

ПЕТРОГРАФИЯ

С. А. ПАЛАНДЖЯН

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ПЕТРОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ
УЛЬТРАОСНОВНЫХ ПОРОД АРМЯНСКОЙ ССР

В в е д е н и е

Гетерогенность ультраосновных пород в настоящее время принимается большинством исследователей, что, в частности, нашло свое выражение в сводной работе Ю. А. Кузнецова [4] по магматическим формациям. Наряду с геологическими данными (приуроченность ультраосновных пород к определенным этапам развития геосинклинали, пространственная связь с определенными типами вмещающих пород) важная роль при выделении двух главных типов ультраосновных пород—продуктов первичной ультраосновной и дифференциатов габбровой магмы—придается также их химическому составу. За последние 30 лет выработаны петрохимические критерии для обеих указанных групп ультраосновных пород, среди которых наиболее важными являются магнезиальность и нормативный минеральный состав. Работа Г. Хесса [16] явилась началом детального изучения петрохимии гипербазитов; в дальнейшем Н. Д. Соболевым [11, 12] был разработан графический метод изображения составов ультраосновных пород. Возможность определения первичных минеральных составов серпентинизированных пород позволяет использовать для петрохимических построений многочисленные анализы серпентинитов. Метод Н. Д. Соболева получил широкое распространение и используется рядом исследователей [10, 15, 7, 13 и др.].

Уже Г. Хессом были показаны различия в магнезиальности ультраосновных пород—производных гипербазитовой и габброндной магм. Многочисленные исследования петрохимических особенностей ультраосновных пород различных районов Советского Союза подтвердили их гетерогенность; в настоящее время многие исследователи выделяют две генетические группы ультраосновных пород в пределах Большого Кавказа, Урала, Алтае-Саянской складчатой области, Украинского кристаллического массива и других областей. Сводка по этому вопросу имеется в работе Н. Д. Соболева [12].

Геологическое положение ультраосновных пород Армянской ССР*

На территории Армянской ССР ультраосновные породы имеют наибольшее распространение по северо-восточному побережью оз. Севан. Здесь они входят в состав ряда крупных и средней величины массивов [1]: Карайман-Зодского, Кясаманского, Шишканинского, Джиль-Сатанахачского, Шоржинского. Продолжением этого пояса к западу являются выходы ультраосновных пород в Степанаванском и Амасийском районах. Другая самостоятельная группа выходов расположена в Вединском районе; здесь ультраосновные породы слагают небольшие тела. В строении массивов принимают участие также габброидные породы, причем в разных массивах их площадное развитие неодинаково; в наиболее крупном Карайман-Зодском массиве гипербазиты значительно преобладают. В ряде работ был показан досенонский возраст большинства массивов северо-восточного побережья оз. Севан: Карайман-Зодского, Кясаманского (Татевосян, Меликян и Саркисян, Паланджян), Джиль-Сатанахачского (Арутюнян, Книппер и Костанян). К. Н. Паффенгольц [9] придерживается мнения о верхнеэоценовом возрасте ультраосновных пород. Это же представление разделяет С. Б. Абовян [1].

Геологические наблюдения в юго-восточной части Севанского хребта позволяют выделить две группы ультраосновных пород:

1. Ультраосновные породы, предшествующие внедрению габброидов, представленные серпентинитами, гарцбургитами с резко подчиненными количествами дунитов, лерцолитов и верлитов, содержащие также небольшие шлировидные тела пироксенитов (преимущественно бронзититов). Эти породы имеют широкое распространение и слагают крупные массивы.

2. Небольшие тела жильной и неправильной формы, секущие габбро и наиболее поздние лейкократовые габбро; представлены они пироксенитами (вебстеритами и диаллагитами) и верлитами. Характерна тесная пространственная связь верлитов с лейкократовыми габбро. Эта группа ультраосновных пород не играет заметной роли в строении интрузивных массивов.

Аналогичные взаимоотношения между пироксенитами (вебстеритами и диаллагитами) и габбро указываются С. Б. Абовяном и для других массивов. На основании геологических наблюдений догаббровые ультраосновные породы, пространственно тесно связанные с досенонской вулканогенно-осадочной толщей, рассматриваются автором как самостоятельный гипербазитовый комплекс, а верлиты и пироксениты, близкие по возрасту габбровым породам — как продукты дифференциации габбровой магмы и объединяются вместе с различными габбро и плагиогранитами в габброидный интрузивный комплекс.

* В статье рассматриваются ультраосновные породы офиолитовой формации.

Петрохимические особенности ультраосновных пород

Специальные исследования по обсуждаемому вопросу в литературе по ультраосновным породам Армянской ССР отсутствуют. В разделе книги С. Б. Абовяна [1], посвященном химическим особенностям ультраосновных и основных пород северо-восточного побережья оз. Севан, производится сравнение этих пород с таковыми из Урала и Азербайджанской ССР, однако не делаются какие-либо петрогенетические выводы. Все предыдущие исследователи, касающиеся в своих работах вопроса о происхождении ультраосновных пород Армянской ССР, приходят к выводу о единой магме, дифференциация которой привела к образованию ультраосновных и основных интрузивных пород [2, 9, 1 и др.]. Характер исходной магмы различными исследователями толкуется по-разному. Согласно большинству авторов, первоначальная магма была основного состава; по Т. Ш. Татевосяну, А. Л. Книпперу и Ю. А. Костаняну [3], имело место внедрение перидотитовой магмы.

Для петрохимической характеристики указанных двух групп ультраосновных пород нами использовано 72 химических анализа. Анализы ультраосновных пород Армянской ССР, большинство которых собрано в сборнике «Химические составы изверженных и метаморфических горных пород Армянской ССР» (Изд. АН Арм. ССР, 1962), имеются в печатных работах [5, 2, 9, 14, 1, 3], а также в рукописных работах С. Б. Абовяна, Ш. О. Амиряна, Ю. А. Арапова, Л. С. Меликяна, Г. О. Пиджяна, Г. А. Саркисяна, Т. Ш. Татевосяна. Кроме того, в нашем распоряжении имеется 14 неопубликованных анализов ультраосновных пород Каранман-Зодского и Кясаманского массивов, приведенных в таблице.

Распределение анализов по отдельным районам крайне неравномерное. Большинство анализов (59) относится к ультраосновным породам северо-восточного побережья оз. Севан, 7 анализов имеются для Амасийских пород и по три анализа для ультраосновных пород Степанаванского и Вединского районов. Естественно, что выводы, вытекающие из рассмотрения имеющихся анализов, справедливы прежде всего для ультраосновных пород северо-восточного побережья оз. Севан. Однако для анализов, относящихся к остальным группам выходов, не наблюдалось каких-либо отклонений от выявленных закономерностей; поэтому в дальнейшем мы не указываем на принадлежность отдельных анализов к конкретным интрузивам.

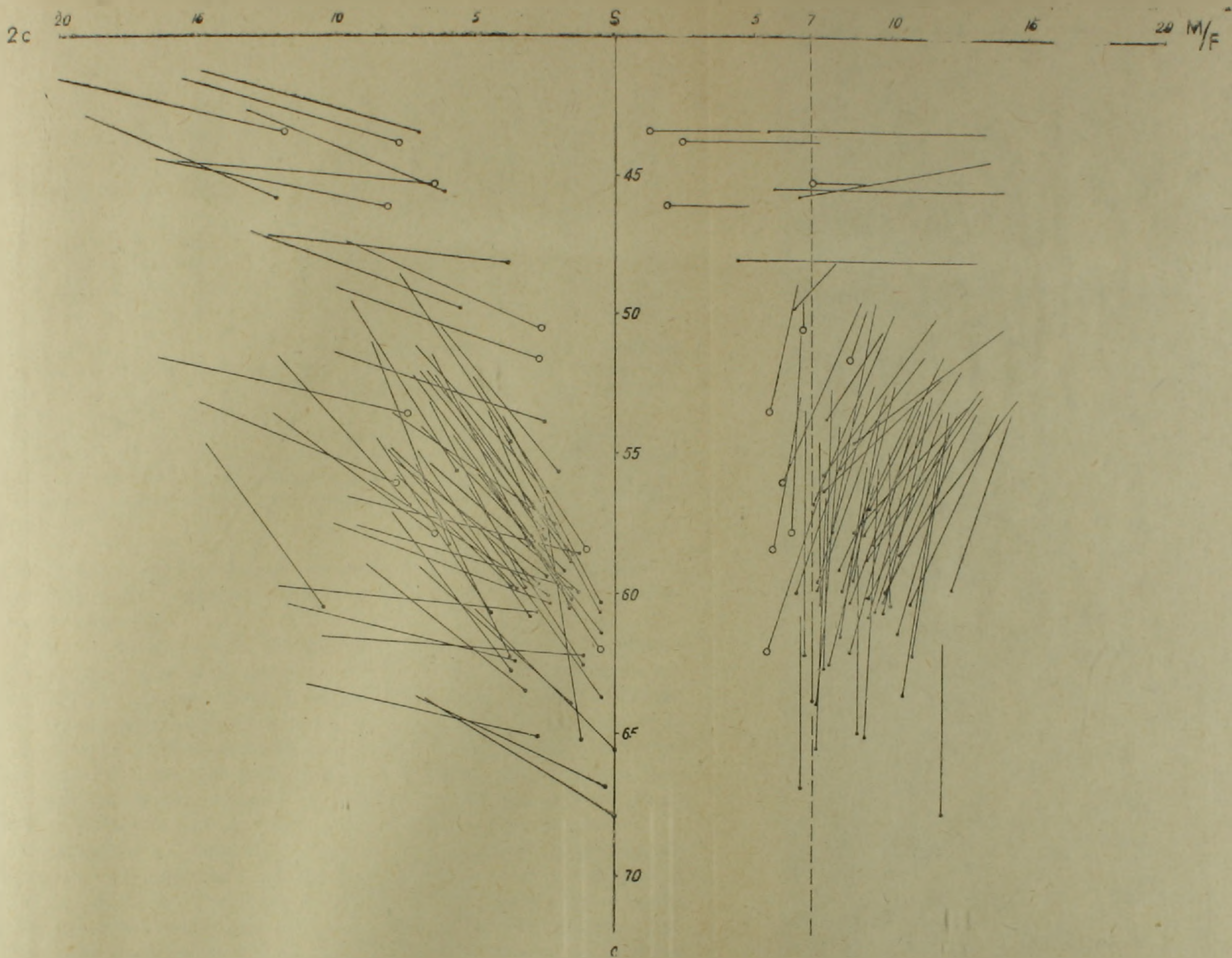
При рассмотрении диаграммы (фиг. 1) становятся очевидными различия в химическом составе двух генетических групп ультраосновных пород. Наиболее характерные петрохимические особенности ультраосновных пород гипербазитового комплекса следующие:

1. Большинство анализов относится к перидотитам гарцбургитового состава (слабо наклонные длинные векторы в правом поле диаграммы). Дуниты (вертикальные длинные векторы) имеют незначительное распространение, так же как и верлиты, лерцолиты и пироксениты ультраосновной магмы; векторы пироксенитов расположены в верхней ча-

Таблица 1

Химические анализы ультраосновных пород юго-восточной части Севанского хребта

№№ п.п.	№№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	NiO	CoO	K ₂ O	Na ₂ O	С _{общ.}	H ₂ O	п.п.п.	Сумма
1	543	40,54	0,08	2,57	0,16	3,34	5,13	0,31	40,01	0,12	0,49	0,025	0,03	0,08	0,26	0,43	7,23	100,805
2	91	37,62	0,07	3,07	0,23	4,73	3,52	2,25	36,63	0,07	0,30	нет	0,10	0,10	0,08	0,19	12,01	100,97
3	161	37,78	сл.	2,77	0,27	4,48	2,76	1,13	37,87	0,07	0,20	не опр.	сл.	0,013	не опр.	0,45	12,25	100,043
4	311	37,31	0,11	6,34	0,19	6,23	2,73	0,39	33,46	0,12	0,32	0,025	0,02	0,06	0,36	0,34	11,65	99,655
5	518	37,37	0,08	4,08	0,11	6,44	1,12	0,15	37,33	0,11	0,38	0,025	0,01	0,09	0,30	0,70	12,14	100,435
6	761	37,31	0,04	2,53	0,15	6,36	1,60	0,15	38,78	0,10	0,32	нет	0,01	0,05	0,26	0,48	11,96	100,10
7	926	46,87	0,11	4,56	0,47	2,57	3,52	16,28	21,80	нет	нет	нет	нет	0,30	0,06	0,17	4,21	100,92
8	937	45,42	сл.	1,88	0,33	2,63	3,48	11,56	26,55	0,42	сл.	сл.	0,12	0,03	не опр.	0,97	6,59	99,98
9	136	48,97	0,13	2,18	0,32	2,16	2,73	18,64	21,95	0,08	нет	нет	0,35	0,17	0,30	0,13	2,65	100,76
10	837	36,44	0,07	6,47	0,10	4,75	5,45	1,75	33,66	0,11	0,22	нет	нет	нет	0,27	0,16	11,52	100,97
11	845	42,00	сл.	0,86	0,32	7,92	2,34	8,23	29,86	0,10	0,05	не опр.	0,002	0,065	не опр.	0,22	7,65	99,617
12	875	35,94	сл.	5,32	0,31	5,98	3,62	5,39	32,45	0,10	0,02	не опр.	0,002	0,018	не опр.	0,52	9,97	99,64
13	1004	39,85	сл.	6,30	0,15	3,05	6,10	9,94	27,10	сл.	0,05	не опр.	0,002	0,18	не опр.	0,25	6,60	99,572
14	1016	38,81	сл.	0,12	0,50	9,33	2,55	4,75	33,72	0,10	0,02	не опр.	сл.	0,032	не опр.	0,65	9,53	100,112



Фиг. 1. Диаграмма химического состава ультраосновных пород Армянской ССР по методу Н. Д. Соболева (точки—гипербазитовый комплекс, кружки—ультраосновные породы габброндного комплекса).

Параметры по Н. Д. Соболеву

№№ п.п.	№№ обр.	2c	s	b	x	y	z	h	M/F
1	543	2,8	36,9	60,3	1,1	26,1	72,8	22,8	8,4
2	91	3,7	36,6	59,7	9,7	17,8	72,5	37,1	8,1
3	161	3,4	36,8	59,8	4,9	22,8	72,3	51,0	9,7
4	311	7,3	35,9	56,8	1,7	30,2	68,1	54,1	7,1
5	518	4,9	36,9	58,2	0,7	31,7	67,6	72,8	9,2
6	761	3,0	36,2	60,8	0,7	23,3	76,0	60,6	9,0
7	926	5,5	44,8	49,7	70,3	13,8	15,9	24,3	6,7
8	937	2,5	43,7	53,8	48,2	20,1	31,7	24,6	7,6
9	136	2,7	45,7	51,6	76,9	5,5	17,6	25,2	8,4
10	837	7,8	36,2	56,0	8,0	28,0	64,0	29,2	6,0
11	845	1,0	40,6	58,4	34,6	11,5	53,9	60,5	5,6
12	875	6,4	35,8	57,8	24,5	4,1	71,4	43,2	6,3
13	1004	7,4	39,1	53,5	44,2	10,0	45,8	18,3	5,5
14	1006	0,5	37,5	62,0	11,6	21,4	62,0	62,0	5,4

Ультраосновные породы гипербазитового комплекса: 543 — гарцбургит, Каранман-Зодский массив; 91 и 161 — серпентиниты, Джанахмедский перевал; 311 — серпентинит, Кясаманский массив; 518 и 761 — серпентиниты, Каранман-Зодский массив; 926 и 937 — пироксениты, Каранман-Зодский массив.

Ультраосновные породы габброидного комплекса, 136 — пироксенит, Каранман-Зодский массив; 837, 845, 875 и 1016 — серпентинизированные перидотиты, Кясаманский массив; 1004 — серпентинизированный перидотит, истоки р. Шамхор.

Анализы произведены в химических лабораториях ИГН АН Арм. ССР и Госгеолкомитета Арм. ССР.

сти диаграммы, горизонтальное или близкое к нему расположение и значительная длина векторов говорит о богатстве пироксенитов ромбическим пироксеном.

2. Кучное расположение фигуративных точек перидотитов и дунитов в правом поле диаграммы говорит о слабой дифференцированности исходной ультраосновной магмы. В пользу такого вывода свидетельствует также незначительный разброс величины b для перидотитов и дунитов: она колеблется в пределах от 55 до 68, причем наиболее часто встречаются значения b , близкие к 60 (65% всех случаев). Пироксениты ультраосновной магмы характеризуются меньшими значениями b — от 44 до 54 и соответственно располагаются в верхней части диаграммы.

3. Обращает на себя внимание высокая степень серпентинизации большинства перидотитов и дунитов (значительный наклон векторов в левом поле диаграммы*). Пологие векторы, характерные для свежих ультраосновных пород, оказываются в меньшинстве. Пироксениты серпентинизированы незначительно, что является результатом небольшого содержания в них оливина.

* В отличие от предложенного Н. Д. Соболевым способа при построении вектора в левой половине поля в вертикальном направлении нами откладывалось молекулярное количество Fe_2O_3 , а в горизонтальном — FeO . При таком построении получается соответствие между крутизной векторов в обеих половинах поля, выражающей зависимость степени серпентинизированности от содержания оливина в породе.

4. Величины характеристики $2c$ распределены в гарцбургитах и дунитах более или менее равномерно, что свидетельствует в пользу одинакового содержания хромшпинелидов в этих породах. Для лерцолитов и верлитов величина $2c$ ниже. Поэтому значительные скопления хромита можно ожидать именно в дунитах и гарцбургитах. С другой стороны, пироксениты не могут содержать месторождений хромита, однако не только по причине незначительной их распространенности [12], а в связи с тем, что большая часть алюминия в них связана с пироксенами, что резко искажает характеристику $2c$, которая, по Н. Д. Соболеву, должна выражать количество виртуального хромшпинелида. В действительности содержание его в пироксенитах незначительное.

5. Величина коэффициента M/F , выражающего магнезиальность пород, для перидотитов и дунитов практически не опускается ниже семи: наиболее часто встречаются значения, близкие к девяти. Заметного разброса и здесь не наблюдается, что также свидетельствует в пользу незначительной дифференцированности исходной магмы. Кривая распределения различных величин M/F для ультраосновных пород гипербазитового комплекса (фиг. 2) обладает резким максимумом при значении M/F , равном девяти. В пироксенитах ультраосновной магмы величина M/F опускается до четырех.

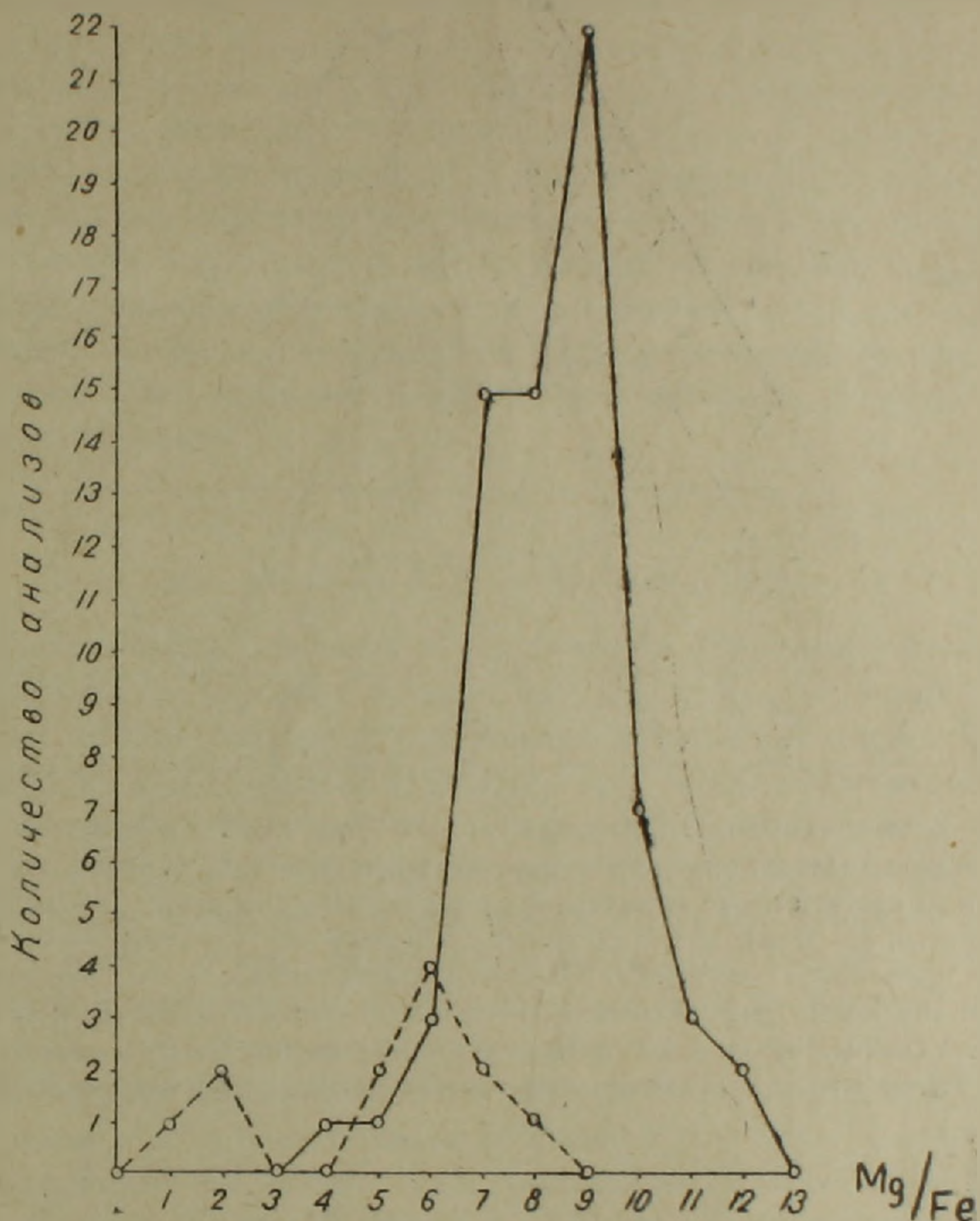
Несмотря на небольшое число анализов ультраосновных пород габброидного комплекса (12), наблюдаются совершенно определенные петрохимические различия их от ультрабазитов первой группы. Это, прежде всего, пониженная магнезиальность (коэффициент M/F варьирует от 1 до 8), средняя величина которой равна пяти, и богатство моноклинным пироксеном (укороченные векторы в первом поле диаграммы).

Различия в нормативном минеральном составе двух групп ультраосновных пород отчетливо видны на классификационной диаграмме И. А. Малахова [6], на которую нанесены результаты пересчета всех анализов (фиг. 3). Большинство анализов ультраосновных пород гипербазитового комплекса располагаются в поле гарцбургитов и оливиновых гарцбургитов. Анализы дунитов, лерцолитов и верлитов немногочисленны; обращает на себя внимание богатство верлитов оливином (все точки их анализов располагаются в поле оливиновых верлитов). Пироксениты ультраосновной магмы попадают преимущественно в поля энстатититов и оливиновых энстатититов.

Распределение породообразующих минералов в ультраосновных породах гипербазитового комплекса наглядно иллюстрируется кривыми частоты встречаемости различных содержаний оливина, ромбического и моноклинного пироксенов (фиг. 4). Наиболее распространены породы, содержащие 60—75% оливина, 15—40% ромбического пироксена и 0—10% диопсида, т. е. отвечающие по составу гарцбургитам. Отсутствие пород с содержанием ромбического пироксена около 10% определенно указывает на границу между дунитами и оливиновыми гарцбургитами.

Ультраосновные породы габброидного комплекса характеризуются значительным разбросом точек в треугольнике (фиг. 3). Пироксениты

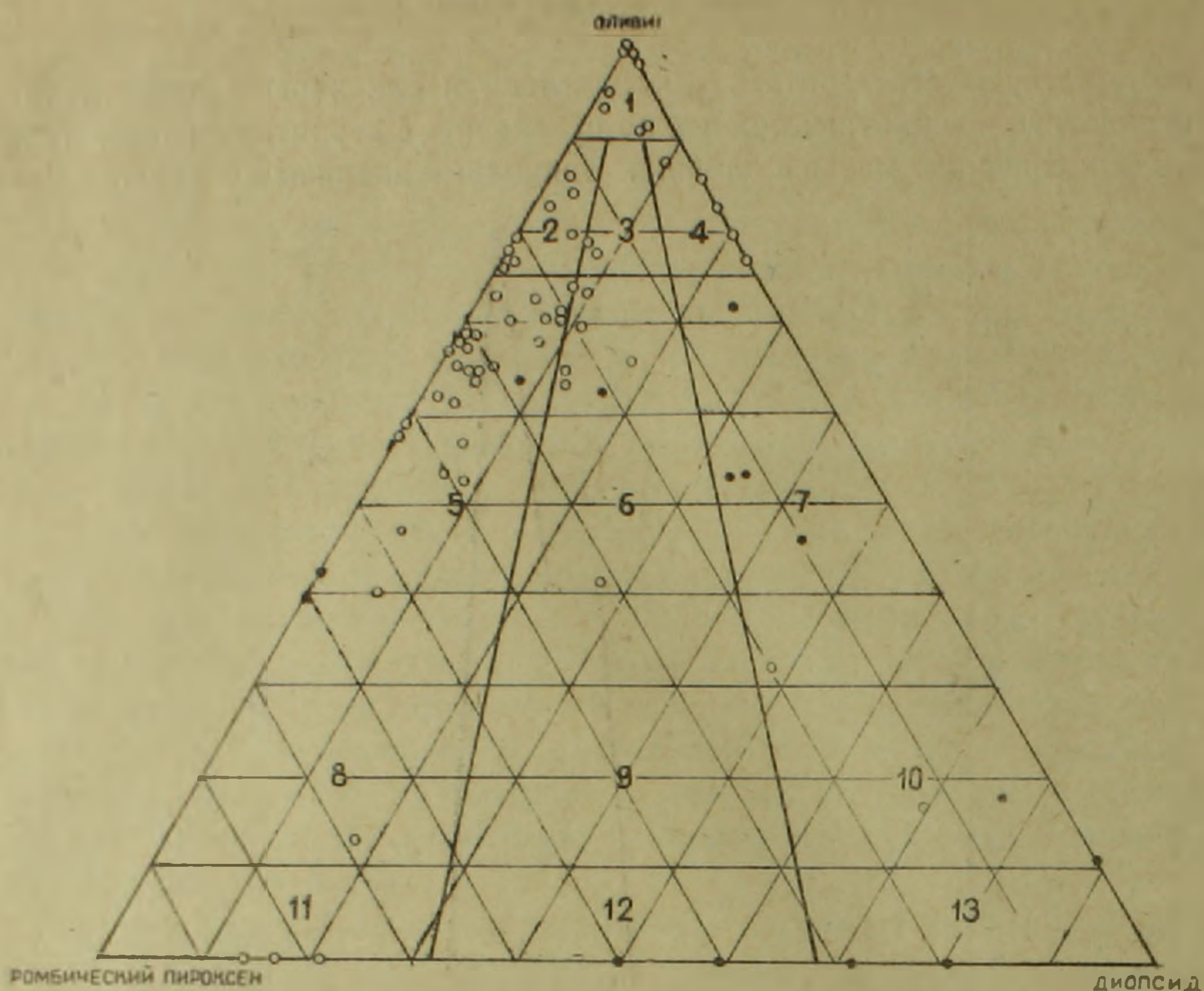
соответствуют вебстеритам, диаллагитам и оливиновым диаллагитам, перидотиты—верлитам, причем по сравнению с верлитами первой группы они содержат меньше оливина. Единичные анализы попадают в поля



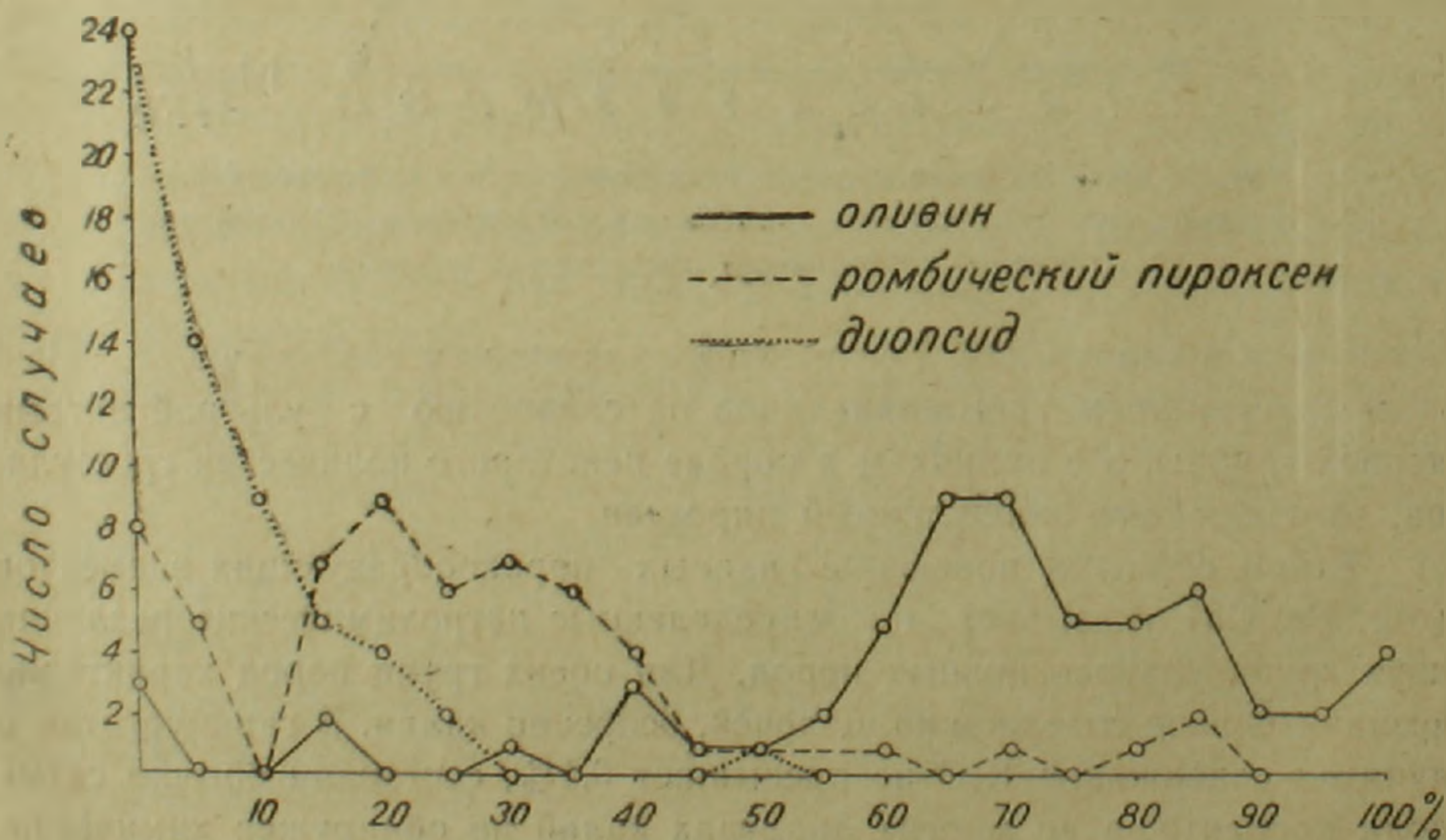
Фиг. 2. Распределение величин отношения М/Е в ультраосновных породах; сплошная линия — гипербазитовый комплекс (69 анализов), пунктир — габброидный комплекс (12 анализов).

лерцолита и гарбургита. Богатство их алюминием связано не с большим содержанием хромшпинелидов по сравнению с ультрабазитами первой группы, а с наличием в породе некоторого количества гроссуляра, замещающего моноклинный пироксен.

Таким образом, поведение главных породообразующих элементов (Mg, Fe, Ca) указывает на определенные петрохимические различия двух групп ультраосновных пород. Для обеих групп пород характерно незначительное содержание щелочей, особенно калия. В гарцбургитах и дунитах содержание K_2O не превышает 0,1%, составляя обычно сотые доли процента, а во многих анализах калий не обнаружен химически. Низкие содержания щелочей характерны и для верлитов габброидного



Фиг. 3. Классификационная диаграмма ультрабазитов по И. А. Малахову (1963), с нанесением анализов ультраосновных пород Армянской ССР. Отдельные поля диаграммы соответствуют следующим типам пород: — 1 дуниты; 2 — оливиновые гарцбургиты; 3 — оливиновые лерцолиты; 4 — оливиновые верлиты; 5 — гарцбургиты; 6 — лерцолиты; 7 — верлиты; 8 — оливиновые энстатититы; 9 — оливиновые вебстериты; 10 — оливиновые диаллагиты; 11 — энстатититы; 12 — вебстериты; 13 — диаллагиты. Условные обозначения: полые кружки — гипербазитовый комплекс, закрашенные кружки — ультраосновные породы габброидного комплекса.



Фиг. 4. Характер распределения нормативных породообразующих минералов в ультраосновных породах гипербазитового комплекса.

комплекса; пироксениты этой группы содержат сравнительно больше щелочей, особенно натрия. В среднем во второй группе ультраосновных пород щелочей относительно больше, однако все они остаются в разряде щелочноземельных пород (низкие значения щелочного модуля).

В гарцбургитах и апогарцбургитовых серпентинитах наблюдаются незначительные содержания глинозема: среднее содержание Al_2O_3 составляет 1,65%; перидотиты габброидного комплекса гораздо богаче алюминием, однако распределение его неравномерно. Наконец, для всех перидотитов и дунитов характерно почти полное отсутствие титана. Для ультраосновных пород первой группы среднее содержание TiO_2 составляет 0,03%; такие же незначительные количества титана наблюдаются и в верлитах габброидного комплекса. Пироксениты этой группы гораздо богаче титаном; здесь содержание TiO_2 в отдельных анализах достигает одного процента.

З а к л ю ч е н и е

Петрохимические особенности гипербазитов (преимущественно гарцбургитовый состав, высокая магнезиальность, слабая степень дифференциации, низкие содержания алюминия и кальция) позволяют рассматривать их как продукты кристаллизации первичной перидотитовой магмы, обладавшей гарцбургитовым составом (гипермагбазиты по Н. Д. Соболеву). Небольшие тела пироксенитов и верлитов, пространственно тесно связанные с габбро и секущие их, являются дифференциатами габбровой магмы, о чем свидетельствуют петрохимические отличия от гипербазитов гарцбургитового комплекса (пониженная магнезиальность, богатство кальцием и алюминием), а также их геологическое положение.

Наблюдается близость химизма гипербазитов Армянской ССР и других районов Советского Союза (Кавказ, Урал, Алтай-Саянская область, Казахстан), изученных Н. Д. Соболевым [11], И. А. Малаховым [6], Г. В. Пинусом и др. [10], Н. П. Михайловым [7] и многими другими исследователями. Такая близость химизма гипербазитов еще раз свидетельствует о выдержанности их состава в различных складчатых поясах, независимо от возраста, и о специфичности состава исходной гарцбургитовой магмы.

Вместе с тем следует отметить, что значения коэффициента M/F для отдельных пород, больше семи, еще не могут быть основанием для отнесения этих пород к гипербазитовой формации, так как для бронзититов, несомненно связанных с гарцбургитовой магмой, магнезиальность опускается до четырех, а в некоторых диаллагитах, секущих габбро и генетически связанных с основной магмой, значения коэффициента M/F достигают восьми. Только обработка большого числа анализов может дать удовлетворительные данные о магнезиальности пород, причем основанием отнесения ультраосновных пород к различным генетическим группам должно быть прежде всего их геологическое положение.

Характеристика 2с, приблизительно верно отражающая количество нормативного хромшпинелида для дунитов и гарцбургитов, не имеет реального значения для пироксенитов и перидотитов, богатых моноклинным пироксеном. В связи с этим следует выработать «норму» алюминия, связывающегося с хромом для образования хромшпинелида. Полученная таким образом характеристика 2с будет правильнее отражать содержание в породе хромшпинелида, которое имеет определенное значение для оценки возможной рудоносности отдельных интрузивов.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 18.VI.1965.

Ս. Ա. ՓԱԼԱՆԺՅԱՆ

ՈՐՈՇ ՏՎՅԱԼՆԵՐ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ՈՒՆՏՐԱՀԻՄՔԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՊԵՏՐՈՔՐԻՄԻԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎԵՐԱՔԵՐՅԱԼ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Պետրոքիմիական առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունը, ինչպես նաև երկրաբանական դիրքը և հասակային փոխհարաբերությունները, թույլ են տալիս առանձնացնել ուլտրահիմքային ապարների երկու խումբ, որոնք ունեն տարբեր ծագում.

ա) գաբրոիդներից առաջ ներդրված ուլտրահիմքային ապարներ՝ հարց-րուրգիտներ, դունիտներ և այլն, որոնց համար բնորոշ են մագնեզիում-երկաթային բարձր հարաբերությունը, կալցիումի և ալյումինիումի չնչին պարունակությունը: Ապարների այս խումբը ուլտրահիմքային մագմայի ներդրման արդյունք է.

բ) գաբրոիդների հետ սերտորեն կապված և նրանց հատող վերլիտների և պիրոքսենիտների խումբը, որոնց համար բնորոշ են մագնեզիում-երկաթային հարաբերության 7-ից ցածր լինելը, կալցիումի և ալյումինիումի ավելի բարձր պարունակությունը: Ուլտրահիմքային ապարների այս խումբը առաջացել է հիմքային մագմայի դիֆերենցիացիայի հետևանքով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абовян С. Б. Геология и полезные ископаемые северо-восточного побережья оз. Севан. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1961.
2. Гинзберг А. С. Геолого-петрографическое описание северо-восточного побережья оз. Севан. Сб. «Бассейн озера Севан (Гокча)», т. 1. Изд. АН СССР, 1929.
3. Книппер А. Л., Костанян Ю. Л. Возраст гипербазитов северо-восточного побережья оз. Севан. Изв. АН СССР, сер. геол., № 10, 1964.
4. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. Изд. «Недра», 1964.
5. Лебедев П. И. Петрографический очерк Шоржинского месторождения хромистого железняка (оз. Гокча, Армения). Изв. Ленингр. политехн. инст., 1928.
6. Малахов И. А. Петрохимия гипербазитов Урала. Сб. «Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала», т. 1, Свердловск, 1963.
7. Михайлов Н. П. Интрузивные офиолитовые комплексы Восточного Казахстана. ВСЕГЕИ, нов. серия, т. 80, Ленинград, 1962.

8. Паланджян С. А. К геологии ультраосновных и основных интрузивных пород северо-восточного побережья оз. Севан. Изв. АН Арм. ССР, науки о Земле, 1965, № 1.
9. Паффенгольц К. Н. Бассейн озера Гокча (Севан). Тр. ВГРО, вып. 219, 1934.
10. Пинус Г. В., Кузнецов В. А., Волохов И. М. Гипербазиты Алтае-Саянской складчатой области. Изд. АН СССР, 1958.
11. Соболев Н. Д. Ультрабазиты Большого Кавказа. Госгеолиздат, 1952.
12. Соболев Н. Д. К петрохимии ультраосновных горных пород. Геохимия, № 8, 1959.
13. Танатар-Бараш З. И., Ильвицкий М. М., Романенко Г. Н. К петрохимии ультраосновных пород Украинского кристаллического массива. Изв. АН СССР, сер. геол., 1964, № 7.
14. Татевосян Т. Ш. К петрографии основных и ультраосновных пород Амасийского района. Изв. АН Арм. ССР, т. III, № 2, 1950.
15. Эдельштейн И. И. Петрология и геохимия гипербазитов Урало-Тобольского района на Южном Урале. Уч. зап. Саратовск. госуниверсит., вып. геологич., т. 67, 1961.
16. Hess H. H. A primary peridotite magma. Amer. J. Sci., vol. 35, № 209, 1938.