

ЦЕОЛИТЫ ИЗ ВЕРХНЕЮРСКИХ—НИЖНЕМЕЛОВЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД КАФАНСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ

Минеральная группа цеолитов, исключительно широко развитая в вулканических брекчиях и лавах титон—средневаланджинской вулканической серии Кафанского антиклинория, морфологически связана с выполнением мелких гнезд, жеод, а также прожилков и миндалинов, размер которых достигает 3—5 см в поперечнике. Специальное изучение этих минералов позволило выявить около шести разновидностей, детальная характеристика которых приводится в литературе по региону впервые.

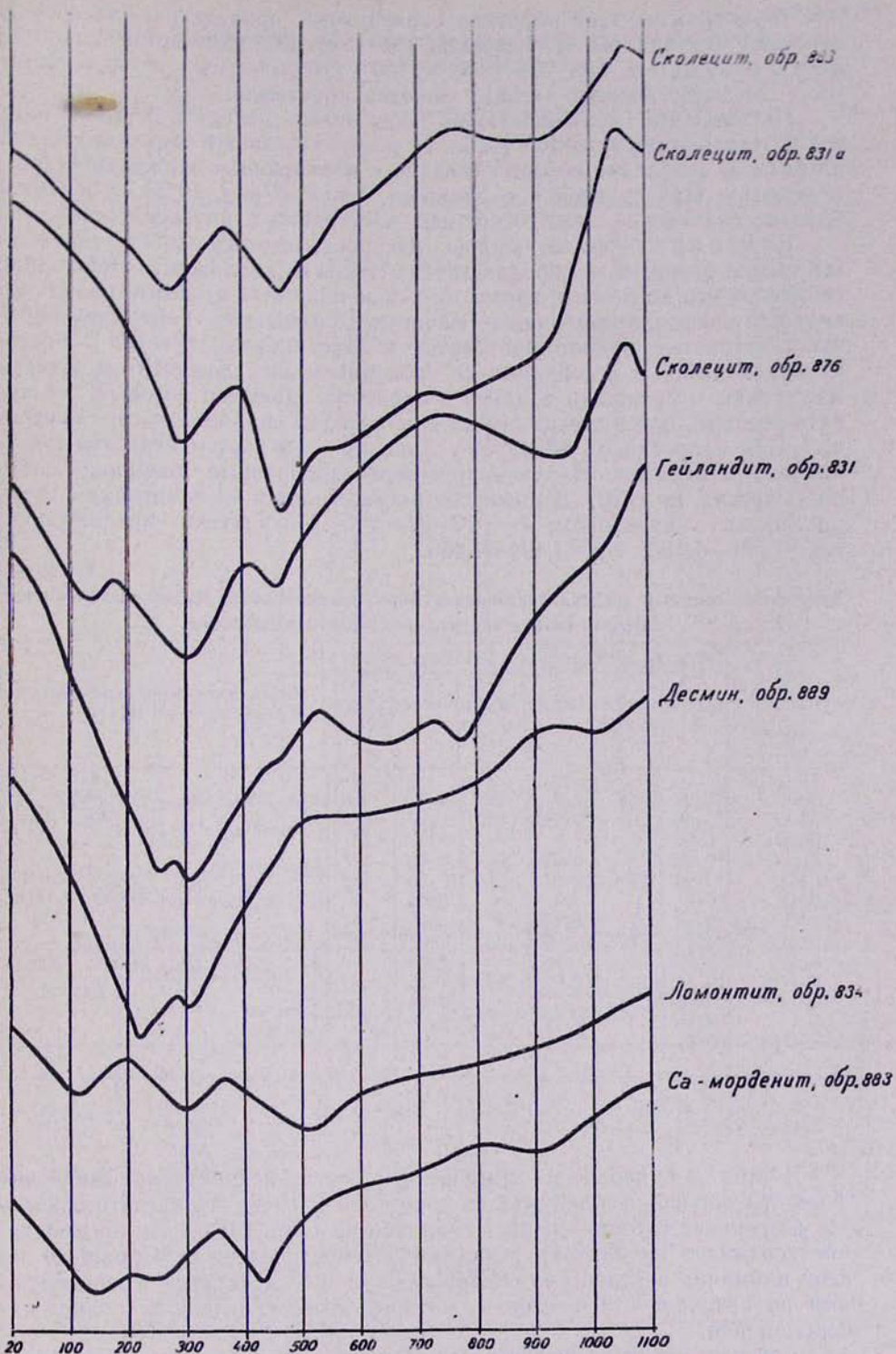
Основные различия цеолитов описываются ниже по следующим кристаллохимическим группам (Штрунц, 1965):

- 1—группа натролита (сколецит);
- 2—группа гейландита-десмина (гейландит, десмин);
- 3—группа ломонтита-жисмондина (ломонтит, кальцевый морденит);
- 4—группа гмелинита (гмелинит).

Сколецит — один из самых распространенных цеолитов и развит преимущественно в составе миндалинов и гнезд андезитов-базальтов и брекчий титон—средневаланджинской серии, особенно на северо-восточном крыле Кафанского антиклинория. Довольно крупные (5—8 см) выделения сколецита характерны для андезитов верхов Кармакарского разреза. Сколецит в миндалинах образует плотные, радиально-лучистые белые агрегаты, достигающие 3—5 см, а также нередко замещает вкрапленники плагиоклаза. Под микроскопом эти агрегаты представляют параллельные сростки удлиненных клиновидных кристаллов с тонким двойникованием внутри отдельных индивидов. Двойники по закону осей; плоскость двойникования [100]; координаты двойниковой оси: $Ng=85^\circ$, $Nm=22,5^\circ$, $Np=70,5^\circ$. Видна отчетливая спайность по призме (110). Удлинение отрицательное ($-$) $2V=36^\circ, 38^\circ$. $CNp=13-15^\circ$. Показатели преломления: $Ng'=1,512-1,521$; $Nm=1,509-1,515$; $Np'=1,503-1,507$. В некоторых образцах со сколецитом в тесных параллельных сростках отмечается изотропизированная разность, содержащая ступчатые выделения гематита и сильно пелитизированная; Nm этой разности—1,501. Возможно, она относится к метасколециту.

Химический состав и кристаллохимические формулы сколецитов приведены в табл. 1. Следует при этом отметить, что содержания Si и Al в каркасе постоянны и близко отвечают теоретической формуле.

Некоторые различия в составе катионов связаны с изоморфизмом по типу $Ca^{+2} \rightarrow 2Na^{+1}$ и $Ca^{+2} \rightarrow Sr^{+2}$, обычным для натролитовой группы. По сравнению с теоретическим составом отмечается избыток воды, принятый за воду поглощенную.



Фиг. 1. Дифференциально-термические кривые минералов группы цеолитов.
(Записаны И. Х. Петросовым и С. О. Ачикгезяном).

Термограммы трех образцов сколецитов, приведенные на фиг. 1, отвечают эталону (В. П. Иванова, 1961). Резкие эндотермические эффекты отмечаются при 270—300 и 450—470°; подъем и небольшие пики при 900° отвечают распаду решетки кристалла.

Порошковые рентгенограммы изученных цеолитов (обр. 831а и 876) сходны между собой (табл. 2) и обнаруживают несколько линий натролита, появление которых связано с изоморфным вхождением Na^{+1} в решетку. При сравнении с данными Пенга (Peng, 1955) отмечается близкое совпадение межплоскостных расстояний и интенсивностей.

Гейландит—также широко распространенный цеолит, преимущественно развитый в породах титона-среднего валанжина. Небольшие скопления его встречаются, кроме того, в миндалинах андезито-базальтов верхнего оксфорда-кимериджа (Вачаган, Норашиник). Гейландит образует листоватые, лучисто-листоватые и пластинчатые сростки и постоянно находится в ассоциации со сколецитом или ломонитом, слагая миндалины и прожилки в лавах и брекчиях. Цвет его розовый, желтовато-розовый, блеск стеклянный, на плоскостях спайности—перламутровый. Под микроскопом образует удлиненно-волокнистые агрегаты с пятнистым погасанием. Наблюдаются веретенообразные двойники; спайность четкая, по (010). В иммерсии раскалывается на пластинки с отрицательным удлинением; $(-)\text{2V}=34-36^\circ$. Показатели преломления: $\text{Ng}'=1,501-1,495$; $\text{Nr}'=1,493-1,486$.

Таблица 1
Химический состав и кристаллохимические формулы сколецитов из мандельштейновых андезито-базальтов титона—среднего валанжина

Окислы	Образец 831а		Образец 876		Образец 883		Кристаллохимические формулы в пересчете на 10(O)
	весов. %	молек. кол-ва	весов. %	молек. кол-ва	весов. %	молек. кол-ва	
SiO ₂	46.08	768	46.47	774	46.02	766	обр. 831а. (Ca _{0.93} Sr _{0.03} Na _{0.14}) ₁₁₃ [Si _{2.97} Al _{2.02} O ₁₀]. 3H ₂ O + 1.63H ₂ O
Al ₂ O ₃	26.60	261	26.50	260	27.70	272	
Fe ₂ O ₃	0.31	2	—	—	0.07	1	
MgO	0.09	3	0.08	3	0.05	3	обр. 876. (Ca _{0.82} Sr _{0.02} Na _{0.40}) _{1.24} [Si _{2.93} Al _{2.02} O ₁₀]. 3H ₂ O + 2.14H ₂ O
CaO	13.90	248	12.01	214	10.20	182	
BaO	0.01	—	сл.	—	0.04	—	
SrO	0.73	7	0.44	4	сл.	—	обр. 883. (Ca _{0.72} Na _{0.25}) _{0.57} [Si _{2.93} Al _{2.02} O ₁₀]. 3H ₂ O + 2.8H ₂ O
Na ₂ O	1.10	18	3.20	52	2.04	32	
K ₂ O	0.02	—	сл.	—	0.04	—	
H ₂ O +	10.74	600	12.02	667	13.30	744	
H ₂ O -	0.06		—	—	0.06		
S	0.14		—	0.14	—		
P ₂ O ₅	0.01	—	0.01	—	0.01	—	
Σ	99.79		100.87		99.81		

В табл. 3 приводятся химический состав и кристаллохимические формулы образца гейландита из миндалины и гнезд в андезито-базальтах и брекчиях титона—среднего валанжина (обр. 831 р). Их рассмотрение указывает на близость состава к теоретическому. Обращает на себя внимание постоянство содержаний Al и Si в каркасе и значительный по величине избыток воды, который следует относить к типу адсорбционной.

Дифференциально-термическая кривая образца гейландита (фиг. 1) сходна с эталонными. На ней отчетливо проявлены низкотемператур-

Таблица 2

Рентгенометрическая характеристика скелечита из андезито-базальтов
титона—среднего валанина

Образец 831a			Образец 876		
№ линий	J	$\frac{d}{a}$ п	№ линий	J	$\frac{d}{a}$ п
1	6	(7,360)	1	3	(7,17)
2	10	6,672	2	6	6,54
3	4	5,89	3	2	5,80
4	4	5,09	4	4	4,696
5	5	4,74	5	5	4,556
6	6	4,644	6	6	4,167
7	7	4,22	7	7	4,127
8	3	3,64	8	2	3,20
9	4	3,290	9	3	3,18
10	2	3,01	10	2	3,07
11	7	2,889	11	4	2,97
12	6	2,85	12	6	2,878
13	2	2,698	13	3	2,559
14	4	2,585	14	2	2,425
15	2	2,47	15	3	2,289
16	5	2,435	16	3	2,183
17	3	2,32	17	3	2, 07
18	6	2,205	18	2	1,999
19	3	2,041	19	1	1,891
20	4	1,988	20	4	1,812
21	4	1,877	21	2	1,74
22	6	1,809	22	4	1,714
23	5	1,721	23	4	1,665
24	3	1,646	24	3	1,606
25	3	1,590	25	4	1,584
26	4	1,491	26	2	1,484
27	3	1,459	27	2	1,379
28	3	1,386	28	1	1,302
29	5	1,307	29	1	1,21
30	4	1,239			
31	3	1,212			

Таблица 3

Химический состав гейландита (обр. 831p) и десмина (обр. 889)

Окислы	Обр. 831p		Обр. 889		Кристаллохимические формулы в пересчете на 18(O)
	весовые %	молек. кол-ва	весовые %	молек. кол-ва	
SiO ₂	59,20	986	56,01	932	обр. 831 p. (Ca _{1,01} Fe ⁺³ _{0,93} Na _{0,1} K _{0,03} Sr _{0,03}) _{1,26} [Si _{6,73} Al _{2,27} O ₁₈].6H ₂ O+5H ₂ O;
Al ₂ O ₃	16,86	166	17,20	169	
Fe ₂ O ₃	0,35	3	—	—	
CaO	8,32	148	8,80	157	
BaO	0,021	—	0,005	—	
SrO	0,52	—	0,38	—	обр. 889. (Ca _{1,11} Sr _{0,03} Na _{0,16} K _{0,01}) _{1,31} [Si _{6,61} Al _{2,39} O ₁₈].7H ₂ O+6,7H ₂ O
Na ₂ O	0,56	5	0,70	4	
K ₂ O	0,36	10	0,08	11	
H ₂ O ⁺	13,82	4	16,24	1	
H ₂ O ⁻	0,76	810	1,08	966	
S	0,14	—	0,14	—	
P ₂ O ₅	0,01	—	0,01	—	
Σ	109,91		100,64		

ные эндотермические пики при 240 и 300—310°, отвечающие дегидратации поглощенной воды. Четкий экзотермический эффект отмечается при 500°, который сменяется эндотермической реакцией на интервале 600—650°, соответствующем удалению конституционной воды. Далее, при 900—1000° происходит распад кристаллической решетки.

Результаты рентгенометрического изучения гейландита из пород титона—среднего валанжина (табл. 4) указывают на близость полученной порошкограммы к эталонным. Устанавливаются вместе с тем интенсивные линии, отвечающие гмелиниту.

Рентгенометрическая характеристика гейландита (обр. 831р)

Таблица 4

№ линий	I	$\frac{d}{n}$	№ линий	I	$\frac{d}{n}$
1	ср.	(10,28)	11	с.	3,04
2	оч. с.	9,43	12	ср.	2,73
3	ср.	6,36	13	ср.	1,824
4	ср. с.	4,715	14	ср.	1,729
5	ср.	4,539	15	ср.	1,63
6	с.	4,122	16	ср.	1,60
7	ср.	3,76	17	ср.	1,55
8	ср.	3,51	18	ср.	1,44
9	ср.	3,37	19	ср. с.	1,42
10	ср. с.	3,20	20	ср.	1,249
			21	ср.	1,253

Десмин — часто встречающийся цеолит, слагающий совместно с гмелинитом, сколецитом и кальцитом миндалины и мелкие прожилки в лавах и брекчиях титона—среднего валанжина. Образует светло-розовые сноповидные, волокнистые агрегаты со стекловатым блеском. В иммерсии имеет вид длиноволокнистых агрегатов с четко выраженной спайностью по (0 10); координаты полюса спайности: $Ng=90^\circ$, $Nm=0^\circ$, $Np=90^\circ$. Удлинение отрицательное; $CNp=5-7^\circ$. Оптически отрицательный с 2V примерно 36—38°. Показатели преломления: $Ng'=1,510$, $Nm'=1,507$, $Np'=1,498$.

Химический состав и кристаллохимическая формула десмина (табл. 3) соответствуют теоретическому составу. По значительному содержанию молекул воды в элементарной ячейке изученный десмин относится к относительно низкотемпературному образованию. Избыток воды следует относить к адсорбционному типу.

Термограмма образца десмина (фиг. 1) обнаруживает характерные для эталона эндотермические пики при 210 и 300°. Далее отмечается экзотермический подъем на интервале 450—500°, сменяющийся нечетким эндотермическим эффектом при 600°.

Результаты порошкограммы десмина из пород титона—среднего валанжина приведены в табл. 5. Характерны интенсивные рефлексы 9,002(10), 4,054(10), 3,02(10), 2,005(5), 1,775(5), 1,355(3).

Ломонит — совместно с гейландитом и сколецитом встречается в гнездах в составе цемента вулканических брекчий титона—среднего валанжина; значительно реже отмечается в виде мономинеральных выполнений миндалины. По внешнему виду ломонит образует светло-розовые, оранжево-желтые рассыпающиеся агрегаты. Под микроскопом имеет вид пластинчато-волокнистых агрегатов с волнистым погасанием. В иммерсии раздавливается на удлиненные пластинки с положительным знаком главной зоны; $CNg=20-22^\circ$. Наблюдается четкая спайность по (010); координаты полюса спайности: $Ng=90^\circ$, $Nm=0^\circ$, $Np=90^\circ$.

Таблица 5

Рентгенометрическая характеристика десмина (обр. 889)

№ линий	J	$\frac{d}{n} \cdot z$	№ линий	J	$\frac{d}{n} \cdot z$
1	8		15	3	2,53
2	10	(9,99)	16	3	2,343
3	2	9,002	17	5	2,005
4	4	7,7	18	3	1,891
5	4	6,36	19	7	1,822
6	6	5,26	20	5	1,775
7	5	4,55	21	2	1,722
8	10	1,45	22	2	1,632
9	4	4,054	23	2	1,580
10	3	(3,72)	24	3	1,550
11	6	3,46	25	3	1,434
12	7	3,37	26	3	1,355
13	10	3,316	27	3	1,299
14	6	3,02			
		2,767			

(—) 2V составляет 34—36°. Показатели преломления: $Ng' = 1,505—1,510$, $Nm = 1,501—1,507$, $Np' = 1,493—1,503$.

Химический состав и кристаллохимическая формула ломонтита приводятся ниже, в табл. 6. Приведенные данные свидетельствуют о соответствии полученной формулы теоретической; отмечается лишь избыток воды, принятый нами за поглощенную.

Таблица 6

Химический состав ломонтита (обр. 834)

Окислы	Весовые %	Молек. колич.	Кристаллохимическая формула в пересчете на 12 (O)
SiO ₂	51,18	853	$(Ca_{1,02} Sr_{0,03} Na_{0,02})_{1,07}$ $[Si_{3,88} Al_{2,12} O_{12}] \cdot 4H_2O + 1,76H_2O$
Al ₂ O ₃	23,90	234	
CaO	12,60	225	
MgO	0,08	3	
BaO	0,01	—	
SrO	0,70	7	
Na ₂ O	0,08	2	
K ₂ O	0,02	—	
H ₂ O+	10,46	632	
H ₂ O—	0,88	—	
S	0,20	—	
P ₂ O ₅	0,01	—	
Σ	100,12		

Кривая нагревания образца ломонтита (фиг. 1) обнаруживает сходство с эталоном. Низкотемпературные эффекты дегидратации лежат в области температур 120—130° и 300°; выделение кристаллизационной воды происходит при 500°.

Порошкограмма описываемого образца ломонтита обнаруживает интенсивные рефлексы 10,18(8), 9, 22(10), 4,11(6), 3,24(5), 1,87(6), 1,556(7), характерные для эталона. Ряд линий, однако, принадлежит гармотому.

Кальциевый морденит встречается сравнительно редко и обнаружен в цементе брекчий титона—среднего валанжина у с. Арцва-

Рентгенометрическая характеристика ломонтита (обр. 834)

№ линий	J	$\frac{d}{n}$	№ линий	J	$\frac{d}{n}$
1	8	10.18	16	5	2.575
2	10	9.22	17	4	2.41
3	4	7.38	18	8	2.34
4	7	6.726	19	3	2.25
5	4	5.137	20	4	2.136
6	8	4.689	21	2	2.07
7	6	4.112	22	2	1.971
8	3	3.81	23	4	1.942
9	4	3.62	24	6	1.874
10	6	3.44	25	6	1.714
11	4	3.30	26	2	1.622
12	5	3.24	27	7	1.556
13	10	3.107	28	3	1.515
14	6	2.99	29	2	1.466
15	3	2.65			

ник, где ассоциирует с гейландитом, сколецитом и кварцем. Образует беловато-серые рассыпающиеся агрегаты. В иммерсионных препаратах виден агрегат игольчатых кристалликов с низким двупреломлением. Погасание прямое. Показатели преломления несколько завышены: $Ng' = 1.497$, $Nm = 1.445$, $Np' = 1.493$.

Химический состав кальцевого морденита приведен в табл. 8. Рассчитанная кристаллохимическая формула по содержанию Si и Al в каркасе, а также по содержанию цеолитной воды близко отвечает теоретической. В сумме катионов заметно преобладает кальций, на основании чего минерал отнесен к кальцевой разновидности. Этим, видимо, можно объяснить и расхождение значений показателей преломления между описываемым морденитом и морденитами по справочникам.

Таблица 8

Химический состав кальцевого морденита

Окислы	Весовые %	Молек. коэфф.	Кристаллохимическая формула в пересчете на 24(O)
SiO ₂	69.48	1157	(Ca _{1.19} Na _{0.08} K _{0.06} Str _{0.03}) _{1.36} [Si _{9.75} Al _{2.20} O ₂₄] · 7H ₂ O + 0.85H ₂ O
Al ₂ O ₃	13.10	128	
CaO	7.90	141	
BaO	0.01	—	
SrO	0.41	4	
Na ₂ O	0.30	5	
K ₂ O	0.38	4	
H ₂ O ⁺	7.76	465	
H ₂ O ⁻	0.64	—	
S	0.12	—	
P ₂ O ₅	0.01	—	
100.11			

Для дифференциально-термической кривой кальцевого морденита (фиг. 1) характерно удаление воды при низких температурах (120°, 240°). Наблюдается, кроме того, дополнительный эндотермический эффект в интервале 400—420°, что отвечает выделению конституционной воды.

Гмелинит сравнительно редкий цеолит и встречен совместно с ломонтитом в миндалинах андезито-базальтов и андезитов района Кармакарского перевала и у с. Ариваник. Образует ярко-розовые

матовые агрегаты изометричных или пластинчатых кристаллов. В иммерсии раскалывается на изометричные спайные обломки, переполненные неопределимыми тонкими игольчатыми включениями, видимо, гётита. Оптически аномален и обнаруживает коноскопическую фигуру двусного положительного минерала с малым углом 2V. Показатели преломления: $N_o=1,496$, $N_e=1,482$. Порошковая рентгенограмма гмелинита (табл. 9) близко совпадает с эталонной по РОМ В. И. Михеева. Характерными интенсивными линиями являются 9,3(10), 4,65(5), 4,06(8), 3,02(8), 2,76(6), 1,82(7).

Таблица 9
Рентгенометрическая характеристика
гмелинита (обр. 888)

№ линий	J	$\frac{d}{n^2}$	№ линий	J	$\frac{d}{n^2}$
1	5	(10,28)	11	5	3,34
2	10	9,3	12	3	3,17
3	2	6,61	13	8	3,02
4	3	6,17	14	6	2,76
5	2	5,27	15	2	2,66
6	5	4,65	16	3	2,56
7	5	4,539	17	3	2,335
8	6	4,46	18	3	2,00
9	8	4,06	19	7	1,82
10	2	(3,72)			

Некоторые особенности поствулканического метаморфизма верхнеюрских-меловых вулканических образований Кафанского антиклинория

Каждая из верхнеюрских—меловых вулканических серий Кафанского региона характеризуется своеобразным комплексом минеральных новообразований, отражающим различный характер процессов, протекающих на поствулканическом гидротермальном этапе их формирования.

В породах верхнего оксфорда-кимериджа интенсивное позднее преобразование связано морфологически и генетически с замещением стекла и заполнением миндалин палагонитом, диабантитом, пеннинитом, пренитом, селадонитом и карбонатом, к которым в сравнительно небольшом количестве присоединяются пумпеллит, а также цеолиты, халцедон. Наблюдается следующая общая последовательность выделения этих минералов: палагонит → диабантит → селадонит → кальцит; селадонит → пренит → пумпеллит; палагонит → цеолит → хлорит → карбонат; селадонит → диабантит → халцедон → карбонат. В породах этого возраста вкрапленники плагиоклаза и темноцветных, за исключением оливина, остаются относительно свежими, слабо замещаясь карбонатом, хлоритом, селадонитом, изредка альбитом.

Более разнообразен комплекс минеральных новообразований в породах титон-средневалайжской вулканической серии, интенсивно проявленный по всей площади их распространения. Образование этого комплекса шло в значительном температурном интервале, поскольку начало его восходит к обособлению палагонитового кристаллизационного остатка и разложению оливина на позднематматическом этапе формирования долеритов, базальтов и андезито-базальтов. Эта стадия сменяется собственно гидротермальной низкотемпературной, на которой продолжается замещение вкрапленников оливина с образованием смеси слоистых силикатов с лимонитом и выносом железа и выделяется главная масса селадонита, диабантита, разнообразных цеолитов и карбоната. Значение таких минералов, как пренит и пумпеллит, заметно убывает—пренит встречается в сравнительно небольшом количестве совместно с селадонитом, пумпеллит почти полностью выпадает. Альбитизация вкрапленников плагиоклаза проявлена слабо. Последовательность заполнения миндалин и различных

мелких прожилков представлена следующим образом: палагонит — диабантит — цеолиты — карбонат, причем лучистые цеолиты (сколецит, ломонтит) образуются раньше пластинчатых (гейландит и десмин).

В эффузивах и брекчиях в верхней аптской серии минеральные новообразования представлены сравнительно слабо и, главным образом, продуктами замещения гиперстена и выполнения миндалин. Это хлорит и халцедон с незначительным количеством селадонита и пренита в указанной последовательности.

Таким образом, рассмотренные серии верхнего оксфорда-кимериджа, титона — среднего валанжина и верхнего апта, хотя и обладают близким составом новообразованных минералов, четко различаются по распространенности отдельных минералов и интенсивности метаморфического процесса в целом. Характерными для верхнего оксфорда — кимериджа минералами являются селадонит + диабантит + пренит + пумпеллиит + халцедон; для титона — среднего валанжина — палагонит + цеолиты + диабантит + селадонит + халцедон; для верхнего апта — хлорит + халцедон.

В смене минеральных парагенезисов намечаются, следовательно, элементы вертикальной зональности, выраженной в приуроченности цеолит-палагонитовой и хлорит-халцедоновой ассоциаций к более высоким стратиграфическим уровням и менее эродированным участкам, и селадонит-диабантит-пренит-пумпеллиитовой ассоциации — к более погруженным участкам. Эти соотношения определялись, несомненно, температурными условиями и фактором глубинности.

По характеру метаморфизма и выпадению высоко- и среднетемпературных стадий все эти породы близко отвечают приповерхностной вулканической и субвулканической фациям глубинности, для которых весьма характерны низкотемпературная пропилитизация и так называемая «цеолитовая пропилитизация» (Д. С. Коржинский, 1961). Регионально распространенная цеолитовая ассоциация титона — среднего валанжина соответствует выделяемой в последние годы Кумбсом и др. (1959), Тернером (1962) цеолитовой фации, по которой проводится граница между диагенезом и метаморфизмом.

Во времени и в пространстве указанные приповерхностная и субвулканическая фации сменяют высоко- и среднетемпературные регионально-метаморфические фации (эпидот-актинолит-хлоритовую и безэпидотовую хлорит-альбитовую), характерные соответственно для залегающих в ядре Кафанского антиклинория пород нижнего и верхнего байоса (Э. Г. Малхасян, 1966; Г. А. Саркисян, Э. М. Налбандян, 1967).

Сантонская вулканическая серия обладает своеобразным комплексом вторичных минералов (эпидот + альбит + хлорит + карбонат). Характерно отсутствие таких минералов, как цеолиты и селадонит; палагонит развит крайне незначительно. Наложение указанных более высокотемпературных минеральных новообразований на породы, залегающие в самых верхних частях стратиграфической колонки Кафанского антиклинория, можно объяснить контактово-метаморфическими процессами, связанными с внедрением в верхнем эоцене-олигоцене интрузивов габбро-монзонит-граносиенитовой формации (массив г. Арамазд и др.).

ЛИТЕРАТУРА

- Иванова В. П. Термограммы минералов. Зап. Всес. минер. об-ва, ч. 90, вып. I, 1961.
Коржинский Д. С. Зависимость метаморфизма от глубинности в вулканогенных формациях. Тр. Лаб. вулканологии, вып. 19, 1961.

- Малхасян Э. Г. Постмагматические процессы юрского вулканического цикла Малого Кавказа. Тр. II Всес. вулк. совещания. В кн. «Современный вулканизм». Изд. «Наука», 1966.
- Саркисян Г. А., Налбандян Э. М. К вопросу о соотношении процессов пропилитизации и региональных зеленокаменных изменений в юрской вулканической формации Кафанского рудного поля. Изв. АН Арм. ССР, «Науки о Земле», № 4, 1967.
- Тернер Ф. и Ферхуген Дж. Петрология изверженных и метаморфических пород. ИЛ, 1962.
- Штрумпф Х. Минералогические таблицы. ИЛ, Гостехиздат, 1963.
- Coombs B. S., Ellis A. S., Fyfe W. S., Taylor A. M. The zeolite facies, with comments of the interpretation of hydrothermal syntheses. *Geochimica et Cosmochimica acta*, v. 17, № 1—2, 1959.
- Peng G. J. Thermal analysis of natrolite group. *Am. Min.*, vol. 40, № 9—10, 1955.