Известия АН Армянской ССР, Науки о Земле, XXXIII, № 2, 25—37, 1980

УДК 549.642 : 552.323.4/5(479.25)

Н. Я. ЦЕНТЕР, И. Г. ЛЯПИЧЕВ, В. Н. КУРАНОВА

ОБ ИЗМЕНЕНИИ СОСТАВА ПИРОКСЕНА В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВЕРХНЕЮРСКИХ-НИЖНЕМЕЛОВЫХ БАЗАЛЬТОВЫХ И АНДЕЗИТОВЫХ ЛАВ КАФАНСКОГО РАЙОНА

В изменении состава пироксенов от фенокристаллов к микролитам в изученных лавах существенную роль играет лишь тренд Mg→Fe, характерный для кварц-нормативных серий. Кристаллизация пироксенов начинается в базальтах и андезитах разными составами (в андезитах более железистыми), а заканчивается одинаково. Сравнение составов пироксенов ранней и поздней генераций в породах, пересыщенных и недосыщенных кремнекислотой, позволяет полагать, что различие их определяется разным ходом изменения состава расплава в процессе кристаллизации этих лав. Составы же остаточных расплавов, из которых выпадают микролиты пироксена, зависят как от первоначального состава расплава, так и от условий остывания (градиентов температуры и давления).

Ранее нами было предпринято несколько попыток определить изменение состава пироксена в процессе кристаллизации лав разного состава [5, 4]. По нашему мнению, из характера изменчивости породообразующих минералов можно извлечь более полную информацию для петрологических реконструкций, чем просто из их состава. Однако объектом такого исследования прежде могли служить лишь редкие породы, в которых пироксены разных генераций резко различаются по физическим свойствам (в том числе и по цвету) и потому могли быть отделены друг от друга электромагнитом и под бинокулярной лупой.

С появлением рентгеноспектральных микроанализаторов стало реальным определение состава фенокристаллов и микролитов основной массы практически в любых породах. Прогресс в развитии методики этого анализа сделал возможным получение результатов, качество которых позволяет находить место составов генераций пироксена, определенных микрозондовым анализом, в созданных ранее [1, 2] на основании результатов химических анализов общих схемах изменения химизма пироксенов в разных типах пород.

В настоящей работе объектом исследования были титон-валанжинские лавы Кафанского антиклинория. Названный комплекс, по данным А. Х. Мнацаканян [3], дифференцирован от базальтов до липаритов при резком преобладании андезито-базальтов и андезитов. Петрохимическая, геохимическая и минералогическая характеристики лав даны в цитируемой статье. Главными породообразующими минералами являются плагиоклаз, из темноцветных—нацело преобразованный оливин, моноклин-

ный пироксен и магнетит. Пикросен относится к слабо известковистому, железистому авгиту.

Нами были исследованы потоки базальтов и андезитов в их вертикальном сечении: в закалочных зонах (в подошве и кровле) и в средней части; такой метод дает возможность более достоверно установить, какие минералы образовались в интателлурическую, а какие в эффузивную фазу. Наиболее удобные места для разрезов любезно указаны нам А. Х. Мнацаканян. На восточном фланге структуры были изучены базальто-

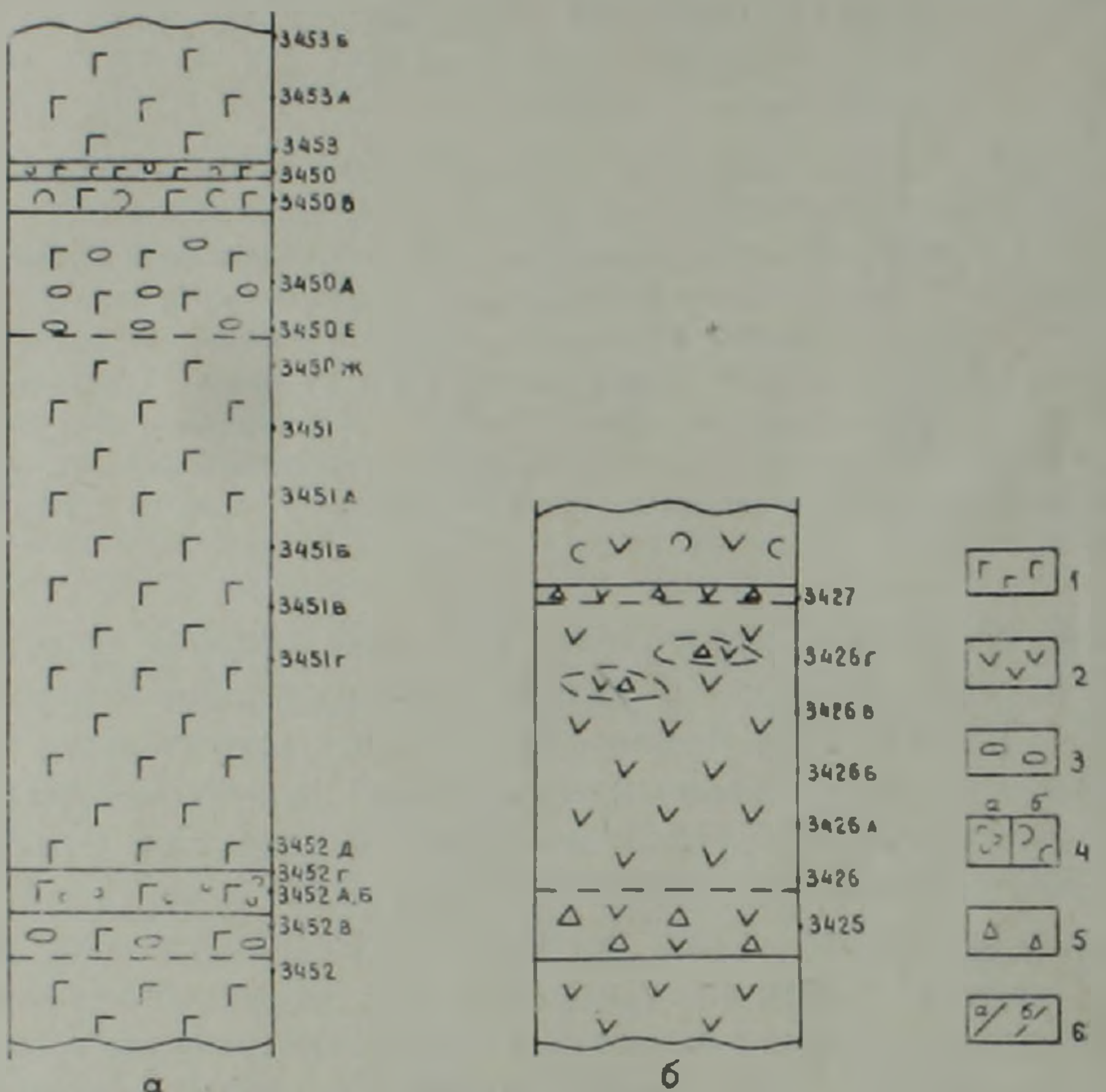

Рис. 1. Схемы опробования потоков: а) базальтов близ с. Хдранц, б) андезитов в левом борту р. Охчи. 1—базальты, 2—андезиты, 3—миндалекаменные лавы, 4—туфы: а) мелко- и среднеобломочные (2мм), б) крупнообломочные (2—10 мм), 5—шлаковые брекчии, 6—границы: а) геологических тел (лавовых потоков, прослоев туфов), б) текстурных и структурных зон внутри потоков. Знаки 3—5 накладываются на знаки состава.

вые потоки возле с. Хдранц; на западном крыле антиклинория—один из потоков андезитов (наиболее типичных для этой части вулканичеокой толщи), хорошо выраженный в левом борту р. Охчи (выше старой дороги Кафан-Каджаран, напротив с. Джрахор). Изученные потоки имеют зоны закалки, хотя выраженные различно (рис. 1): для базальтов в окрестностях с. Хдранц характерны миндалекаменные зоны в кровле мощностью 5—6 *м*, при мощности потока 36 *м* и около 2м в менее мощных

потоках; андезитовый поток в западной части структуры при мощности 20 м имеет зоны шлаковых брекчий в подошве и кровле мощностью 4 и 1 м соответственно.

Породы характеризуются повышенной щелочностью, преимущественно натриевой, но являются кварцнормативными вследствие высокой окисленности железа и малого количества в норме ортопироксена. Колебания содержаний SiO_2, MgO, TiO_2 и пр. (табл. 1) в потоке не закономерны, лишь степень окисленности пород существенно возрастает в шлаках закалочных зон (табл. 1, № 1, 4, 5, 12)—сказанное позволяет предположить, что дифференциации расплава в потоках нет, а нестабильность химического состава связана с постмагматическими изменениями, присущими всей толще. Эти колебания не всегда коррелируются с количеством вторичных минералов (хлорита, эпидота и пр.), наблюдаемых в шлифах, так как распределены они в породе неравномерно, и единичный шлиф, видимо, не является достаточно представительным. В пользу предположения о значительной роли вторичных минералов в изменении состава пород свидетельствуют заметные колебания потерь при прокаливании.

Петрографические наблюдения по разрезу потока позволяют установить последовательность кристаллизации минералов в эффузивную стадию. Из табл. 2 видно, что от зон закалки к средней части потока заметно увеличивается степень раскристаллизации основной массы, что выражено в уменьшении или полном исчезновении стекла, увеличении количества и размера зерен плагиоклаза, пироксена и рудного минерала. Здесь следует отметить, что в зонах закалки большая часть уже появившихся кристаллов представлена плагиоклазом. В средней части потоков базальтов в основной массе микродолеритовой структуры вместе с идиоморфными плагиоклазом и пироксеном наблюдается ксеноморфный рудный минерал, а в случае микроофитовой структуры также и ксеноморфный пироксен, что указывает на их наиболее позднюю докристаллизацию.

Определение состава пироксенов вкрапленников и микролитов основной массы в описанных породах сильно затруднено. Темноцветные частично изменены, присутствие в породе эпидота и хлорита не позволяет выделить чистый пироксен в достаточном для химического анализа количестве. Решение этой задачи не всегда возможно даже с помощью электроннозондового микроанализа в прозрачно-полированных шлифах, так как в олигофировых породах вкрапленники редко попадают в шлиф. Поэтому мы были вынуждены определять состав пироксена в отдельных зернах, отобранных под бинокулярной лупой из электромагнитных концентратов[1]. Как уже отмечалось, и в средней части потоков, и в зонах закалки пироксен присутствует и в редких фенокристаллах, и в основной массе, но в различных количественных соотношениях.

---

[1] Концентраты выделены в лаборатории мономинеральных фракций ВСЕГЕИ Л. Н. Ужиновой.

Таблица I

Состав титон-валанжинских лав Кафанского антиклинория (в изученных разрезах)

№№ проб / Окислы	3453Б	3453А	3453	3450Д	3450Е	3451	3451А	3451Б	3451В	3451Г	3452Д	3452	3427	3426Г	3426В	3426Б	3426	3425
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO_2	56,17	51,56	51,65	50,20	49,74	52,16	52,45	50,84	54,00	51,81	56,52	50,51	53,87	57,73	58,65	58,09	57,70	59,02
TiO_2	1,58	1,30	1,41	2,13	2,03	2,43	2,20	2,53	2,02	2,24	2,04	1,89	1,72	1,09	1,09	1,12	1,12	1,13
Al_2O_3	17,13	17,63	17,44	15,06	17,76	16,78	16,34	16,39	16,89	16,75	17,15	17,56	15,13	17,78	16,85	16,53	17,04	17,04
Fe_2O_3	7,44	6,50	6,78	9,33	7,79	9,02	8,73	6,66	6,17	7,19	6,66	10,89	6,42	3,04	3,87	4,00	4,06	8,08
FeO	0,93	2,37	2,29	1,04	1,22	1,50	2,08	4,01	3,72	3,08	2,53	0,43	2,83	3,00	2,57	2,90	3,12	0,29
MnO	0,11	0,14	0,11	0,14	0,15	0,14	0,11	0,17	0,14	0,15	0,12	0,07	0,22	0,11	0,11	0,09	0,09	0,08
MgO	2,26	4,49	4,55	2,87	3,21	3,24	3,02	3,64	2,99	3,64	2,68	3,84	4,15	2,72	2,73	2,99	3,16	1,61
CaO	5,40	9,18	8,97	5,50	6,32	7,26	7,04	7,77	7,04	7,49	6,20	7,59	5,05	4,37	5,38	5,80	5,30	3,10
Na_2O	5,34	3,77	3,78	5,00	5,67	4,43	5,68	4,31	4,69	4,55	5,00	4,05	6,10	5,00	4,90	5,00	4,69	7,88
K_2O	1,37	0,83	0,77	1,55	1,09	0,92	0,89	0,85	0,97	0,85	1,05	0,86	0,70	3,45	2,63	2,20	3,08	1,29
P_2O_5	0,57	0,17	0,17	0,28	0,26	0,25	0,26	0,23	не опр.	0,23	0,33	0,25	0,58	0,25	0,25	0,18	0,18	0,19
CO_2	не определялось			0,94	не определялось													
П. п. п.	1,22	1,38	1,03	4,61	4,89	1,77	2,21	1,74	0,41	1,44	0,38	1,75	2,45	1,48	1,16	1,52	1,54	1,63
F	не определялось			0,02	не определялось		0,03	не опр.	0,03	не опр.	0,02	не опр.	0,04	не определялось		0,03	0,03	0,01
$-O=F$				0,008			0,012		0,012		0,008		0,017			0,013	0,013	0,004
Σ	99,52	99,32	98,95	99,26	100,13	99,90	101,02	99,14	99,06	99,42	100,67	99,69	99,24	99,42	100,19	100,44	101,10	101,35

Продолжение табл. 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ap	1,3	0,3	0,3	1,0	0,7	0,7	1,1	0,7	—	0,7	0,7	0,7	1,4	0,7	0,7	0,4	0,5	0,3
il	2,3	2,4	2,4	2,5	3,0	3,4	4,2	4,9	3,8	4,2	3,9	1,1	3,5	2,1	2,1	2,1	2,1	0,7
ru	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
fr	—	—	—	—	—	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	0,1	0,1
cc	—	—	—	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
or	8,4	5,0	4,5	9,2	7,0	5,7	5,0	5,0	5,7	5,0	6,1	4,0	4,1	20,8	16,0	12,9	18,5	7,9
ab	45,8	33,9	32,8	44,2	47,6	37,7	48,2	37,1	40,3	38,3	42,5	34,6	53,9	42,9	42,4	42,7	40,0	67,2
an	18,9	28,6	29,1	16,4	20,8	23,3	16,4	23,0	22,5	22,8	20,9	27,7	12,6	15,7	16,5	16,2	16,2	7,3
tn	1,0	—	—	2,8	1,2	1,4	—	—	—	—	—	3,3	—	—	—	—	—	0,2
di wo	1,4	6,7	6,4	—	3,7	3,7	7,1	6,0	5,3	7,9	3,5	1,6	4,2	1,9	3,8	4,9	3,8	1,9
di en	1,2	5,8	5,5	—	3,1	3,2	6,1	5,9	4,6	4,6	3,0	1,4	3,5	1,3	2,4	4,0	3,1	1,7
di fs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—	0,1	0,3	—
mt	—	4,4	4,3	—	—	—	0,7	6,1	6,8	3,9	2,5	—	4,8	4,4	5,7	5,8	5,8	—
hm	7,6	3,5	3,9	9,7	0,1	9,2	8,3	2,6	1,6	4,5	4,9	11,0	3,1	—	—	—	—	8,1
hy en	4,5	5,3	5,7	7,4	—	4,9	1,4	3,5	2,9	4,4	3,6	8,2	7,2	5,5	3,7	3,6	4,7	3,0
hy fs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6	—	—	0,4	—
ol	—	—	—	—	3,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
qu	7,4	3,8	4,6	4,3	—	6,2	0,7	4,0	6,3	4,2	8,6	6,1	1,5	2,5	7,3	6,6	4,4	1,6
ne	—	—	—	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Анализы выполнены в ХАЛ ВСЕГЕИ Н. Ю. Бунаковой, Ж. Ф. Высоцкой, Г. А. Дмитриевой, Н. Ф. Зуевой и Б. А. Цимошенко.
№ 1—12.—базальты (с. Хдранц).
№ 13—18.—андезиты (левый борт р. Охчи, напротив развалин с. Джрахор).

Таблица 2

Петрографическая характеристика изученных базальтов и андезитов

Породы	Минеральный состав							Структура основной массы	
	компоненты	фенокристаллы		основная масса				в средней части потока	в зоне закалки
				в средней части потока		в зоне закалки			
		количество в %	размер** в мм	количество в %	размер зерен в мм	количество в %	размер зерен в мм		
Базальты	Плагиоклаз*	5—10	0,5—0,8 до 2		0,4—0,6		0,15—0,2	Микродолеритовая, микрофитовая	Интерсертальная
			0,2—0,7	90	0,02—0,05	65	0,015—0,02		
	Пироксен	1	0,1—0,3		0,02—0,07		<0,01		
	Рудный минерал***	1	0,1—0,3		0,02—0,07		0,015		
	Оливин	1	0,1—0,3	—		—			
	Стекло	—		—		25			
	Σ $\Phi_{кр}$	~10							
Андезиты	Плагиоклаз*	10—15	2—2,5		0,4—0,6		0,15—0,2	Микродолеритовая или промежуточная между микродолеритовой и интерсертальной	Гиалопилитовая, микролитовая
			0,2—0,7	70	0,02—0,05	35	0,015—0,02		
	Пироксен	3—5	0,1—0,3		0,02—0,07		<0,01		
	Рудный минерал***	3—5	0,1—0,3		0,012—0,025		0,015		
	Оливин	1	0,1—0,3	—		—			
	Стекло	—		5		40			
	Σ $\Phi_{кр}$	~25							

* Плагиоклаз, выделенный из базальтов, в средней части потока содержит 52% An, а в зоне закалки 1% An вследствие полной альбитизации плагиоклаза и фенокристаллов и основной массы. В андезитах частичная альбитизация проявлена во всех частях потока, но более заметна в зонах закалки; валовый состав альбитизированного плагиоклаза 20—24% An.

** Все размеры показаны для случайных сечений в шлифе; для плагиоклаза длина и ширина, для остальных — поперечник изометричных или короткостолбчатых зерен.

*** Состав рудного минерала здесь подробно не рассматривается. Укажем лишь, что он и в базальтах, и андезитах представлен разной степени окисленности титаномагнетито-маггемитами или титано-маггемомагнетитами с содержанием TiO_2 11—15%.

В средней части потока преобладающим, судя по структуре, должен быть пироксен основной массы, а в зонах закалки—пироксен вкрапленников.

В базальтах Ng пироксена колеблется от 1,710 до 1,729[1]. Причем в средней части потока преобладает пироксен с высоким показателем преломления, а в зонах закалки—с низким. Состав светлого и темного пироксенов (с низким и высоким показателем преломления соответственно) определен нами в отдельных зернах, выделенных из одного образца в средней части базальтового потока, а кроме того, в той же породе проанализирован состав пироксена микролитов основной массы в прозрачно-полированном шлифе.

Микрозондовые анализы выполнены Н. Г. Ляпичевым и В. Н. Кураковой на приборе «Самевах» с использованием энергодисперсионного спектрометра. Его отличие от традиционно используемых в микроанализаторах кристаллдифракционных спектрометров состоит в том, что все возбуждаемые электронным зондом элементы (от Na) анализируются одновременно. Эта особенность позволяет при использовании соответствующих методик анализа получать данные, качество которых удовлетворительно для того, чтобы результаты ряда формальных процедур (факторный анализ и пр.) были корректны. В настоящей работе использовалась версия 2-D программы для автоматизации микроанализа[2]. Режим анализа—стандартный для большинства силикатов. ускоряющее напряжение 15 *kV*, ток зонда $\approx 2ra$: размер зонда ≈ 500 Å. Для уменьшения влияния возможных неоднородностей состава изучаемых зерен зонд развертывался в растр со стороной 5 мкм.

Установлено (по полному сходству составов), что темный пироксен в искусственном шлихе—это пироксен микролитов, следовательно, светлый—пироксен вкрапленников. Сравнение средних составов (табл. 3) пироксенов по уровню 2σ показало, что существенную роль в изменении от фенокристаллов (3451[в]) к микролитам (3451[в]-1) в базальтах играет лишь замещение Mg→Fe, а колебания содержаний остальных элементов лежат внутри интервала погрешностей анализа и потому далее не рассматриваются.

В андезитах западной части антиклинория картина близкая. Ng пироксена колеблется от 1,743 до 1,696. В средней части потока много микролитов пироксена в основной массе, в искусственных шлихах преобладает пироксен с Ng=1,731—1,720, его состав, определенный в отдельных зернах на микрозонде (3426, 3426[б]), очевидно, отвечает составу микролитов. Микрофенокристаллы редки. Однако в искусственных шлихах из пород зоны закалки именно этот пироксен дол-

---

[1] Здесь и далее показатели преломления определены в минералогической лаборатории ВСЕГЕИ Т. Ф. Арцыбашевой и М. И. Хотиной.

[2] За время подготовки статьи к публикации в лаборатории микроанализа ВСЕГЕИ разработаны более совершенные программы для количественного анализа с использованием энергодисперсного детектора. Подробное описание их может быть получено подготовленными пользователями по запросу.

жен становиться преобладающим, так как микролитов в основной массе почти нет, его Ng=1,724—1,713, и его состав (3425), следовательно, характеризует микрофенокристаллы. Сравнение средних составов показывает тот же тренд от вкрапленников к микролитам Mg→Fe. При этом вкрапленники в андезитах более железисты, чем в базальтах, а состав микролитов одинаковый, т. е. кристаллизация пироксенов, начавшаяся в базальтах и андезитах разными составами, заканчивается

Таблица 3

Средние составы пироксенов изученных лав

Компоненты	№ п/п									
	1		2		3		4		5	
	№ обр.									
	3451[а]		3451а—1		3425		3426		3426[б]	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
SiO_2	51,42	0,55	50,36	0,36	51,59	0,87	51,35	0,27	51,28	0,37
TiO_2	0,15	0,10	1,01	0,25	0,49	0,13	0,46	0,14	0,59	0,17
Al_2O_3	2,68	0,46	2,34	0,31	2,3	0,42	1,52	0,21	1,77	0,26
FeO*	4,63	0,53	11,62	1,05	9,33	1,05	13,00	0,33	12,56	0,36
MnO	0,39	0,20	0,69	0,24	0,72	0,96	0,58	0,10	0,53	0,14
MgO	18,52	0,65	14,64	0,44	15,25	0,35	13,64	0,21	13,91	0,23
CaO	21,56	0,83	18,79	0,62	20,43	1,19	19,18	0,34	19,13	0,45
Na_2O	0,27	0,26	0,27	0,16	0,19	0,12	0,26	0,14	0,24	0,12
K_2O	0,33	0,08	0,28	0,07	—	—	0,02	0,02	—	—
Si	1,82	0,03	1,84	0,05	1,91	0,02	1,93	0,01	1,92	0,01
Ti	—	—	0,03	0,01	0,01	—	0,01	—	0,02	0,01
Al	0,11	0,02	0,10	0,01	0,10	0,02	0,07	0,01	0,08	0,01
Fe	0,14	0,02	0,35	0,04	0,29	0,03	0,41	0,01	0,39	0,01
Mn	0,01	—	0,02	0,01	0,01	—	0,02	—	0,02	0,01
Mg	0,98	0,04	0,80	0,02	0,84	0,02	0,76	0,01	0,77	0,01
Ca	0,82	0,01	0,73	0,02	0,81	0,05	0,77	0,02	0,77	0,02
Na	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
K	0,01	0,01	0,01	0,01	—	—	—	—	—	—
Число определений	17		16		10		9		9	

Пироксены:

1—вкрапленники в базальте; 2—микролиты основной массы в том же базальте; 3—преобладающий в зоне шлаковых брекчий в подошве андезитового потока (вкрапленники); 4, 5—преобладающий в средней части того же потока (микролиты основной массы).

Результаты анализов получены с суммой окислов от 98,64 до 105% и приведены к 100% для удобства сравнения. Указанная процедура не искажает результатов, т. к. полученное отклонение сумм окислов от 100% находится в пределах точности использованной версии (2D) программы количественного анализа. Кристаллохимические формулы рассчитаны катионным методом; расчеты проведены О. Ф. Медведевой.

---

* Общее количество Fe пересчитано в FeO. Попытка рассчитать количество Fe^{3+} по дефициту зарядов катионов показала, что количество Fe^{3+} в исследованных пироксенах невелико и по разности зарядов не может быть определено, т. к. не выходит за пределы суммарной погрешности анализа.

одинаково. Амплитуда тренда «фенокристаллы—микролиты» в андезитах значительно меньше.

Следует также отметить, что некоторые фенокристаллы пироксена в андезитах зональны и что для шлаковых брекчий в подошве потока характерна опацитизация моноклинного пироксена и вкрапленников и микролитов.

Итак, кристаллизация изученных базальтов и андезитов имеет следующую схему:

1. Интателлурическая стадия—образование фенокристаллов оливина, плагиоклаза, высокомагнезиального моноклинного пироксена и рудного минерала.

2. Эффузивная стадия:

а) в зонах закалки потоков в условиях быстрого остывания начинают кристаллизоваться микролиты плагиоклаза, рудный минерал и железистый пироксен, часть расплава застывает в виде стекла;

б) в средней части потока происходит более медленная полная раскристаллизация основной массы с образованием большего количества и более крупных микролитов плагиоклаза, рудного минерала и железистого пироксена. При микроофитовой структуре последний ксеноморфен.

Нанесение полученных результатов на компонентную диаграмму (рис. 2) пироксенов вулканических ассоциаций, построенную Дуденко и др. [1], показывает, что полученный тренд «фенокристаллы-микролиты» близок[1] к установленному общему тренду пироксенов кварцнормативных серий (класс III). Причем состав вкрапленников базальтов расположен близ точки С, вокруг которой группируются наиболее магнезиальные пироксены, являющиеся начальными для разных вулканических ассоциаций. Амплитуда изменения состава от вкрапленников к микролитам в одном образце базальта больше, чем изменение состава пироксенов, установленных статистически для нескольких серий кварц-нормативных лав [1].

Полученные нами новые данные позволяют вернуться к вопросу о том, от чего зависит тренд пироксенов «вкрапленники-микролиты». Ранее, как мы уже упоминали, одним из авторов данной статьи были определены составы вкрапленников и микролитов из тефрит-базальта [4]. Сравним два полученных тренда и их положение на общей компонентной диаграмме пироксенов вулканических ассоциаций [1]. В тефрит-базальтах микролиты существенно обогащаются Al, Fe, Ti за счет Mg и Si, этот тренд вообще характерен для пироксенов из пород калиевых щелочных серий и связан с увеличением недосыщенности расплава кремнекислотой и увеличением калиевой щелочности [1]. В рассмотренных же в данной статье кварцнормативных лавах, характеризующихся, однако, повышенной натриевой щелочностью, от вкрап-

[1] Полученные средние значения не позволяют по уровню 2σ достоверно зафиксировать различия в содержании Ca, однако, с уверенностью можно сказать, что в микролитах с увеличением содержания Fe количество Ca либо остается постоянным, либо падает, но не возрастает.

ленников к микролитам установлен тренд Mg→Fe, близкий к общему тренду пироксенов в лавах, пересыщенных кремнекислотой. Пироксены вкрапленников тех и других пород лежат на диаграмме относительно близко друг к другу в области магнезиальных составов, при этом пироксены фенокристаллов в тефрит-базальтах несколько беднее Mg, богаче Ca и Al [4]. Однако микролиты в сравниваемых породах отличаются друг от друга весьма существенно. Можно, следовательно, предположить, что заметно различны были остаточные расплавы, из которых формируются пироксены основной массы.

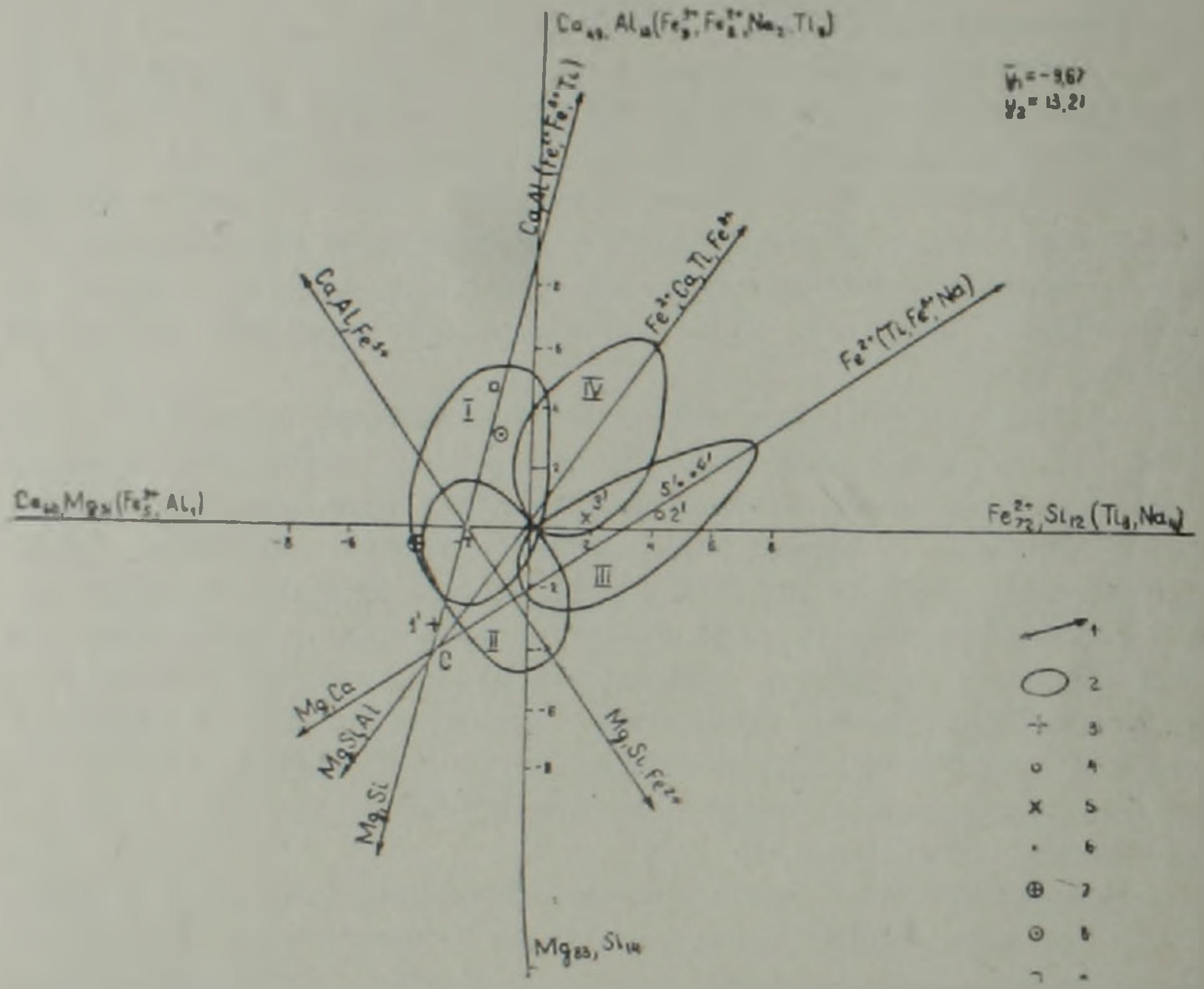

Рис 2. Схематизированная компонентная диаграмма пироксенов вулканических ассоциаций (по Дуденко и др., 1977). 1—ведущие тренды пироксенов разных серий, 2—границы фигуративных полей пироксенов разных серий: I—калиевых щелочных, II—субщелочных, III—пересыщенных SiO_2 (толеитовых), IV—натриевых щелочных. Пироксены кварцнормативных лав Кафанского антиклинория: из базальтов: 3—вкрапленники, 4—микролиты, из андезитов: 5—вкрапленники, 6—микролиты. Номера 1′—5′ на рисунке соответствуют порядковым номерам в табл. 2. Пироксены из тефрит-базальтов: 7—вкрапленники, 8—микролиты; 9—пироксен поздней генерации из долеритовых базальтов Приереванского района.

Изучение кафанских базальтов привело нас к выводу, что наше прежнее мнение о том, что в олигофировых породах к моменту кристаллизации микролитов пироксена изменения состава расплава практически не происходит, по-видимому, ошибочно. Описанные нами теперь в

средней части потоков кафанских базальтов микроофитовые структуры с ксеноморфным пироксеном показывают, что образованию пироксена основной массы здесь предшествовало удаление из расплава не только единичных вкрапленников, но и большей части плагиоклаза основной массы.

Та же последовательность минералообразования была и в тефрит-базальтах. Во всяком случае мы не имеем доказательств различия: в тех и других выпадают единичные фенокристаллы плагиоклаза, пироксена и рудного минерала; в тех и других кристаллизация основной массы начинается (судя по породам зон закалки) с плагиоклаза и завершается пироксеном и рудным минералом (при значительном периоде одновременного выделения всех трех минералов). Мы останавливаем на этом внимание читателя, так как существует устойчивое мнение, что различие пироксенов щелочных и кварцнормативных пород объясняется различной последовательностью кристаллизации (в щелочных лавах пироксен образуется раньше плагиоклаза, а в кварцнормативных—наоборот) [6]. Однако, установленное нами существенное несходство составов эффузивных генераций пироксена заставляет предполагать, что даже при одинаковой последовательности кристаллизации первоначальные различия расплавов в степени насыщенности SiO_2 и калиевой щелочности заметно усиливаются в остаточном расплаве.

В этом свете интересно отметить, что в изученных нами ранее недосыщенных кремнекислотой плиоцен-четвертичных долеритовых базальтах Приереванского района, лишенных вкрапленников пироксена, но содержащих две генерации эффузивного пироксена, ксеноморфный пироксен, выделяющийся последним в средней части потоков, по сравнению с более ранним, сохранившимся в зонах закалки, обогащен кальцием и алюминием [5] и занимает крайнее положение по линии тренда, характерного для пироксенов пород, недосыщенных кремнекислотой.

Таким образом, все сказанное позволяет думать, что тренд пироксена от ранней генерации к поздней зависит от изменения состава расплава в процессе кристаллизации породы. Составы же остаточных расплавов, из которых выпадают микролиты пироксена, очевидно должны зависеть как от первоначального состава расплава (фиксируемого валовым химическим анализом породы), так и от условий его остывания (градиентов температуры и давления).

Полученные нами данные по изменению состава пироксена в процессе кристаллизации подтверждают вывод, сделанный Л. Н. Дудевко [2] на основании рассмотрения классификации пироксенов, что тип изоморфных замещений в пироксенах прямо зависит от состава пород, в которых они формируются, а условия образования существенно влияют на дифференцированность составов пироксенов.

Авторы выражают искреннюю благодарность всем аналитикам, принимавшим участие в исследовании, и А. Х. Мнацаканян за помощь в выборе наиболее удобных разрезов и интерес к нашей работе.

ВСЕГЕИ, Ленинград

Поступила 25 VII.1970.

Ի. Յա. ՅԵՆՏԵՐ, Ի. Գ. ԼՅԱՓԻՉԵՎ, Վ. Ն. ԿՈՒՐԱՆՈՎԱ

ԿԱՓԱՆԻ ՇՐՋԱՆԻ ՎԵՐԻՆ ՅՈՒՐԱՅԻ–ՍՏՈՐԻՆ ԿԱՎՃԻ ԲԱԶԱԼՏԱՅԻՆ ԵՎ ԱՆԴԵԶԻՏԱՅԻՆ ԼԱՎԱՆԵՐԻ ԲՅՈՒՐԵՂԱՑՄԱՆ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ ՊԻՐՈՔՍԵՆԻ ԿԱԶՄԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Ուսումնասիրված լավաներում ֆենոկրիստներից դեպի միկրոլիտները պիրոքսենների կազմի փոփոխության մեջ հիմնական դերը պատկանում է միայն Mg→Fe տրենդին, որը բնորոշ է քվարց-նորմատիվ սերիաների համար։ Բազալտներում և անդեզիտներում պիրոքսենների բյուրեղացումը սկսվում է տարբեր կազմերով (անդեզիտներում պիրոքսեններն ավելի երկաթային են), սակայն ավարտվում է միանման։ Վաղ և ուշ գեներացիաների պիրոքսենների կազմերի համեմատությունը սիլիկաթթվով գերհագեցած և չհագեցած ապարներում թույլ է տալիս ենթադրել, որ նրանց տարբերությունը որոշվում է այդ լավաների բյուրեղացման ընթացքում հալոցքի կազմի փոփոխության տարբեր ընթացքով։ Մնացորդային հալոցքների կազմերը, որոնցից անջատվում են պիրոքսենների միկրոլիտները, կախված են ինչպես հալոցքի նախնական կազմից, այնպես էլ սառեցման պայմաններից (ջերմաստիճանի և ճնշման գրադիենտներից)։

I. Ya. ZENTER, I. G. LYAPICHEV, V. N. KURANOVA

ON THE PYROXENE COMPOSITION CHANGE DURING THE CRYSTALLIZATION PROCESS OF THE KAPHAN REGION UPPER JURASSIC LOWER CRETACEOUS BASALTIC AND ANDESITIC LAVAS

S u m m a r y

For the investigated lavas pyroxenes composition change from phenocrysts to microlites it is of great importance only the trend Mg→Fe, which is characteristic of the quartz-normative series. Both in basalts and andesites pyroxenes crystallization begins with different compositions (in andesites those are more ferriferous in comparison with basalts) but it ends with equally ones.

Comparison of both early and late generations pyroxenes composition of supersaturated and unsaturated in silica rocks allows to consider that their difference is determined by various course of melt composition change during the crystallization process of those lavas. As for the residual melts compositions from which pyroxene microlites fall out those depend on both melt initial composition and cooling conditions (the gradients of temperature and pressure.)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дуденко Л. Н., Центер И. Я., Румянцева Н. А., Марковский Б. А., Порошин Е.Е.* Типы трендов и изоморфных замещений в авгитах вулканических ассоциаций. ЗВМО, ч. CVI, вып. 4, 1977.
2. *Дуденко Л. Н., Македон И. Д.* Классификация моноклинных пироксенов по типам изоморфных замещений и их диагностика. ЗВМО, ч. CVII, вып. 5, 1978.
3. *Мнацаканян А. Х.* Верхнеюрский-меловой вулканизм Кафанского антиклинория (южная часть Арм. ССР). Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 3, 1970.
4. *Остроумова А. С., Центер И. Я., Соколова Е. П.* О двух генерациях пироксена в тефрит-базальте. ДАН СССР, т. 222, № 4, 1975.
5. *Центер И. Я.* О последовательности кристаллизации минералов в плиоцен-четвертичных базальтах Приереванского района. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 4, 1974.
6. *Schorer G.* Die Pyroxene tertiarer vulkanite des Vogelsberges. Chemie der Erde. Jena, bd. 29 Hf. 2, 69—138, 1970.