

Б. М. МЕЛИКСЕТЯН

К ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПСЕВДОЛЕЙЦИТА И ЛЕЙЦИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ТЕЖСАРСКОГО ЩЕЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Проблема происхождения псевдолейцита имеет важное значение в познании щелочного петрогенезиса, однако следует признать, что она до сих пор не получила приемлемого решения.

Псевдолейциты, эпилейциты, лейцит- и нефелинсодержащие породы Тежсарского вулканоплутонического комплекса довольно обстоятельно описаны в литературе [3, 17, 22], однако их детальные химико-минералогические, рентгенометрические исследования проведены впервые. Геологии, строению и петрографии Тежсарского комплекса центрального типа посвящены специальные работы В. Н. Котляра [17] и Г. П. Багдасаряна [3, 4], поэтому, отсылая интересующихся к названным работам, остановимся на общей характеристике массива.

Тежсарский щелочный комплекс, слагающий верхнеэоцен-нижнеолигоценый самостоятельный раннеорогенный комплекс, приурочен к бортовой части Севано-Ширакского синклинория (Центральная Армения). В плане он имеет эллиптическую форму, размерами 15×10 км и сложен следующими структурными единицами: 1) внешней конической интрузией щелочных сиенитов; 2) неполнокольцевыми дайками лейцитовых сиенит-порфиров; 3) центральным штоком с концентрически-зональным расположением псевдолейцитовых, нефелиновых и щелочных сиенитов; 4) центральными вулканическими породами внутрикольцевого барьера, сложенного тремя свитами: трахиандезитовой, трахитовой и лейцит-фонолитовой; 5) периферическими поздними штоками кварцевых сиенитов и гранитов.

Возникновение кольцевых и конических структур обязано кальдерообразному проседанию крупного вулканического аппарата центрального типа.

Лейцитовые псевдоморфозы наиболее широко распространены в эффузивных породах, т. н. «эпилейцитовых порфирах», слагающих верхнюю часть центриклинально залегающей вулканической свиты. В пределах этой свиты развиты мощные (3—10 м) и более мелкие дайки эпилейцитовых фонолит-порфиров, сиенит-порфиров и более редкие дайки тефритов и базанитов.

Псевдолейцит-содержащие сиениты развиты в эндоконтактной полосе (100—600 м) центрального штока и по направлению от контакта внутрь массива представлены четырьмя разновидностями (среднезернистые мезократовые, пегматоидные, порфировидные и анхимономинеральные «шаровые») псевдолейцитовых сиенитов, связанных друг с другом постепенными переходами. Более редки жилы псевдолейцитовых

Таблица 1

Химический и нормативный составы лейцитовых эффузивных субвулканических и интрузивных щелочных пород Тежсарского комплекса

Фации Окислы в %	Эффузивная			Субвулканическая			Интрузивная				
	1 (1063)	2 (1033)	3 (1109)	4 (1400)	5 (624)	6 (49)	а (1876)	б (1405)	в (1412)	г (1414)	д (21)
SiO ₂ . . .	52,64	52,04	54,22	43,84	53,40	50,43	54,60	53,29	52,12	54,95	51,72
TiO ₂ . . .	0,42	0,42	0,10	1,51	0,42	0,45	0,25	0,29	1,15	—	0,42
Al ₂ O ₃ . . .	22,72	23,68	21,30	19,60	23,37	21,31	21,82	21,71	20,73	21,22	20,24
Fe ₂ O ₃ . . .	1,97	0,67	3,35	4,04	1,97	2,95	3,30	2,34	2,73	2,80	4,56
FeO	2,14	2,95	1,58	7,02	2,14	1,61	1,22	0,73	1,09	0,70	2,29
MnO	0,20	0,15	—	1,00	0,20	0,20	0,10	0,10	0,14	—	0,27
MgO	0,40	0,69	0,81	7,62	0,46	0,78	0,69	0,49	0,69	0,96	0,78
CaO	2,46	2,29	2,73	2,97	2,91	4,21	3,62	3,35	3,60	3,60	3,82
Na ₂ O	2,50	3,70	7,00	3,25	6,25	3,75	3,40	4,50	5,25	6,60	2,80
K ₂ O	11,25	10,70	8,00	7,75	7,50	11,75	9,20	10,25	9,50	7,40	9,40
п. п. п. . .	3,55	3,08	0,60	1,12	1,59	3,24	2,70	3,40	2,96	1,36	4,21
Сумма . . .	100,20	100,37	99,07	99,72	100,21	100,69	100,90	100,51	100,0	99,59	100,64
Аналитик	З. Гаспарян, В. Ба- баян, ИГН АН АрмССР			М. Туманян УГ СМ АрмССР		Н. Элиязян, НИКС		З. Гаспарян, В. Бабаян, ИГН АН АрмССР			

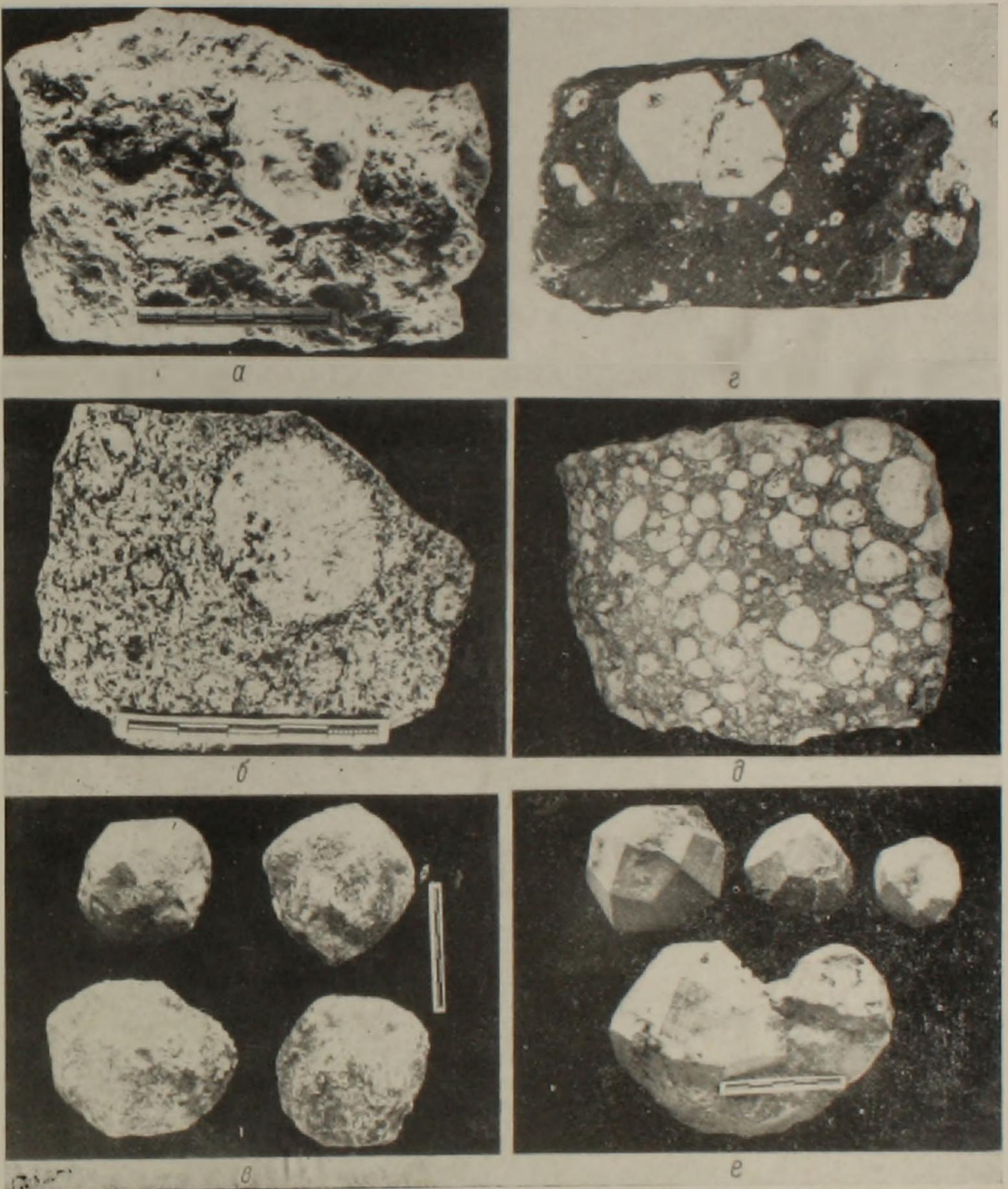
Нормативно-минеральный состав в вес. % (пересчеты по методу П. Ниггли)

Минералы	1	2	3	4	5	6	а	б	в	г	д
Кварц . . .	26,2	23,0	22,0	12,9	22,8	18,4	26,3	23,0	26,4	23,1	24,9
Калсилит .	40,8	38,2	27,6	27,7	26,2	41,8	32,9	36,4	33,8	25,8	34,5
Нефелин .	13,6	20,0	36,7	17,5	32,5	20,2	18,5	24,4	28,3	34,7	15,6
Анортит .	11,1	11,0	3,0	13,1	12,8	6,9	16,7	8,8	5,0	6,3	15,4
Форстерит	1,8	1,5	—	15,3	0,9	—	1,5	—	—	—	0,9
Фаялит . .	0,9	3,3	—	7,2	1,7	—	—	—	—	—	0,6
Диопсид .	—	—	4,3	—	—	4,0	—	2,7	3,8	5,2	2,3
Геденбергит	—	—	3,7	—	—	5,6	—	2,4	3,1	2,2	—
Сфен	0,9	0,9	0,2	1,0	0,8	1,0	0,7	0,7	2,5	—	0,9
Корунд . .	2,8	2,8	—	1,1	0,3	—	0,1	—	—	—	—
Магнетит .	2,0	2,0	0,8	4,2	2,0	—	3,0	—	0,5	—	4,9
Гематит . .	—	—	1,7	—	—	2,1	0,3	1,6	1,6	1,9	—

Координаты в системе нефелин-калсилит-кварц

Минералы	1	2	3	4	5	6	а	б	в	г	д
Кварц . . .	32,6	28,4	25,5	21,4	28,0	22,8	33,7	27,4	25,4	27,5	33,2
Калсилит .	50,5	46,6	31,8	47,6	32,1	50,0	41,9	43,3	40,2	31,5	46,0
Нефелин .	16,9	24,6	42,7	31,0	39,9	25,2	24,4	29,3	34,4	41,0	20,8

1. Лейцитовый трахит (г. Кероган); 2. Лейцитовый трахифонолит (г. Кер-Оглы); 3. Лейцитовый фонолит (ср. теч. р. Уляшик); 4. Лейцитовый базанит (г. З. Халхал); 5. Лейцитовый фонолит-порфир (г. Тежсар); 6. Лейцитовый сиенит-порфир (сел. Ахундов); а. Среднезернистый мезократовый псевдолейцитовый сиенит (ущ. Такярлу, непосредственный эндоконтакт центрального интрузива); б. Пегматондный псевдолейцитовый сиенит (ущ. Такярлу, в 30—50 м от контакта); в. Порфировидный псевдолейцитовый сиенит (там же, на расстоянии 100—150 м от контакта); г. «Шаровые» псевдолейцитовые сиениты (ср. теч. р. Такярлу, в 700—800 м от контакта); д. Жильный псевдолейцитовый тингуант (верх. ущ. Такярлу).



Фиг. 1. Формы выделения псевдоморфов по кристаллам лейцита. а) Полиэдрические выделения псевдолейцита в псевдолейцитовых сиенитах; б) Овоиды псевдолейцита в эндоконтактных псевдолейцитовых сиенитах, в) Округло-полиэдрические псевдолейциты из «шаровых» псевдолейцитовых сиенитов; г) Полиэдрические кристаллы эпилейцита в трахифонолите; д) Эпилейцитовый фонолит, обогащенный лейцитовыми псевдоморфозами; е) Тригонтриоктаэдрические кристаллы эпилейцита из дайки сиенит-порфиров.

тингуаитов. Среди метасоматических пород эндоконтакта выделяются сиенитизированные и ороговикованные эпилейцитовые дайки и эффузивы. Особенности химизма лейцитовых щелочных пород Тежсарского комплекса иллюстрируются таблицей 1.

Типы и состав псевдоморфоз по лейциту

Псевдоморфозы по кристаллам лейцита* очень характерны для Тежсарского щелочного комплекса, а по условиям нахождения, размерам агрегатов, кристаллографической огранке и составу они являются уникальными как в Союзе, так и за рубежом.

Эпилейциты. В эффузивных, субвулканических и дайковых породах эпилейцит распределен неравномерно, хотя при значительных содержаниях в лейцитофирах, а нередко и в основании потоков распределение его более или менее равномерное. Содержание эпилейцита варьирует от 5—10% до 30—50%, редко 60—70% от массы породы.

Размеры агрегатов варьируют от 0,5—1 до 2—5 см в лавовых разностях и до 10—12 см в дайках. Тригонтриоктаэдрические формы псевдоморфоз более характерны для даек сиенит-порфиров, реже встречаются в лавах. В срезах они имеют восьмиугольные очертания (фиг. 1).

Очень часто в фоолитах и лейцитофирах форма выделений преимущественно оvoidальная, реже сплюснутая. Характерны двойники по [110].

Грани кристаллов, как правило, гладкие, матовые, часто исчербленные, разъеденные основной массой. Окраска серая, белая, розоватая.

Под микроскопом эпилейциты обладают мелко-среднезернистым агрегатным строением, с размерами зерен 0,05—0,5 мм (фиг. 2).

Основу псевдоморфоз составляют сферолиты ортоклаза, реже санидина с анальцимом, натролитом, мусковитом (парагонитом). В редких типах основу составляют альбит или анальцим.

В плотных закаленных лавах встречаются мелкие (до 1 мм) восьмиугольные выделения изотропного анальцима (возможно лейцита) с характерными для лейцита включениями магнетита и полисинтетически двойниковыми полосками. С краев и с центра кристаллов он замещается санидином. Как правило, выделения эпилейцитов окружены в виде каймы минералами основной массы (пироксеном, амфиболом и др.). Необходимо подчеркнуть, что первичные псевдоморфозы в дальнейшем претерпели изменения, в связи с чем мы имеем не только 2—3 минеральные парагенезисы, но 4—5.

* В настоящей статье автор придерживается классификации А. Н. Заварицкого (1934), предлагающего среди псевдоморфоз по лейциту различать собственно псевдолейциты (ортоклаз+нефелин) и измененные разности—эпилейциты (калишпат, альбит, мусковит, анальцим, цеолит и др.). В зарубежной литературе под термином «псевдолейцит» понимается минеральная смесь не только ортоклаз+нефелин, но и ортоклаза, содалита, анальцима, цеолита, мусковита и др., внешняя кристаллографическая форма которых представляет собой псевдоморфозы по лейциту [10, 27].

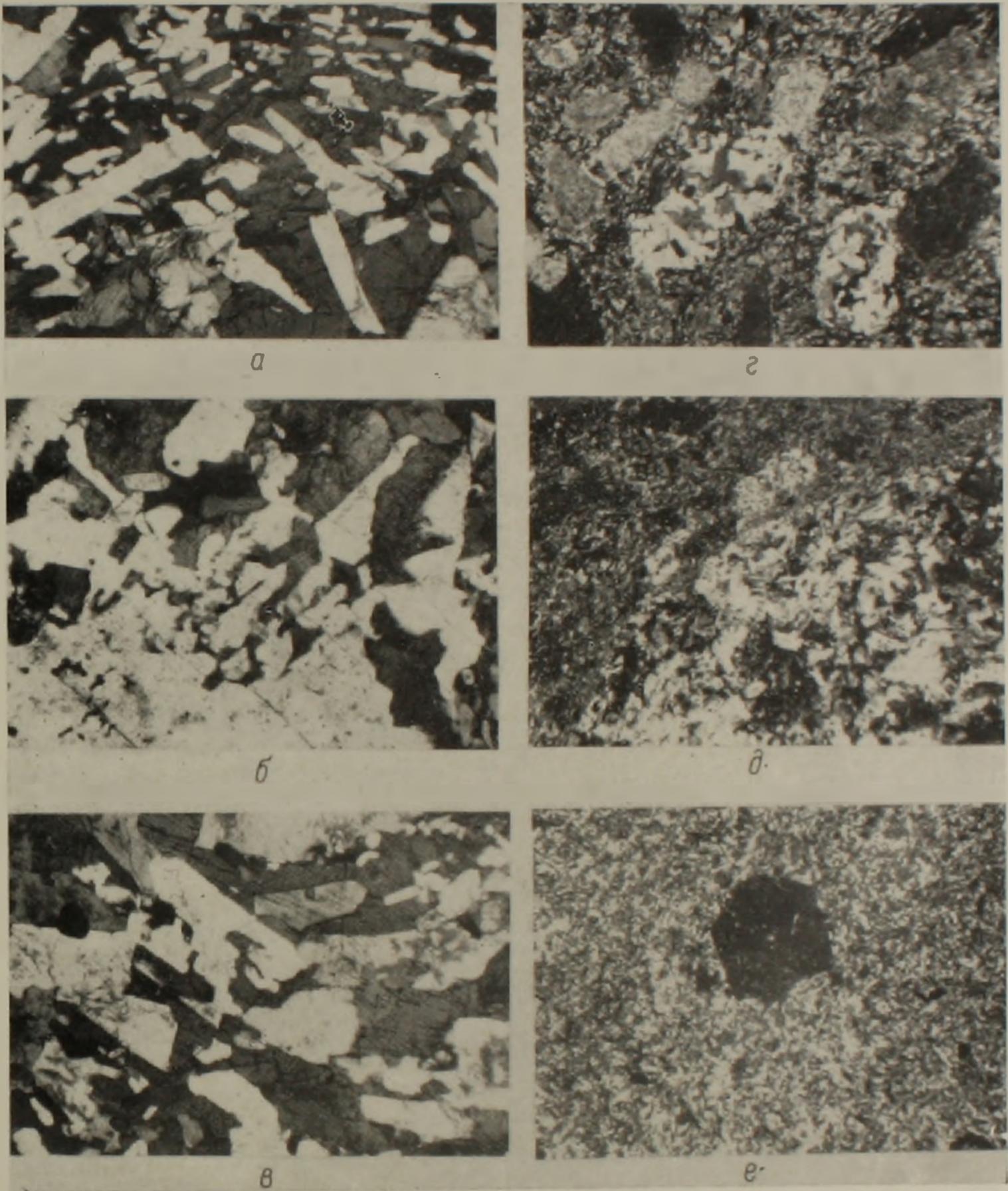
На основании изучения многочисленных псевдоморфоз под микроскопом, рентгенофазового анализа, полных и частных химических анализов выделены шесть типов эпилейцита (табл. 2).

Таблица 2

Химико-минералогические типы эпилейцитов из эффузивных и субвулканических пород

Типы	Формы выделения	Цвет	Состав пород	Внутреннее строение	Минеральный комплекс	Особенности химизма
I	Полиэдрический	Белый	Фонолиты, трахифонолиты (потоки, дайки)	Сфероолитовое	Ортоклаз + мусковит + анальцим	Существенно калиевый с 3,6% H ₂ O
II	Овоидальный	Розовый	Фонолиты, италиты (потоки), вулк. брекчии	Мелко-агрегатное, лучистое	Альбит + натролит + мусковит + кальцит	Существенно натриевый 4,0% H ₂ O, CO ₂
III	Овоидально-полиэдрический	Серый	Лейцитифиры, трахиты (потоки)	Тонкоагрегатное, войлочное	Ортоклаз + парогонит + кальцит + анальцим	Калиево-натриевый с 1,2% F, 1,04% SO ₃ , 3,6% H ₂ O + CO ₂
IV	Овоидально-сплюснутый	Белый	Тефриты, базаниты, роговики	Мелкоагрегатное, ситовидное	Альбит + ортоклаз + кальцит + мусковит (+ анальцим)	Натриево-кальцевый с 0,4% Cl, 1,5% H ₂ O
V	Полиэдрический	Темносерый	Фонолиты (потоки, дайки) и лавобрекчии фонолитов	Мелкозернистое	Альбит + ортоклаз + мусковит + кальцит	Натриево-калиевый, безводный H ₂ O — 0,2%
VI	Тетрагон-триоктаэдрический	Светлосерый	Дайки сиенит-порфиров, фениты	Реликтовое микрографическое	Ортоклаз + мусковит + нефелин (содалит + канкринит)	Калиево-натриево-кальцевый с 1,4% SO ₃ , Cl 0,5%

Оригинальный минеральный состав эпилейцитов Памбака, на что обращали внимание Г. П. Багдасарян [4], В. Н. Котляр [17], У. Дир и др. [10], отчетливо иллюстрируется результатами химических анализов и пересчетами на 6 атомов кислорода (табл. 3). При сравнении составов эпилейцита с теоретическим и природным составами лейцита (KAlSi₂O₆) обнаруживается постоянство инертных компонентов — ионов кремния и алюминия и постоянный недостаток в группе щелочей (5—20% от суммы K + Na + Ca). В неизмененных эпилейцитах (I, III, VI) примерно одна треть ионов калия заменена натрием, тогда как в других типах достигает 2/3.



Фиг. 2. Внутренняя структура лейцитовых псевдоморфоз. а) Микропегматитовые нефелин-ортоклазовые срастания; б) Субграфические срастания нефелина и ортоклаза; в) Графические нефелин-ортоклазовые прорастания в псевдолейците; г) Ортоклаз-цеолитовые псевдоморфозы в фонолитах; д) Ортоклаз-мусковитовые сферондальные выделения в эпидейците; е) псевдоморфоза анальцима по лейциту с включениями магнетита.

Таблица 3

Химический состав различных типов эпилейцита из вулканических пород*

Окислы	Эффузивная фация			Субвулканическая фация		
	Белые полиэдры из трахитов (1063)	Розовые овоиды из фонолитов (1033)	Серые овоиды из лейцитифиров (1109)	Белые овоиды из тефритов (1420)	Серые полиэдры из фонолит-порфиров (624)	Серые полиэдры из сиенит-порфиров (49)
	I	II	III	IV	V	VI
SiO ₂	55,70	54,50	56,12	58,70	56,26	57,27
TiO ₂	0,16	0,01	0,19	0,09	0,16	—
Al ₂ O ₃	23,59	23,07	24,98	24,91	24,14	23,32
Fe ₂ O ₃	1,49	1,10	1,03	1,16	0,89	0,63
FeO	0,44	0,36	0,14	0,73	1,33	0,14
MnO	0,02	—	0,01	0,02	0,03	0,04
MgO	0,38	0,52	0,65	0,48	0,24	—
CaO	0,89	3,36	0,95	2,87	1,17	1,80
Na ₂ O	3,25	10,80	3,80	7,50	8,00	4,20
K ₂ O	11,75	0,8	9,50	2,00	7,70	10,40
H ₂ O+	3,26	4,0	3,42	2,00	0,47	2,80
H ₂ O-	0,05	1,04	0,10	0,16	0,07	0,14
Сумма	100,88	99,35	100,81	100,62	100,66	100,82

Количество ионов в пересчете на 6 атомов кислорода

Si	2,01	2,01	1,960	1,96	1,982	1,99	2,00	2,00	1,962	1,97	2,04	2,04
Ti	0,003		0,002		0,004		0,002		0,004		—	
Al	1,00		0,812		1,042		1,00		0,99		0,98	
Fe ³⁺	0,03	1,07	0,030	0,88	0,025	1,10	0,026	1,06	0,025	1,08	0,02	2,00
Fe ²⁺	0,01		0,010		0,001		0,02		0,037		0,002	
Mg	0,02		0,026		0,033		0,02		0,010		0,002	
Ca	0,03	0,83	0,127	0,92	0,036	0,73	0,11	0,71	0,044	0,94	0,03	0,78
Na	0,24		0,752		0,261		0,50		0,54		0,291	
K	0,56		0,039		0,429		0,10		0,36		0,447	

Координаты в системе нефелин-калсилит-кварц

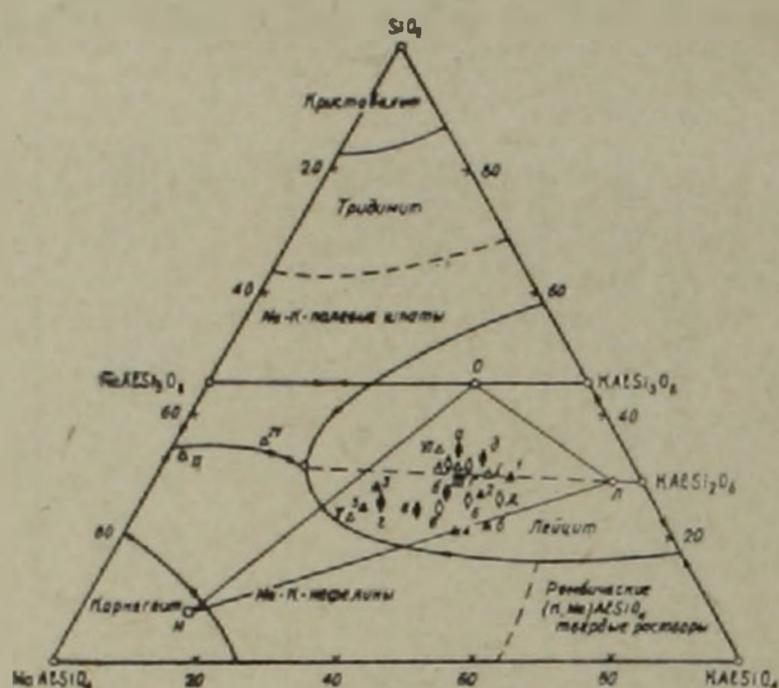
Кв	32,4	31,3	35,5	39,0	25,5	36,0
Кс	47,3	3,4	40,0	11,0	30,0	39,0
Не	20,3	65,3	24,5	50,0	44,5	25,0

* Пересчет на 6 атомов кислорода выполнен на безводной основе, а при расчете координат в системе Не—Кс—Кв кальций рассматривался в позиции натрия.

Составы эпилейцитовых пород и извлеченных из них эпилейцитов нанесены на тройную диаграмму Не—Кс—Кв (Н. Боуэн и Д. Шерер, 1935). Фигуративные точки как эпилейцитов, так и пород расположены в поле кристаллизации лейцита и концентрируются вблизи линии $KAlSi_2O_6—NaAlSi_2O_6$, хотя и внутри треугольника фаз—ортоклаз-нефелин-лейцит дают значительный разброс (фиг. 3). Анализы I, III, VI типов приближаются к составам псевдолейцитов. Средний состав эпилейцита находится в области богатых натрием лейцитов.

Псевдолейцит. Типичные псевдолейциты — срастания нефелина и ортоклаза — широко развиты в эндоконтактовой, особенно, в ЮЮВ Известия, XXIII, 3—5

полосе центрального интрузива. Реже такие образования отмечаются, по наблюдениям Г. П. Багдасаряна [4], в контакте конической интрузии, в частности они установлены нами в контакте с дайками фенолит-порфиров (г. Кер-Оглы). В одном случае анхимономинеральные псевдолейцитовые сиениты обнажаются вдали от контакта на расстоянии 600—700 м (ущ. Такярлу).



Фиг. 3. Нормативные составы силикатной части вулканических (сплошные треугольники) и интрузивных (сплошные ромбы) лейцитосодержащих щелочных пород и составы извлеченных из них эпилейцитов (полевые треугольники) и псевдолейцитов (полевые ромбы) в системе нефелин-калцилит-кварц. Обозначения на диаграмме соответствуют номерам в таблицах. Треугольник фазового равновесия построен по средним составам Тежсарского ортоклаза (О), нефелина (Н) и природного лейцита (Л).

Эндоконтактовая полоса, шириной 50—600 м сложена среднезернистыми и крупнозернистыми порфировидными, иногда пегматоидными нефелиновыми сиенитами с довольно крупными гломеропорфировыми выделениями псевдолейцита. Кристаллографические лейцитоподобные полиэдрические формы довольно часты, хотя и встречаются овоидальные и бесформенные выделения белого и розового цветов (фиг. 1).

Размеры псевдолейцитовых полиэдров и овоидов варьируют в широких пределах: от 0,3—0,6 до 3—6 см. Содержание псевдолейцитов в породах обычно 30—50%, редко достигает 60—75%. Распределение овоидов в массе породы довольно равномерное. Часто эти овоиды обтекаются в виде структур течения или обрастания агрегатом призматических зерен гастингсита и чешуек биотита. Нередко отмечаются также постепенные взаимопереходы от овоидов, выделяющихся лишь цветом, к основной массе. При удалении от эндоконтакта интрузива псевдолейцитовые сиениты переходят к нефелиновым сиенитам, в которых также обнаруживаются при внимательном осмотре «шарообразные» выделения, на которые ранее обращалось внимание В. Н. Котляром [17]. Однако эти последние состоят из смеси ортоклаза, анальцима и цеолита, полностью замещающего нефелин (измененные псевдолейциты).

Внутреннее строение типичных псевдолейцитов, обнаруживающих весьма слабые вторичные изменения (цеолит, мусковит, канкринит,

анальцим, содалит), характеризуются микрографическими, микропегматитовыми и им подобными импликационными структурами сростаний ортоклаза и нефелина (фиг. 2).

Размеры отдельных индивидов ортоклаза и нефелина в псевдолейцитах варьируют от 0,2 до 3 мм. Угасание нефелина и ортоклаза, как правило, одновременное, часто участковое и мозаичное.

Псевдолейцитовые агрегаты в разрезах имеют концентрически-зональное строение нефелин-ортоклазовых зон: а) внешняя узкая — крупнографическая; б) внутренняя широкая — микропегматитовая; в) центральная — радиально-призматическая. Изучение структур, взаимных прорастаний нефелина и ортоклаза в псевдолейцитах указывает на наличие типичных структур распада. Характеристика псевдолейцитов дана в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика псевдолейцитов из различных типов псевдолейцитовых сиенитов

№	Формы выделений	Цвет	Размер, в см Содержание, %	Разновидности пород	Внутренняя структура	Размер индивидов, мм	Минеральный состав, в %
А	Овоидально-полигональная	Белый	0,1—4 24—26	Среднезернистые мезократовые ортоклазовые сиениты. Мощность зоны от контакта 5—10 м	Микропегматитовая	0,5—0,6	Ортоклаз—74%, нефелин—25%, мусковит—1,0%
Б	Округло-вытянутая	Розовый	1—3 33—46	Пегматоидные ортоклаз-псевдолейцитовые сиениты. Мощность зоны 50—75 м	Микрографическая	0,1—0,3	Ортоклаз—72%, нефелин—27,5, цеолит—0,5%
В	Полиэдрическая	Серый	1,5—3 42—48	Крупнозернистые нефелин-ортоклаз-псевдолейцитовые сиениты. Мощность зоны 100 м	Трахиитоидная	0,4—0,6	Ортоклаз—68%, нефелин—30%, альбит—2%
Г	Полиэдрическая	Розовый	4—8 62—80	Анхимономинеральные „шаровые“ псевдолейцитовые сиениты. Локально. Мощность зоны 10—20 м	Червеобразная	0,5—6,0	Ортоклаз—78%, нефелин—22%, сфен
Д	Овоидальная	Белый	0,5—1 30—35	Мелкозернистые порфировые породы. Жилы мощностью 0,2 м	Сферолитовая	0,1—0,2	Ортоклаз—74%, нефелин—25%, содалит—1%

Химические составы и рассчитанные кристаллохимические формулы рассмотренных типов псевдолейцитов приводятся в табл. 5.

Из сравнения анализированных псевдолейцитов с составами природного нефелина и псевдолейцитов из щелочных пород других регионов [10] можно заметить их довольно близкое сходство. При этом отмечается одно важное обстоятельство, выражающееся в том, что при по-

Таблица 5

Химический состав различных типов псевдолейцитов из интрузивных пород

Окислы	Белые овоиды в мезократовых нефелиновых сиенитах (1876)	Розовые овоиды в пегматоидных нефелиновых сиенитах (1405)	Серые полиэдры из порфиroidных нефелиновых сиенитов (1412)	Серые полиэдры в "шаровых" нефелиновых сиенитах (1414)	Серые овоиды из псевдолейцитового тингуанта (21)	Лейцит из тералита. Конго (Боуэн, 1937)
	А	Б	В	Г	Д	Е
SiO ₂	56,52	55,66	54,91	56,20	55,36	55,4
TiO ₂	—	—	—	0,19	0,16	0,2
Al ₂ O ₃	23,10	23,12	23,49	23,09	23,14	23,3
Fe ₂ O ₃	0,50	0,98	0,66	1,25	0,46	0,5
FeO	0,14	—	0,29	0,29	—	—
MgO	0,23	—	—	0,17	0,14	—
CaO	2,25	1,92	1,73	1,34	1,23	1,1
Na ₂ O	4,40	4,50	6,00	3,75	4,80	1,8
K ₂ O	10,40	12,50	11,25	11,70	13,50	18,3
H ₂ O ⁺	2,22	2,10	2,00	2,72	1,13	0,2
H ₂ O ⁻	0,17	0,03	0,03	0,16	0,18	—
Сумма	99,62	100,86	100,46	100,86	100,10	100,8

Количество ионов в пересчете на 6 атомов кислорода

Si	2,01	2,01	1,983	1,99	1,99	1,99	2,02	2,01	1,995	2,0	1,99	2,0
Ti	—	—	—	—	—	—	0,004	—	0,004	—	0,01	—
Al	0,970	—	0,973	—	1,002	—	0,971	—	0,982	—	0,98	—
Fe ³⁺	0,012	1,00	0,025	1,00	0,019	1,03	0,034	1,01	0,012	1,0	0,01	0,99
Fe ²⁺	0,002	—	—	—	0,009	—	0,008	—	—	—	—	—
Mg	0,010	—	—	—	—	—	0,008	—	0,006	—	—	—
Ca	0,085	—	0,073	—	0,065	—	0,049	—	0,045	—	0,04	—
Na	0,303	0,87	0,313	0,96	0,433	1,02	0,232	0,86	0,294	0,96	0,13	1,01
K	0,470	—	0,570	—	0,523	—	0,530	—	0,620	—	0,84	—

Координаты в системе нефелин-калсилит-кварц

	А	Б	В	Г	Д	Средн.
Кв	31,0	26,5	23,5	31,0	27,0	28
Кс	42,0	47,5	42,0	45,0	51,0	46
Не	27,0	26,0	34,5	24,0	22,0	26

стоянстве количества ионов кремния, алюминия и суммы щелочей (+ кальций), соответствующем соотношению их в формуле лейцита (KAlSi₂O₆) постоянно наблюдается замена 30—40% ионов калия на натрий и отчасти кальций. Другой характерной особенностью химического состава изученных псевдолейцитов является повышенное содержание суммарного железа (1,0—1,5%), которому в богатых железом щелочных породах придается важная роль в образовании лейцитового твердого раствора [21].

Составы псевдолейцитов и псевдолейцитовых сиенитов на диаграмме Не—Кс—Кв (фиг. 3) заметно сближены и занимают среднюю часть лейцитового поля внутри треугольника ортоклаз-нефелин-лейцит, располагаясь вдоль линии KAlSi₂O₆—NaAlSi₂O₆. Оконтуренное поле воз-

можных лейцитовых твердых растворов содержит 27—40% натриевого компонента.

Таблица 6

Состав элементов-примесей в псевдолейците и в сосуществующих нефелине и ортоклазе пород*

Элементы	Псевдолейцит	Нефелин	Ортоклаз	Элементы	Псевдолейцит	Нефелин	Ортоклаз
Be	0,002	0,0006	0,0003	Ga	0,004	0,002	0,001
Li	0,003	0,006	0,004	Pb	0,006	0,003	0,02
Rb	0,054	0,006	0,008	Mo	0,015—0,03	0,0003	0,0003
Cs	0,006	0,001	0,002	W	0,006	—	—
Ba	0,65	0,20	0,30	U	0,0003	0,0004	0,0008

* По данным фотометрии пламени (Li, Rb, Cs, Ba) и количественно-спектральных анализов (Be, Ga, Mo, Pb, W) в лабораториях ИМГРЭ.

Высокие концентрации в псевдолейцитах рубидия, бария, особенно цезия, а также Be, Mo, Ga и довольно неожиданно—вольфрама (таблица 6), весьма примечательны и свидетельствуют, во-первых, о геохимически независимых условиях кристаллизации фенокристаллов первичного лейцита от кристаллизации ортоклаза и нефелина, во-вторых, о сохранении в псевдолейцитах состава элементов-примесей, присущих структуре лейцита.

Составы сосуществующих нефелина и ортоклаза в псевдолейцитах и нефелиновых сиенитах

Важное значение для выяснения генезиса псевдолейцита имеют составы сосуществующего парагенезиса нефелин-ортоклаз в лейцитосодержащих породах и в самих псевдолейцитах. Как известно, гетероморфность, наблюдающаяся в составах сосуществующих калишпата и нефелина, является с одной стороны показателем физико-химических условий кристаллизации и состава магмы, с другой, как показали экспериментальные и теоретические исследования фазовых соотношений в системе $\text{NaAlSiO}_4\text{—KAlSiO}_4\text{—SiO}_2$, функцией температуры [7, 9, 23, 25, 26], хотя, в частности для Памбака, отдельные геологи подобные попытки интерпретации считали иллюзорными.

Для изучения нефелин-ортоклазового парагенезиса в нефелиновых сиенитах и псевдолейцитах Тежсарского комплекса были выполнены специальный фазово-химический и рентгенометрический анализы*. Мы воспользовались методикой, предложенной Е. Циесом и Ф. Чейзом [21], и кроме повторных валовых анализов выполнили фазово-химический анализ псевдолейцитов (навеска 4 гр.) путем экстракции в соляной кислоте (1 : 5), в которой, как известно, нефелин хорошо растворяется.

* Фазовый химический анализ псевдолейцитов выполнен в химической лаборатории ИГи АН Арм. ССР аналитиком Э. Ш. Гаспарян, а рентгенометрические исследования—Э. Х. Хуршудян и Н. В. Ревазовой.

Таблица 7

Фазовый химический анализ псевдолейцитов

В вес. %	Псевдолейцит в целом					Нерастворимая часть					Растворимая часть				
	А	Б	В	Г	Д	А	Б	В	Г	Д	А	Б	В	Г	Д
SiO ₂	56,50	56,30	57,50	56,50	56,90	48,40	47,80	47,00	47,90	47,00	8,10	8,50	10,50	8,60	9,90
Al ₂ O ₃	22,80	23,90	22,65	23,95	23,40	14,20	14,50	14,60	15,85	14,80	8,60	9,40	8,05	8,10	8,60
Fe ₂ O ₃	2,70	0,81	1,60	1,61	0,48	2,48	0,46	0,65	1,13	0,32	0,22	0,35	0,95	0,51	0,16
CaO	2,47	2,15	1,55	1,84	1,35	0,70	0,75	1,05	1,02	1,02	1,77	1,40	0,50	0,82	0,33
Na ₂ O	4,15	5,10	4,70	4,40	4,90	0,79	0,50	1,50	0,51	1,20	3,36	4,60	3,20	3,89	3,70
K ₂ O	11,30	12,20	11,65	11,25	13,75	9,70	9,90	10,40	10,20	12,65	1,60	2,30	1,25	1,05	2,10
Сумма	99,92	100,46	99,65	99,58	99,78	76,27	70,91	78,20	76,61	75,99	23,65	29,55	21,45	22,97	23,79

Таблица 8

Составы сосуществующих ортоклаза и нефелина

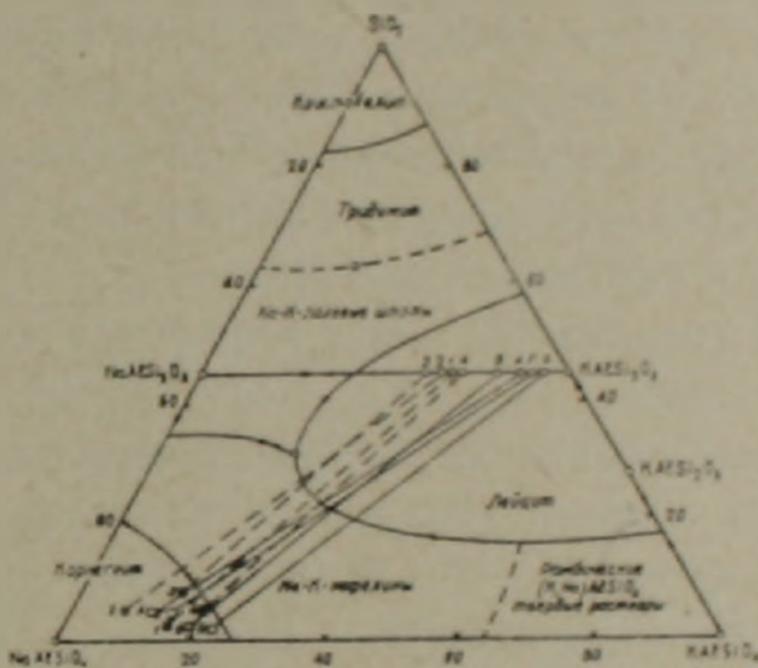
№	Псевдолейциты					№	Нефелиновые сиениты				
	Ортоклаз		Нефелин				Ортоклаз		Нефелин		
	Ор	Аб	Не	Кс	Кв		Ор	Аб	Не	Кс	Кв
А	88,5	11,5	72,0	22,5	5,5	1	67,0	33,0	67,5	21,5	8,0
Б	91,5	8,5	70,0	25,5	4,5	2	68,0	32,0	79,5	15,0	5,5
В	83,5	16,5	76,0	18,5	5,5	3	62,0	38,0	86,5	8,5	5,0
Г	90,5	9,5	78,0	15,5	6,5	4	61,0	39,0	73,0	20,0	7,0
Д	87,0	13,0	66,0	29,5	4,5	5	67,0	33,0	74	20,0	6,0
Ср.	88,5	11,5	72,2	22,3	5,5	Ср.	65	35	76,2	17,5	6,3

Примечание. Составы псевдолейцитов рассчитаны по данным фазово-химического анализа (табл. 7). Составы ортоклаза и нефелина из нефелиновых сиенитов приведены по данным Д. П. Белякина и В. П. Петрова (№ 1), В. П. Когяра (№ 4), Г. П. Багдасаряна (№ 3), А. С. Марфунина (№ 5) и автора (№ 2). По данным Л. Л. Перчука и А. С. Павленко (1967) — ортоклаз — Ор₇₁Аб₂₉, нефелин — Не₈₄Кс₁₆.

Результаты анализов, имеющих несколько высокую погрешность в определении SiO_2 , Fe_2O_3 и CaO , приведены в табл. 7, а пересчеты их на компонентный состав—в табл. 8.

Относительные содержания ортоклаза и нефелина в псевдолейцитах по соотношению нерастворимой и растворимой в кислоте частей соответственно равны 71—78% и 22—29% по весу, что близко к модальному составу их по подсчетам в шлифах (72—79% и 28—21%), составляя в среднем—75% и 25%. По сравнению с псевдолейцитами (3:1), соотношение ортоклаза и нефелина в псевдолейцитовых сиенитах составляет 3:1 до 2:1, а в нефелиновых сиенитах—3:1 до 4:1.

Составы ортоклазов и нефелинов из псевдолейцитов и нефелиновых сиенитов (по литературным данным), пересчитанные на компонентный состав (табл. 8), нанесены на диаграмму фазового равновесия в системе нефелин-калсилит-кварц, а сосуществующие пары соединены линиями (фиг. 4).



Фиг. 4. Диаграмма совместно находящихся ортоклазов и нефелинов в нефелиновых сиенитах (пунктирные линии) и псевдолейцитах (сплошные линии) в системе нефелин-калсилит-кварц. Обозначения те же.

Ортоклаз из псевдолейцитов по сравнению с породами ($\text{Or}_{65}\text{Ab}_{35}$) примерно втрое обеднен альбитовым компонентом ($\text{Or}_{35}\text{Ab}_{65}$) и представлен гомогенным без пертитовых вростков промежуточным и низким ортоклазом ($-2V = 52-81^\circ$), являющимся более низкотемпературным, чем высокий моноклиный ортоклаз-криптопертит пород, для которого характерны расщепление рефлексов d_{201} и d_{130} , указывающее на присутствие также и триклинной калневой фазы (10—15%). Содержание анортитового компонента в ортоклазах не превышает 5—10%, причем псевдолейцитовые ортоклазы беднее Ан. В эпидейцитовых псевдоморфозах встречен как санидин, так и более частый и низкотемпературный высоко-промежуточный ортоклаз без пертитов распада, образующий сферолиты. Характерны вариации степени триклинности ($\Delta\rho = 0,0-0,80$) и $-2V = 42-82^\circ$ при довольно постоянном составе $\text{Or}_{90-05}\text{Ab}_{5-10}$. В то же время, санидин из потоков и даек фонолитов представлен высокотемпературной серией санидин-анортоклаз-альбит

состава $Or_{60-64} Ab_{40-36}$. Оптическая и рентгенометрическая характеристика калишпата приведена в табл. 9.

Нефелин в псевдолейцитах несколько более богат калсилитом, чем нефелин из нефелиновых сиенитов, составляя в среднем (без кварца) в псевдолейцитах— $Ne_{76}Kc_{24}$; в породах— $Ne_{80}Kc_{20}$ (таблица 10). Максимально обогащены калсилитом реликтовый нефелин из эпидейцитов даек (35%).

Характерной особенностью нефелинов Тежсарского комплекса являются вариации в содержании калсилита (8,5—24,5%) и кварца (5—8,00), хотя и в одноименном минерале из псевдолейцитов эти вариации менее заметны ($Kc = 15,5—29,5\%$, $Kv = 4,5—6,5\%$). Довольно постоянны в нефелинах из псевдолейцитов и вмещающих их пород отношение $Si/Al = 1,06 : 0,96$ и недостаток катионов в группе щелочей, достигающий 0,13—0,23. Величины параметров элементарной ячейки нефелинов отражают как температурную историю, так и замещения $Al \rightarrow Si$, $K \rightarrow Na$, особенно характерны для субкалиевых твердых растворов с вакансиями [9, 10] и указывают на возможно более высокое содержание калсилита (30—35%) и более высокотемпературный характер псевдолейцитового нефелина. Содержание анортита в нефелине из псевдолейцитов достигает 10—15%, а в нефелинах из пород—7,5—11%.

По сравнению со средним составом нефелинов из нефелиновых сиенитов по Морозевичу ($Ne_{75,1}Kc_{20,9}Kv_{4,0}$) и Тилли ($Ne_{75,4}Kc_{20,6}Kv_{4,0}$), нефелины Тежсарского комплекса помимо значительных вариаций содержат несколько пониженное содержание калсилита (18,0%) и повышенное содержание кварца (6,3%), хотя нефелин из псевдолейцитов несколько богаче калсилитом (22,3%).

Рассмотрение нефелин-ортоклазового парагенезиса в щелочных породах Тежсарского комплекса, где щелочной полевой шпат состава $Or_{65}Ab_{35}$ ассоциирует с богатым натрием нефелином $Ne_{76}Kc_{18}Kv_6$ показало, что он характерен для переходной от вулканической к плутонической фациям Миаширо [31]. Значительные вариации состава Тежсарских нефелинов, структурно-промежуточный тип калишпата (К-анортоклаз) послужили основанием для А. С. Марфунина (1962) выделить помимо V (вулканической) и P (плутонической) фаций А. Миаширо [31] также N-фацию—«неоинтрузивную», которую, на наш взгляд, правильнее выделять как «S-фацию»—субвулканическую, что ближе характеризует условия формирования вулкано-плутонического комплекса.

Касаясь различий в составах одноименных минералов из псевдолейцитов и нефелиновых сиенитов, необходимо отметить, что псевдолейцитовые ортоклазы обеднены втрое натриевым компонентом, а нефелины несколько обогащены калсилитом (на 5%). Аналогичная закономерность установлена Циесом и Чейзом (1963) для псевдолейцитов г. Бэрпо (Монтана). Отклонения состава нефелинов из нефелиновых сиенитов от идеального состава $Na_3KAlSi_4O_{16}$ свидетельствуют о более высокотемпературном характере парагенезиса из пород ($Ne_{76}Kc_{18}Kv_6$), чем из псевдолейцитов ($Ne_{74,5}Kc_{22,5}Kv_5$), приближающемся к идеальному со-

Таблица 9

Оптическая, рентгенометрическая характеристика и состав калинатровых полевых шпатов в псевдолейцитах и лейцитсодержащих породах*

Фации пород	Характер выделения	Угол $-2V^\circ$		Угол		Показатели		Межплоскостные расстояния					Состав в вес. %	Степень триклинности		Структурный тип
		пределы	среднее	$\perp (010)$:Ng	$\perp (001)$:Nm	Ng	Np	d_{207}	d_{130}	d_{130}	d_{131}	d_{131}		Δ_p	Δ_0	
Эпидейцитовые трахиты, фоллиты (потоки)	Вкрапленник	26-44	40	0-2	3-5	1,529	1,523	4,15	3,740	—	2,96	—	Op ₆₀ Ab ₄₀	0,0	0,0	Санидин
	Основная масса	38-52	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,10	
	Эпидейцит—I	64-76	71	—	—	1,525	1,520	4,22	3,793	3,805	2,994	3,029	Op ₉₅ Ab ₅	0,43	0,67	Высокий промежуточный ортоклаз
	Эпидейцит—II	36-50	45	—	—	—	—	4,20	3,780	—	2,985	—	Op ₉₀ Ab ₁₀	0,40	0,02	
Эпидейцитовые снейт-порфиры (дайки)	Вкрапленник	38-52	46	0-3	2-4	1,530	1,524	4,157	3,773	—	2,970	—	Op ₆₁ Ab ₃₉	0,0	0,05	Высокий ортоклаз
	Эпидейцит	42-56	52	—	—	—	—	4,172	3,785	—	2,975	—	Op ₉₅ Ab ₁₅	0,0	0,10	Промежуточн. ортоклаз
		70-82	78	—	—	1,521	1,519	4,290	3,740	—	2,948	3,012	Op ₁₀₀ Ab ₀	0,80	0,85	
Псевдолейцитовые и нефелиновые снейты	I-генерация	42-62	54	0-5	6-7	1,528	1,523	4,146	3,775	—	2,992	—	Op ₆₀ Ab ₄₀	0,0	0,25	Высокий ортоклаз (К-анортоклаз)
	II-генерация	58-73	63	0-6	5-8	—	—	4,202	3,779	3,785	2,996	2,994	Op ₈₆ Ab ₁₄	0,10	0,47	
	Псевдолейцит А	52-60	56	—	—	1,529	1,524	4,194	3,779	—	2,991	—	Op ₈₅ Ab ₁₅	0,0	0,30	Промежуточный и низкий ортоклаз
	Б	70-81	75	3-8	8-11	—	—	4,220	—	3,801	—	3,015	Op ₉₅ Ab ₅	0,0	0,77	
	В	60-68	64	2-6	—	1,524	1,518	4,234	3,860	3,834	2,981	3,010	Op ₁₀₀ Ab ₀	0,26	0,52	

* Степень триклинности определялась: $\Delta_p = 12,5 (d_{131} - d_{131})$ по Лаве у (1954) или $\Delta_p = 7,7 (d_{130} - d_{130})$ по Мак-Кензи (1954); оптическая степень триклинности по А. С. Марфунину $\Delta_0 = 0,025 (2V - 44^\circ)$. Состав и тип калинатрового полевого шпата определялся по d_{207} из диаграммы Боуэна и Таггла (1950) и оптическим константам (А. С. Марфунин, 1962).

Таблица 10

Оптическая, рентгенометрическая характеристика и состав нефелина и плагиоклаза

Фации пород	Характер выделений	Нефелин						Состав в вес. %	Плагиоклаз					
		Показатели		Параметры		Отражения			Генерация	Зональность	Состав в вес. %	Степень упорядоченности		
		No	Ne	a_0	c_0	d_{2070}	d_{2130}							
Эпидейцитовые трахит-фоллиты (потоки)	—	—	—	—	—	—	—	Вкрапленник Оси. масса	Зональный Слабозональный	48-37 35-33	0,25-0,5 0,5-0,75			
Эпидейцитовые снейт-порфиры (дайки)	Реликты в эпидейците	1,540	1,536	10,05	8,40	3,290	3,031	Ne ₆₁ Kc ₃₅ Kv ₄	Вкрапленник Оси. масса	Зональный Незональный	36-32 24-22	0,5-0,75 0,75-1,0		
Псевдолейцитовые, нефелиновые снейты	Кристаллы Псевдолейцит	A B B	1,537	1,531	10,01	8,38	3,264	3,010	Ne ₇₇ Kc ₁₇ Kv ₆	I генерация	Резкозональный Слабозональный	56-45 44-32	0,25-0,50 0,5-0,75	
			1,537	1,533	10,07	8,40	3,271	3,015	Ne ₇₀ Kc ₂₆ Kv ₄					
						10,04	8,41	3,279	3,029	Ne ₆₅ Kc ₃₂ Kv ₃	II генерация			
						10,05	8,41	3,279	3,030	Ne ₆₅ Kc ₃₃ Kv ₂	III генерация	Зональный	28-22	0,75-1,0

* Состав нефелина определялся по значению отражений d_{2130} и d_{2070} (Гамильтон, Мак Кензи, 1960) и по параметрам элементарной ячейки (Донней, 1959). Степень упорядоченности плагиоклаза по А. С. Марфунину, 1962).

ставу с более низкими температурами кристаллизации, хотя и обе пары нефелин-ортоклазовых парагенезисов ниже температуры сольвуса. Соответственно, температуры кристаллизации нефелин-ортоклазового парагенезиса могут быть оценены в 700—750°C для нефелиновых сиенитов и 550—450°C для псевдолейцитов. Следует отметить, что при условиях формирования Тежсарского щелочного комплекса указанный парагенезис мог возникнуть и выше сольвуса, так как поле лейцита должно сильно сократиться в присутствии водяных паров. Так, если при давлении 1 атм., что показано на диаграмме (фиг. 5), выделение лейцита происходит при содержании 50% ортоклазового компонента, то при давлении 1000 и 2000 атм. в присутствии водяных паров оно возможно при содержании 71 и 95% ортоклазового компонента.

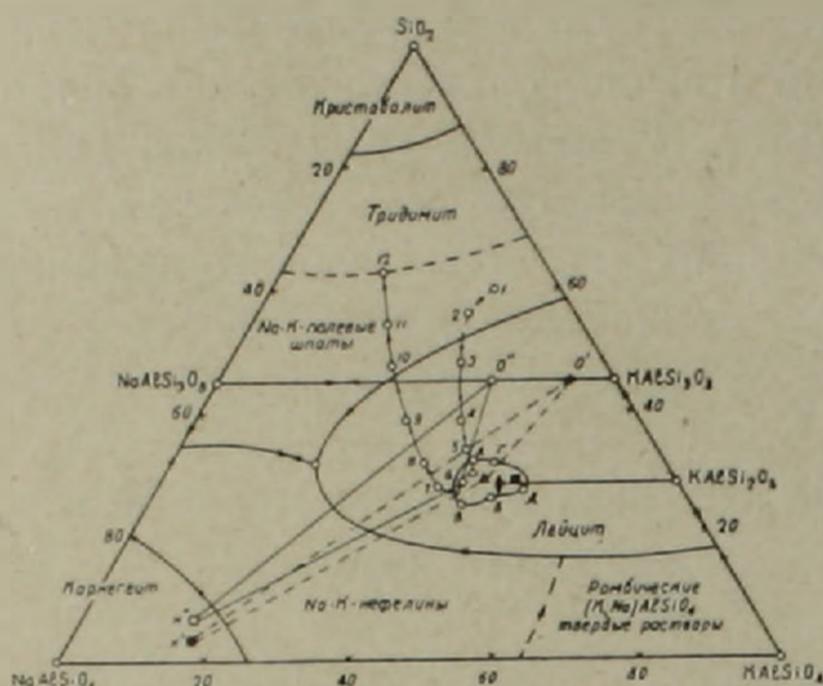
О происхождении лейцитсодержащих пород и псевдолейцитов Тежсарского комплекса

Проблема генезиса псевдолейцита окончательно не выяснена и приписывается различным процессам. Одни исследователи склонны считать их магматическими образованиями, либо рассматривать как результат распада особых натриево-калиевых лейцитов (Вашингтон, Яги), или как следствие взаимодействия лейцита с магматическим расплавом (Боуэн, Мори). В последнем случае по мнению А. Н. Заварицкого и В. С. Соболева [15] должно произойти увеличение объема и распад псевдоморфоз и поэтому более правомерным должно явиться предположение Ю. А. Билибина [6] о послемагматическом характере псевдолейцитовой реакции в породах. Кроме того, если псевдолейцитовая реакция происходит в магме, то составы псевдолейцита и основной массы должны приближаться к составу реакционной точки R (1042°), чего, как указывалось (фиг. 5), для Тежсарского комплекса не наблюдается. По мнению А. Я. Жидкова [13], изучавшего уникальные калсилит-микроклиновые псевдолейциты Сынырского массива, распад лейцита при медленном охлаждении лежит в области точки инконгруэнтного плавления ортоклаза (1150°C) и протекает без участия жидкой фазы. Было высказано предположение, что некоторые псевдолейциты представляют собой псевдоморфозы по К-анальциму [29]. В последнее время ставят под сомнение магматическое происхождение псевдолейцитов, считая их образование результатом метасоматического замещения ортоклазом нефелина или плагиоклаза, либо результатом эвтектических соотношений ортоклаза и нефелина [2].

В вопросе генезиса псевдолейцита Тежсарского комплекса В. Н. Котляр [17] придерживался боуэновской гипотезы, ставя под сомнение возможность их образования за счет переработки кольцевых даек эпидейцитовых порфиров, которая отстаивалась Г. П. Багдасаряном [3, 4], или щелочных лейцитовых эффузивов (Б. С. Вартапетян, 1957). Роль этих процессов, во-первых, сильно преувеличена, во-вторых, остается неясным, каким образом эпидейциты могли превращаться в псевдолейцит.

Весьма спорного мнения придерживается В. П. Петров [22], объясняющий изменение лейцита воздействием гранитоидных интрузий на лейцитовые породы.

Прежде чем остановиться на происхождении лейцитовых псевдоморфоз, необходимо рассмотреть вкратце основные моменты в эволю-



Фиг. 5. Возможный путь кристаллизации и дифференциации Тежсарского вулканоплутонического комплекса. 1. Щелочный базальт; 2. Трахиандезит; 3. Трахит; 4. Лейцитовый трахифонолит; 5. Лейцитовый сиенит-порфир; 6. Псевдолейцитовый сиенит; 7. Крупнокристаллические богатые нефелином — нефелиновые сиениты; 8. Среднекристаллические нефелиновые сиениты; 9. Щелочные сиениты центрального штока; 10. Щелочные сиениты и сиениты конического интрузива; 11. Нордмаркиты; 12. Порфировидные граносиениты.

На диаграмме кварц-нефелин-калсилит околонуена область составов псевдолейцитов (К—Na-лейцитовых твердых растворов) Тежсарского комплекса (А, Б, В, Г, Д). Для сравнения нанесены: 1) состав псевдолейцита из г. Бэрпо (Монтана; Чейс, Циес, 1967) — (сплошной квадрат); 2) состав максимального твердого раствора $NaAlSi_3O_8$, $KAlSi_3O_8$ (сплошной ромб) по экспериментальным данным Р. Фудали (1963); 3) средний состав Тежсарского псевдолейцита (сплошной треугольник); 4) средний состав неизменных эпидейцитов.

Треугольники равновесия псевдолейцит-ортоклаз-нефелин (сплошные линии) и нефелиновый сиенит-ортоклаз-нефелин (пунктирные линии).

ции Тежсарского вулканоплутонического комплекса. Почти всеми исследователями отмечается зависимый от среднеэоценовой щелочно-земельной серии характер развития Тежсарского комплекса [4, 17, 21], при этом значительная роль отводится то процессам кристаллизационной дифференциации [4, 17, 21], то механизму расщепления толеитовой магмы в результате фракционирования оливина и пироксена [21], то, наконец, процессам ассимиляции базальтовой магмой пород сиаля [17] и даже явлениям метасоматического перерождения обычных и щелочных эффузивов под воздействием гранитной магмы [22]. Позже была высказана также точка зрения о связи этого комплекса с трахибазальтовой магмой, в частности, с ее лейцит-базальтовой ветвью*. Однако.

* Багдасарян Г. П., Меликсетян Б. М. «Генетические особенности щелочных пород Арм. ССР, АН СССР, сер. геол., № 11, 1966.

если исходить из твердо установленных закономерностей: а) тесной пространственно-временной и генетической связи в пределах единой кольцевой структуры всех составных комагматического, независимого от щелочно-земельной серии, вулкано-плутонического щелочного комплекса и б) направленного хода эволюции от щелочных базальтоидов и трахиандезитов к трахитам и лейцитовым фонолитам в вулканический этап и от псевдолейцитовых и нефелиновых сиенитов к щелочным сиенитам, нордмаркитам и гранитам в интрузивный этап, то можно прийти к выводам о первично щелочной природе исходной магмы и ведущей роли магматической дифференциации при значительных явлениях ассимиляции в пределах гранитно-метаморфического субстрата.

Переломным моментом в ходе эволюции щелочной оливино-базальтовой магмы явился этап лейцитовой кристаллизации в магматической камере, постепенно мигрирующей в верхние структурные этажи. Массовому выделению лейцита из трахитового расплава предшествовали явления длительного взаимодействия с карбонатными породами, приведшие к изменению соотношения $Si : Al$ вследствие диффузионной десиликации, резкому повышению активности калия и одновременно к интенсификации щелочно-эманационной дифференциации. На этой стадии дифференциация была настолько эффективна, что трудно представить изливание и выбросы огромных масс лейцитовых фонолитов и внедрение псевдолейцитовых и нефелиновых сиенитов и кольцевых даек лейцитовых сиенит-порфиров, если бы они были конечными продуктами дифференциации щелочно-базальтовой магмы. Как видно из диаграммы (фиг. 5) фазового равновесия в системе $Ne-Kc-Kv$, на которой изображен возможный путь дифференциации и кристаллизации Тежсарского щелочного комплекса, кристаллизация лейцита начинается при составе трахитового расплава, равного 60% ортоклазового компонента и продолжается в поле лейцита (точки 4, 5, 6) с образованием лейцитовых трахифонолитов, фонолитов и псевдолейцитовых сиенитов. В дальнейшем ход эволюции постепенно смещается в сторону составов с возрастанием кремнокислотности в ряду щелочной сиенит-нордмаркит-гранит (точки 9, 10, 11, 12). При этом примечательной особенностью эволюции щелочного комплекса является то обстоятельство, что она не достигает низкотемпературной точки перитектики R (Боуэна), а переходит от высокотемпературных составов в поле лейцита $Ne-35\%$, $Kc-35\%$, $Kv-30\%$, к полевошпатовой и далее—к гранитной эвтектикам. Таким образом, преодолевается температурный барьер от нефелин-сиенитовой, вернее лейцит-фонолитовой, к кварц-полевошпатовой эвтектике. Наиболее характерными особенностями эволюции Тежсарского комплекса являются:

1. Изменчивый характер режима щелочности: в вулканический этап с убыванием кремнокислотности при нарастающей щелочности, особенно калиевой (ассимиляция известняков), а в интрузивный этап—с возрастанием кремнокислотности при убывающей щелочности (взаимодействие в пределах гранитного субстрата).

2. Направленный и закономерный характер изменения последовательно формирующихся в стационарных условиях магматических расплавов, приближающихся к эвтектическим составам фonoлита — щелочного сиенита—гранита.

3. Неравновесный характер кристаллизации в субвулканических условиях во всей серии, особенно на лейцитовом этапе, что отчетливо фиксируется структурными взаимоотношениями, полигенетичностью и реакционными соотношениями не только цветных (диопсид, эгирин-авгит; баркевикит, гастингит, биотит), но и калийных (зональный неупорядоченный плагиоклаз, высокопромежуточный анортоклаз, нефелин варьирующего состава) минералов.

Именно исходя из этих особенностей дифференциации и кристаллизации трудно согласиться с представлениями Р. Г. Геворкяна и А. С. Павленко [21], отвергающих роль процессов ассимиляции и принципы последовательной эвтектической кристаллизации и обосновывающих кристаллизационную фракционную дифференциацию толеитовой магмы в условиях повышения щелочности и действия «механизма процесса апотектической и зотермической кристаллизации». Выдвигаемая ими петрогенетическая модель предполагает обязательно равновесный характер кристаллизации, что противоречит особенностям формирования Тежсарского комплекса.

В целях выяснения вопроса о поле кристаллизации лейцита, его состава и условиях превращения в псевдолейцит необходимо хотя бы в первом приближении выяснить термодинамические условия (глубина, температура) формирования вулканических, субвулканических и интрузивных пород Тежсарского комплекса (табл. 11).

Бликие величины температур получаются по содержанию TiO_2 в магнетитах из эффузивных (5,22—4,33%) и интрузивных (4,16—4,03%) пород по диаграмме Баддингтона (1965)—соответственно 700—850 и 550—700° и по температуре перехода бурой роговой обманки в зеленую, присутствующих в псевдолейцитовых сиенитах, равной примерно 700—750° [15]. По данным Л. Л. Перчука и А. С. Павленко [23], формирование нефелиновых сиенитов Памбака протекало при температуре 500—700°. Что же касается условий давления, то исходя из анализа строения кольцевой структуры (кальдеры), углам схождения кольцевых и конических структур, расчетная глубина магматической камеры составляет 5—6 км*. Эксплозивная деятельность центрального вулкана происходила при атмосферном давлении, а субвулканические дайки эпилейцитовых сиенит-порфиров формировались в вулканогенной толще мощностью 0,6—1 км. Среди интрузивных пород псевдолейцитовые сиениты обнажаются в эндоконтактных, наиболее эродированных частях центрального интрузива на отметках 1500—2000 м, а в купольной части, на отметках более 3000 м обнажается покровная щелочных эффузивов на кровле интрузива щелочных сиенитов. Таким образом, с учетом покровной (0,6—1 км) и глубины эрозионного среза (1—1,5 км) форми-

* По данным Г. П. Багдасаряна оценивается в 3—4 км.

рование псевдолейцитовых сиенитов соответствовало условиям давления на глубинах 1,5—2,5 км, возможно и несколько более.

Суммируя, подчеркнем, что рассмотренные особенности эволюции и приближенные оценки условий кристаллизации Тежсарского вулканоплутоического комплекса позволяют считать, что при трактовке его петрогенезиса правомерно исходить из принципов термодинамики необратимых неравновесных процессов в приложении к эволюции магматических систем в поле градиентов интенсивных параметров [11, 12, 16]. При этом в условиях значительных градиентов давлений и температур концентрация компонентов в расплаве при стационарном характере магматической кристаллизации и длительном массообмене с вмещающими породами связана с явлениями термо- и бародиффузии.

Исходя из сказанного, в происхождении лейцитовых пород в вулканический этап мы значительную роль отводим процессам диффузионной десиликации магмы при взаимодействии с эопалеозойскими (возможно сенонскими) карбонатными породами в неглубокозалегающей магматической камере, а в интрузивный этап — с явлениями взаимодействия в гранитно-метаморфическом субстрате, ведущими к возрастанию концентрации SiO_2 в остаточной магме и отклонению хода дифференциации в сторону появления насыщенных пород ряда сиенит-гранит. Частичное растворение SiO_2 в остаточной лейцит-фонолитовой магме возможно приводило к неустойчивости лейцита и его распаду.

Как показывают химические составы псевдо- и эпилейцитов и пересчеты на формулу лейцита, форма и сохранность кристаллов, составы псевдоморфных фаз, процесс распада первичного лейцита должен был носить изохимический характер без участия ионного обмена калия лейцита на натрий при взаимодействии остаточного богатого натрием расплава с фенокристаллами лейцита, допускаемом Боуэном, Билибиным и др., тем более, что между лейцитом и жидкой фазой до ее полной кристаллизации устанавливается довольно устойчивое равновесие.

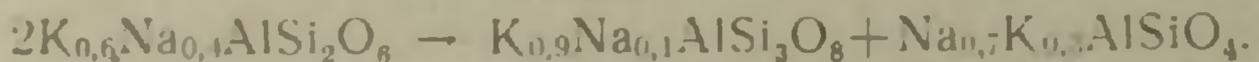
Однако предположение о существовании кали-натриевых лейцитов (Вашингтон) или богатых калием анальцимов до последнего времени не подтверждается ни анализами природных лейцитов (1—1,5% Na_2O), ни экспериментом. В то же время более вероятно предположение о возможности кристаллизации в особых условиях значительных перепадов градиентов интенсивных параметров, богатых натрием лейцитов, неустойчивых при более низких температурах, чем температура инконгруэнтного плавления ортоклаза [13, 28]. В пользу этого говорят и следующие факты: а) сходство химических составов псевдолейцитов и эпилейцитов с различным минеральным составом выполнения; б) постоянное нахождение в составе псевдоморфоз ортоклаза (70—75%) натриевой фазы, представленной кроме нефелина в псевдолейцитах либо анальцимом, либо натролитом, либо содалитом или парагонитом; в) наличие псевдоморфоз анальцима, замещающегося с краев и с центра ортоклазом с характерными для лейцита полисинтетическим двойникованием и включениями магнетита; г) высокие концентрации в составе элементов-

примесей Cs, Rb, Ba, Mo, W, малохарактерных для других калиевых минералов комплекса.

Такое предположение подтверждается экспериментальными исследованиями последних лет с природными лейцитами и псевдолейцитами Р. Фудали [28], установившего, что в системе нефелин-калсилит-кварц-вода и при $P_{H_2O} = 1000$ атм, первоначальное поле лейцита сильно ограничено, чем в системе Не—Кс—Кв, а ликвидус изобарического сечения ниже на 200—400°C. Образующиеся в этих условиях твердые растворы лейцита расположены вдоль линии $KAlSi_2O_6 - NaAlSi_2O_6$, достигая 28% натриевого компонента при 1000 атм, возрастая с падением давления максимум до 40% в сухой системе. Ниже солидуса такие лейциты становятся метастабильными и распадаются на нефелин-полевой шпат.

Как видно из диаграммы, поле, оконтуренное по анализам Тежсарских псевдолейцитов, характеризуется 27—40% $NaAlSi_2O_6$ компонента, в среднем около 35%, что с учетом условий давления (2,5—5 км) находится в согласии с экспериментальными данными Р. Фудали [28]. В то же время в условиях неравновесной кристаллизации со значительными перепадами температур и давлений, состав богатого натрием лейцита, как и других калинатриевых минералов, имел определенные вариации.

Схематически процесс распада неустойчивого при низких температурах кали-натриевого лейцита в условиях субсолидуса с учетом предельного состава лейцитового твердого раствора и составов, возникающих фаз ортоклаза и нефелина выражается следующим образом:



Эксолюция богатого натрием лейцита происходит при температуре 500—550°C и давлении порядка 1000 атм. с образованием псевдолейцитового парагенезиса бедного натрием ортоклаза ($Or_{90-87} Ab_{8-13}$) с богатым калием нефелином ($Ne_{68-76} Kc_{24-32}$) при соотношении 3:1. Структурные соотношения калиевых минералов указывают, что распад лейцита происходит после выделения главной массы ортоклаза и до кристаллизации нефелина. В полосе развития различных типов псевдолейцитовых сиенитов, а также в крупнокристаллических анальцим-содержащих нефелиновых сиенитах центрального штока главная масса нефелина связана с распадом богатых натрием лейцитов.

Полиэдрические, хорошо огащенные псевдолейциты сохранились лишь в эндоконтактных частях интрузива благодаря быстрой кристаллизации ортоклаз-псевдолейцитовых сиенитов. По мере удаления к внутренним частям массива вследствие медленной кристаллизации и растворения псевдолейцитов последние приобретают округлые овоидальные очертания и розовый оттенок в ортоклаз-нефелин-псевдолейцитовых и крупнокристаллических сиенитах и далее полностью исчезают. Более поздними являются среднекристаллические нефелиновые сиениты без псевдолейцитов и сравнительно обедненные нефелином.

Проведенные исследования позволяют склониться к мнению о возможности существования в особых условиях неустойчивых богатых нат-

Таблица 11

Вероятные глубины и температуры кристаллизации лейцитсодержащих пород Тежсарского щелочного комплекса*

Фации лейцитовых пород		Составы сосуществующих минералов				Условия кристаллизации			
		Не--КФШ	Пл--КФШ	Пл $\frac{Ca}{Ca+Na}$	Амф $\frac{Ca}{Ca+Na+K}$	Пределы температур, С°	Пределы глубин, км		
Эффузивная	Эпилейцитовые трахиты, фонолиты (потоки)	—	Аб ₆₃ —52 Ан ₁₇ —18 Ор ₆₀ Аб ₄₀	1100°	Пло,37 Амфо,43	1000°	1100—1000	0,0	
Субвулканическая	Эпилейцитовые сyenит-порфиры (дайки)	Не ₆₅ Кс ₃₅ Ор ₈₅ —Аб ₁₅	900°	А ^с ₆₁ —68 Ан ₁₆ —32 Ор ₆₄ —Аб ₃₆	850°	Пло,32 Амфо,49	800°	900—800	0,6—1
Интрузивная	Псевдолейцитовые, нефелиновые сyenиты	Не ₈₀ Кс ₂₀ Ор ₆₅ Аб ₃₅	550°	Аб ₃₂ Ан ₆₈ Ор ₆₅ Аб ₃₅	800°	Пло,32 Амфо,59	600°	800—550	1,5—2,5
	Псевдолейциты	Не ₇₆ Кс ₂₄ Ор ₈₈ Аб ₁₂	550°	Аб ₉₀ Ан ₁₀ Ор ₈₈ Аб ₁₂	450°	—	—	500—550	1,5—2,5

* Приближенные температуры кристаллизации определялись по диаграммам растворимости кремнезема в нефелине [9], сосуществования калишпат-плагноклаз [5], фазового соответствия для системы Не—КФШ—Пл и плагноклаз-амфибол [23].

рием лейцитов, что подтверждается экспериментальными данными и поразительным сходством составов памбакских псевдолейцитов с псевдолейцитами других регионов [27, 28, 30 и др.]. Кроме того, для Сыннырской интрузии устанавливается непосредственный распад нормального лейцита на калсилит + микроклин [1, 13].

Превращения метастабильного богатого натрием лейцита при формировании в различных условиях лейцитосодержащих пород представляются в следующем виде.

I. В вулканический этап после кристаллизации лав фенокристаллы лейцита и обломки его в пирокластолитах подвергаются воздействию вулканических эманций (CO_2 , H_2O , Cl , SO_3 , F) и непосредственно переходят в эпилейцит. Не исключено, что в мезостазице плотных закаленных лав эти первичные лейциты могли сохраниться и не исключено их обнаружение.

II. В субвулканический этап в дайках порфиров лейцит претерпевает сначала распад в псевдолейцит, а затем превращается в эпилейцит.

III. В интрузивный этап всплывшие в результате кинетической дифференциации фенокристаллы лейцита попадают в область более низких температур ($800-550^\circ$) и менее недосыщенные SiO_2 участки магматической камеры и распадаются ниже температуры субсолидуса на бедный натрием ортоклаз и богатый калием нефелин.

IV. В позднемагматическую стадию как псевдолейцитовые сиениты, так и дайки и эффузивы эпилейцитовых фонолитов претерпевают метасоматоз ранней и поздней щелочной стадии с возникновением в псевдоморфозах новообразований альбита, мусковита, натролита, кальцита и хлорита.

Рассмотренный механизм возникновения лейцитовых и нефелинсодержащих щелочных пород, а также установление факта образования псевдолейцита в результате распада богатого натрием лейцита являются по существу новыми и объясняют многие аспекты петрогенезиса щелочно-базальт-лейцит-фонолитовых серий и природы псевдоморфоз по лейциту.

Основные выводы

1. В возникновении лейцитовых щелочных пород Тежсарского комплекса значительную роль при магматической дифференциации щелочной оливин-базальтовой магмы в условиях значительных перепадов градиентов интенсивных параметров играли процессы длительного взаимодействия и массообмена ее с карбонатными и гранитными породами субстрата.

2. В результате неравновесной кристаллизации в условиях значительных градиентов температур и давлений выделившиеся неустойчивые при низких температурах кристаллы кали-натриевого лейцита претерпевают в условиях субсолидуса (550°C) распад с образованием псевдолейцита: KNa —лейцит \rightarrow KNa —ортоклаз + NaK —нефелин.

3. Главная масса нефелина из богатых калием высокотемпературных недосыщенных фонолитовых расплавов, отклоняющихся от составов низкотемпературной тройной эвтектики, выделяется в результате распада метастабильного KNa-лейцита в псевдолейцит, а также последующего его растворения и рекристаллизации в условиях медленного спада температуры.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 22.II.1969.

Բ. Մ. ՄԵԼԻՔՍԵՅԱՆ

ԹԵԺՍԱՐԻ ԱԼԿԱԼԱՅԻՆ ԿՈՄՊԼԵՔՍԻ ՓՍԵՎԴՈՂԵՅՑԻՏԻ ԵՎ ԼԵՅՑԻՏ
ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ԱՊԱՐԵՆԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Թեթսարի ալկալային կոմպլեքսի համար շափազանց բնորոշ են լեյցիտի բյուրեղների հաշվին զոյացած փսևգոմորֆոզներ, որոնք հրաբխային, սուբվոլկանիկ և ինտրուզիվ ապարներում իրենց լայն տարածումով, կուտակումների շափերով, լավ զարգացած բյուրեղագիտական պատկերով և կազմութամբ յուրահատուկ տեղ են դրավում ինչպես ՍՍՀՄ, այնպես էլ արտասահմանյան հանրավայրերի շարքում:

Ֆիզիկո-քիմիական և ռենտգենոմետրիկ ուսումնասիրությունները հնարավորություն են տալիս այդ փսևգոմորֆոզները բաժանել մի շարք տիպերի, որոնք տարբերվում են իրենց քիմիական և միներալային կազմութամբ: Հեղինակը հանգում է այն եզրակացությունը, որ ջերմաստիճանի և ճնշման ղգալի տատանումների պայմաններում անհավասարակշիռ բյուրեղացման ժամանակ արդեն առաջացած կալիում-նատրիումային լեյցիտի բյուրեղները, ցածր ջերմաստիճաններում դառնում են անկայուն և տրոհվում են առաջացնելով նատրիումով աղքատ օրթոկլազի և կալիումով հարուստ նեֆելինի հարաճումներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Андреев Г. В., Шаракшинов А. О. О происхождении псевдолейцитовых сиенитов плутона Сыныр. Геология и геофизика, № 11, 1965.
2. Архангельская В. В. О генезисе псевдолейцитов Сынырского массива щелочных пород. ДАН СССР, т. 164, № 3, 1965.
3. Багдасарян Г. П. Петрография щелочных эффузивных пород Арм. ССР. Изд. АН СССР, сер. геол., № 2, 1956.
4. Багдасарян Г. П. Интрузивные породы Базумо-Памбакской области. «Геология Армянской ССР», т. III, 1966.
5. Барт Т. Ф. Измерение палеотемператур гранитных пород. Изд. АН СССР, М., 1962.
6. Билибин Ю. А. Проблема псевдолейцита. ЗВМО, 68, 1939.
7. Боуэн Н. Л., Таттл О. Ф. Система $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{SiO}_2$. Сб. «Полевые шпаты», ИЛ, 1952.
8. Грин Д. Х., Рингвуд А. Э. Происхождение базальтовых магм. Сб. «Петрология верхней мантии», Изд. Мир, 1968.

9. Гамильтон Д. Л., Мак-Кензи В. С. Твердый раствор нефелина в системе $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ — KAlSi_3O_8 — SiO_2 . Сб. Вопросы теорет. и экспериментальной петрологии. ИЛ, 1963.
10. Дир У. А., Хаун Р. А., Зусман. Породообразующие минералы, т. 4, Изд. Мир, 1966.
11. Дмитриев Л. В., Котина Р. П., Ярошевский А. А. О характере эволюции магматической системы в поле градиентов интенсивных параметров. Геохимия, № 4, 1965.
12. Жариков В. А. Термодинамическая характеристика необратимых природных процессов. Геохимия, № 10, 1965.
13. Жидков А. Я. Уникальное месторождение псевдолейцитовых ультракальневых снейитов. ДАН СССР, т. 152, № 2, 1963.
14. Заварицкий А. Н. О псевдолейцитовых и эпидейцитовых горных породах. ДАН СССР, т. 3, № 8—9, 1934.
15. Заварицкий А. Н., Соболев В. С. Физико-химические основы петрографии изверженных пород, Изд. «Наука», 1961.
16. Ифантопуло Т. Н., Кравченко С. М. и др. Акцессорные минералы как индикаторы особенностей петрогенезиса. «Наука», 1969.
17. Котляр В. Н. Лейцитовые породы Памбака. ЗВМО, вып. 6, 1957.
18. Марфунин А. С. Полевые шпаты, фазовые взаимоотношения, оптические свойства, геологическое распределение. Изд. АН СССР, 1962.
19. Марфунин А. С. О нефелин-полевошпатовом парагенезисе в снейитах Памбака и связанных с ними вопросах. Сб. научн. тр. Московск. ин-та Цветметзолота, 1958, 28.
20. Мурхауз В. Практическая петрография. ИЛ, 1963.
21. Павленко А. С., Геворкян Р. Г., Филиппов Л. В. К вопросу о соотношении щелочно-земельных и щелочных базальтоидных серий. Сб. Проблемы геохимии. 1965.
22. Петров В. П. Лейцитовые породы Закавказья. Изв. АН СССР, сер. геологич., № 2, 1947.
23. Перчук Л. Л., Павленко А. С. Влияние температуры на распределение некоторых изоморфных компонентов между сосуществующими минералами щелочных пород. Геохимия, № 9, 1967.
24. Ритман А. Вулканы и их деятельность. ИЛ, 1964.
25. Тилли С. Э. Парагенезис нефелин-щелочной полевой шпат. Сб. «Вопросы теоретической и экспериментальной петрологии». ИЛ, 1963.
26. Тернер Ф., Ферхуген Дж. Петрология изверженных и метаморфических пород, ИЛ, 1961.
27. Циес Е. Г., Чейз Ф. Состав псевдолейцита из гор. Бэрно, Монтана. Сб. «Вопросы теоретической и экспериментальной петрологии». ИЛ, 1963.
28. Fudali R. F. Experimental Studies Bearing on the Origin of Pseudoleucite and Associated problems of Alkalik Rock systems. Bull. geol. soc. Amer., vol. 74, № 9, 1963.
29. Fudali R. F. On the origin of pseudoleucite. Trans. Am. Geophys. Union, v. 38, 1957.
30. Larsen E. S., Buie B. F. Potash analcime and pseudoleucite from the Highwood Mountains of Montana, Amer. Mineral., v. 23, 1938.
31. Miyashiro A. The ranges of chemical composition in nepheline and their petrogenetic significance, Geochim. et Cosmochim. Acta, 1, 1951.