанических базальтов, толеитобазальтов и других мантийных пород.

По содержанию платины эклогиты и эклогитоподобные породы Большого Кавказа относятся к мафитам и ультрамафитам. Исходя из существующего мнения о генетической связи элементов группы платины с магматическими породами, образовавшимися в результате плавления материала верхней мантии, мы допускаем аналогичное происхождение наших пород.

Низкое содержание ртути в изученных нами породах, редко наблюдающееся в земных породах, нельзя объяснить потерей ее в процессе метаморфизма, как это считают некоторые исследователи. Если бы потеря ртути была связана с метаморфизмом, то в экло-

гитах, эклогитоподобных породах и амфиболитах Большого Кавказа ртуть содержалась бы в разных количествах. Основываясь на имеющемся довольно большом фактическом материале относительно низкого содержания ртути в мантийных породах, следует полагать мантийное происхождение этого элемента в эклогитах и эклогитоподобных породах Большого Кавказа.

Для пород Большого Кавказа, за редким исключением, характерно небольшое и рассеянное содержание редкоземельных элементов, что присуще мафитам и ультрамафитам вообще. В изученных нами образованиях минералами-носителями редкоземельных элементов являются кальцийсодержащие минералы - амфиболы. Собственно редкоземельные минералы в наших породах не встречаются. Влияние калия и натрия на поведение редкоземельных элементов не наблюдается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьев Г.Д., Гусева А.И., Плошко В.В., Сидоренко Г.А. Омфациллы из метасоматитов Передового хребта Кавказа. - Докл. АН СССР, том 188, № 3, 1969.

Афанасьев Г.Д., Плошко В.В., Шпорт Н.П. Эклогиты Передового хребта Сев. Кавказа. - Изв. АН СССР, сер. геол., 1969, № 6.

Архипенкова А.А. Петрография и некоторые вопросы генезиса эклогитов дер. Шубино (Ю. Урал). - Автореферат кандидат. дис., ВИМС, М., 1962.

Балашов Ю.А. Геохимия элементов. М., Наука, 1976.

Бориченко Л.А. Распределение галлия в горных породах Советского Союза. - Геохимия, 1959, № 1.

Вахрушев В.А., Цимбалист В.Г. Золото в ультраосновных породах Земли. - Геохимия, 1972, № 9.

Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород. - Геохимия, 1962, № 7.

Воскресенская Н.Т. и др. К геохимии таллия, рубидия и лития в магматическом процессе. - Геохимия, 1962, № 3.

Воскресенская Н.Т., Зверева Н.Ф., Конкина О.М., Фельдман В.И. Поведение золота в процессе дифференциации основной магмы. - Геохимия, 1970, № 12.

Головина С.В., Наумова И.С., Хвостова В.П. Муассанит в эклогитах дер. Шубино (Ю. Урал). - Изв. АН СССР, сер. геол., 1979, № 1.

Дмитриев Л.Р. Геохимия и петрология коренных пород срединных океанических хребтов.—Автореферат доктор.дис., М., 1973.

Добрацов Н.Л., Соболев Н.В. Экологиты метаморфических комплексов Казахстана, Тянь-Шаня, Ю.Урала и их генезис.— В кн.: Проблема геологической и генетической минералогии. М., Наука, 1970.

Ефимов И.А. Древнейшие породы Казахстана и Киргизии.—Автореферат доктор.дис. Алма-Ата. Каз. ИМС, 1972.

Жиров К.К., Головня С.В., Хвостова В.П., Чернышева Н.В. Металлы платиновой группы в экологитах метаморфических комплексов. (К вопросу о первичном веществе экологитов).—Изв. АН СССР, сер. геол., 1975, № 9.

Жуков А.С. Германит. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. М., Наука, 1964, т. I.

Каминский Ф.В., Францесон Е.В. Золото в кимберлитовых породах и ультраосновных включениях.—Геохимия, 1973, № 12.

Лебедев-Зиновьев Л.А., Илупин И.П. Щелочные элементы в кимберлитах Якутии.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1972, № 8.

Лутц Б.Г. Химический состав континентальной коры и верхней мантии. М., Наука, 1975.

Максимович З.В. Геохимия альпийских ультраосновных пород Югославии.—В кн.: Первый международный геохимический конгресс, 1972, т. I.

Маракушев А.А., Генкин А.Д. Термодинамические условия образования карбидов металлов в связи их нахождения в базитах, гипербазитах и медно-никелевых и сульфидных рудах.—Вестник МГУ, Геология, 1972, № 5.

Мейсон Б. Метеориты. М., Мир, 1965.

Озерова Н.А., Головня С.В., Шикшина Н.Д. Особенности распределения ртути в экологитах.—Геохимия, 1974, № 8.

Паладжян С.А. Петрология гипербазитов и габброидов Севанского хребта. Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 1971.

Перчук Л.Л., Лейтников Ф.А., Удовкина Н.Г., Ленных В.И., Мудров И.А. Генезис экологитов Кокчавской глыбы.—Докл. СССР, 1969, т. 186, № 2.

Плошко В.В., Шпорт Н.П. Формация экологитов Большого Кавказа.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1974, № 12.

Розен О.М. К вопросу о происхождении экологитов.—Докл. АН СССР, 1962, т. 186, № 3.

Сауков А.А., Айдиньян К.Х., Озерова Н.А. Очерки геохимии ртути. М., Наука, 1972.

Смирнов В.А., Озерова Н.А., Кузнецов В.А., Федорчук В.П. Новое в геохимии ртути.—Геол. рудных месторождений, 1972, т. 14, № 4.

Соболев В.С. Роль высоких давлений при метаморфизме.—Докл. совет. геол. к 21 сессии МГК. Проблема Гранитоиднейсы. М., Изд-во АН СССР, 1960.

Сонов А.Б., Ярошевский А.А. Химическое строение земной коры. Геохимия, 1967, № 11.

Ставров О.Д., Уханов А.В. Щелочные элементы и фтор в породах и минералах мантии.—Геохимия, 1971, № 3.

Татришвили Н.Ф. Обнаружение пород экологитовой фации на Северном Кавказе.—Сообщ. АН СССР, 1969, т. 56, № 3.

Татришвили Н.Ф. Об открытии экологитов на Большом Кавказе.—Докл. АН СССР, 1970, т. 190, № 4.

Уханов А.В., Пчелинцев Н.Ф. Золото в ультраосновных породах.—Геохимия, 1972, № 9.

Шека С.А., Моисеенко В.Г., Фоминых В.Г. Основные закономерности распределения золота в интрузивных базитах и гипербазитах.—Докл. АН СССР, 1971, т. 201, № 2.

Юшко-Захарова О.Е., Иванов В.В., Разина И.С., Черняев Л.А. К геохимии элементов платиновой группы.—Геохимия 1967, № 11.

Юшко-Захарова О.Е., Илупин И.П. Распространение платины и палладия в мантийных включениях из кимберлитов и некоторые вопросы глубинного фракционирования этих элементов.—Докл. АН СССР, 1973, т. 212, № 5.

Ahrens L.H., Von Michaelis H. Fractination of some abundant lithophil elements in chondrites, In: Origin and distribution of the elements, N.L., Pergamon Press, 1968.

Birch F. Speculations on the Earth's thermal history. Bull. Geol. Soc. America. 1965, v. 76.

Brett R. The Earth's core: speculation on its chemical equilibrium with the mantle —Geochim. et cosmochim. acta, v. 35 1971.

Bundy J.P., Kasper J.S. Hexagonal diamond — a new form of carbon. — Journ. Phys. v. 46, n. 9, 1967.

Cearce I.A., Cann I.R. Ophiolite origin investigated by discriminant analysis of Ti, Zr and V. — Earth and Planet Sci. Letters, 1971, v. 12, N3.

Clark S.P., Robertson E.C., Birch F. Experimental determination of K-feldspar-Sillimanite equilibrium of high temperatures

and Pressures. American J. Of Sci., v.255, N9,1957.

Ehman W.D., Loveling J.F. The abundance of mercury in meteoritic. - Geochim at cosmochim acta, vol.31, 1937.

Ehman W.D., Rebagay F.V. Zr and Hf in meteorites.- Geochim at cosmochim acta, vol.31,1937.

Escola P. Eclogites of Norway Skrifter Norske Videns Kaps.- Acad. Naturmidke, 1921, N12.

Gangadhazan E.V. Trace element content of kimberlites of South India, Franc. Amer. Geofis. Union, 1969, v.50.

Hatten S. Voder Ir. The Ladest problem. American J. of Sci. v. 248, 1950, N 4.

Harris P.G. Middlemost A.K. The evolution of kimberlites Litos, 1971, v. 3.

Haskin L.A., Frey F.A. Schmidt R.H. Meteoritic, solar and terrestrial rare-earth distribution. In: Physics and chemistry of the Earth, Oxford and N.I., Pergamon Press, 1966.

Jamison B.G., Clark D.B. Potassium and associated elements in tholeiitic basalts. J. Petrol., 1970, N 2, v.11.

Nicholls G.D. Geochemical studies in the ocean as evidence for the composition of the mantle.- In: S.K.Runcorn(ed). Mantles of the Earth and Terrestrial Planets. Interscience Publ., 1967, K5.

Phillipotts I.A., Schnezler C.C., Thomas H.H. Petrogenetic umblication of some new geochemical data on eclogitic and ultrabasic inclusions. - Geochim. at cosmochim acta, 1972, v.36 N10.

Poldevaart A., Green I. Abundance of major elements in Earth's crust. Acotimes, 1959, v. 3, N8.

Rankama K., Sahama Th. G. Geochemistry. The Univ. of Chicago Pr., Chicago, 1950, p. 508-531.

Shaw D.M. The Geochemistry of thallium.- Geochim. of cosmochim. acta, 1952, v.2, N. 2.

Stuber A.M., Murthy V.R. Potassium - rubidium ration in ultramafic Rocks. Differentiation History of the upper Mantle. Science, 1966, vol. 153, N 3737.

Turekian K.K., Wedepohl K.H. Distribution of the element in some mayor units of the earth's crust. - Bull. Geol. Soc. America, 1961, v. 72.

Urey H.G., Graig H. The composition of the stone meteorites. - Geochim. at cosmochim. acta, 1953, v.4.

Vinogradov A.P., Dmitriew V., Udintser. Distribution of trace elements in crystalline rocks of rift zones. - Philos Trans. Roy. Soc. London, 1971, v. 268, N 1192.

Voder H.S., Tilley C.E. Origin of basalt Magmas J. of Petrol., v.3. N3, London, 1962.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКЛОГИТОВ, ЭКЛОГИТОПОДОБНЫХ ПОРОД И АМФИБОЛИТОВ БОЛЬШОГО КАВКАЗА	9
Эклогиты и эклогитоподобные породы	9
Амфиболиты	16
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ЭКЛОГИТАХ И ЭКЛОГИТОПОДОБНЫХ ПОРОДАХ БОЛЬШОГО КАВКАЗА И ИХ СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ПОРОДАМИ	21
Щелочные элементы (натрий, калий, рубидий, литий, цезий)	21
Щелочноземельные элементы (стронций и барий)	27
Редкоземельные элементы (лантан, церий, празеодим, неодим, самарий, гадолиний, тербий, иттрий, диспрозий, гольмий, эрбий, иттербий)	29
Титан и цирконий	35
Галлий, германий, таллий, кадмий	37
Элементы группы железа (ванадий, хром, кобальт, никель, марганец)	40
Халькофильные элементы (золото, медь, свинец, цинк, серебро)	43
Группа платины (платина, родий)	47
Ртуть	50
СОПОСТАВЛЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	69

Рецензенты: проф. Ш.И. Джавахишвили
канд. геол.-мин. наук М.А. Кекелия

Напечатано по постановлению Редакционно-издательского
совета Академии наук Грузинской ССР

ИБ 1782

Редактор издательства Г.П. Бокучава
Техредактор Э.Б. Бокерия

Сдано в набор 3·XII·81 ; Подписано к печати 25.IX.1981 ;
формат бумаги 60x90^I/16; Бумага офс.; Печ.л. 4,5; Уч.-изд.л.3,6;

УЭ 01197; Тираж 500; Заказ 3754
Цена 45 коп.

Издательство "Мецниереба", Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19.

Типография АН ГССР, Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19.