

МИНЕРАЛЬНЫЕ НОВООБРАЗОВАНИЯ В ВЕРХНЕЮРСКИХ—МЕЛОВЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОДАХ КАФАНСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ

Кафанский антиклинорий сложен в осевой части вулканическими толщами нижнего и верхнего байоса; далее со значительным перерывом следуют вулканические и вулканогенно-осадочные образования верхнего оксфорда-кимериджа, титона-среднего валанжина, готерива и баррема, широко развитые на обоих крыльях структуры. В крайней северо-западной части Кафанского антиклинория обнажаются вулканогенные толщи верхнего апта и сантона. При изучении литологических разрезов и петрографического состава верхнеюрских—меловых вулканических накоплений этого региона, проведенном одним из авторов (Мнацаканян, 1969), был выявлен интересный комплекс минеральных новообразований поствулканической гидротермальной стадии. Результатам детального изучения химического состава, оптических свойств, термических и рентгенометрических исследований наиболее характерных минералов этой группы посвящена данная статья. Изученные минералы могут быть сгруппированы следующим образом:

- 1) группа палагонита;
- 2) группа хлорита (пеннин, диабантит);
- 3) группа слюды (селадонит);
- 4) группа эпидота (эпидот, пумпеллинт);
- 5) группа неклассифицированных силикатов (пренинт);
- 6) группа цеолитов.

Последняя группа специально описывается в другой статье данного сборника.

Собственно палагонит

Этот минерал представляет, как известно, аморфное или слабоанизотропное гелеподобное вещество с резко колеблющимся химическим составом. Он широко распространен в базальтах и андезито-базальтах верхнеоксфорд-кимериджской и титон—средневаланжинской вулканических серий. Характер выделения палагонитового вещества в базальтах, долеритах и андезито-базальтах разнообразен. Отметим следующие типы:

1) Аморфный, слабодвупреломляющий палагонит с чешуйчатыми или волокнисто-пластинчатыми агрегатами идиингсита выполняет псевдоморфозы по оливину. Окраска его буро-зеленая, буроватая; $N=1,600$

2) Палагонитовое вещество образует неправильные или округлые выделения и выполняет интерстиции между кристаллическими составными в основной массе базальтов и долеритов. При этом форма выде

лений подчинена контурам окружающего кристаллического агрегата, что позволяет рассматривать их в качестве позднемагматических гидротермальных обособлений. Цвет палагонита — зеленовато-желтый, зеленоватый; показатель преломления $N=1,573-1,582$. Эти обособления имеют обычно концентрически-зональное строение, обусловленное наличием аморфной или слабораскристаллизованной внешней оторочки и чешуйчатого агрегата хлорита — в центре.

3) Палагонит выполняет миндалины, прожилки в лавах и мелкие гнезда в цементе брекчий. Окраска его светлая, зеленовато-желтая; $N=1,570-1,582$. Эти выделения также имеют концентрически-зональное строение и состоят из чередующихся в различной последовательности аморфного палагонита, хлорита, селадонита и различных цеолитов. Указанная ассоциация и морфология этих выделений палагонита позволяет рассматривать его как гидротермальный продукт. С другой стороны, сходство оптических свойств последних двух типов палагонита может указывать на переходы от позднемагматического этапа непосредственно к низкотемпературному гидротермальному.

Пеннин

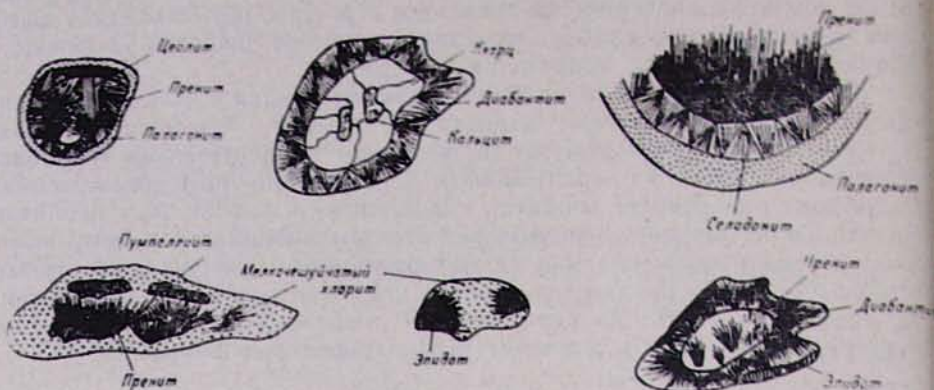
Пеннин является одним из самых распространенных минералов группы хлорита и встречается почти во всех вулканических породах региона, только в различных ассоциациях. В базальтах и андезито-базальтах верхнего оксфорда — среднего валанжина пеннин ассоциирует в миндалинках с карбонатом и селадонитом, а также с цеолитами. В тех же породах мелкоагрегатные выделения этого минерала развиваются по плагиоклазу. В породах верхнего апта пеннин образует часто мономинеральные миндалины; для пород сантонской серии характерно нахождение пеннина в миндалинках совместно с альбитом, эпидотом и карбонатом. Пеннин образует бледно-зеленоватые, слабоплеохроирующие чешуйчатые, листоватые агрегаты с аномально низкими (синими, фиолетовыми) интерференционными цветами. Удлинение чешуек отрицательное. $Ng'=Nm=1,573-1,577$; $Np'=1,570-1,572$.

Диабантит

Этот минерал представляет очень характерный для основных и средних пород верхнего оксфорда — среднего валанжина хлорит, ассоциирующий с палагонитом, селадонитом, пренитом, кальцитом и цеолитами (фиг. 1). Возрастные соотношения диабантита с перечисленными минералами указывают на его более раннее выделение относительно цеолитов, карбоната и более позднее — относительно палагонита и селадонита. Изредка встречается диабантит также в андезитах верхнего апта; отсутствует в породах сантона.

В миндалинках диабантит образует темно-буровато-зеленые розетковидные агрегаты с жирным блеском и глубокими бороздами спайности. В иммерсии и в шлифах видны пластинчато-чешуйчатые агрегаты с постепенными переходами к тонкозернистым агрегатам и к изотропному палагониту, продуктом раскристаллизации которого он нередко является. В хорошо развитых крупных чешуйках плеохроизм сильный: по Ng — темный, буро-зеленый, оливково-зеленый, по Np — бледно-зеленовато-желтый. Тонкоагрегатные участки плеохроируют слабо. Двупреломление в зависимости от степени раскристаллизации и размера чешуек колеблется от 0,005 до 0,024. Погасание относительно трещин спайности прямое, удлинение чешуек положительное. $Ng=1,623$, $Nm=$

=1,620, $Np'=1,608$ (обр. 1102a). В некоторых сравнительно слабо плеохроирующих разностях показатели преломления понижаются до: $Ng'=1,590$, $Nm=1,579$, $Np'=1,573$ (обр. 813c).



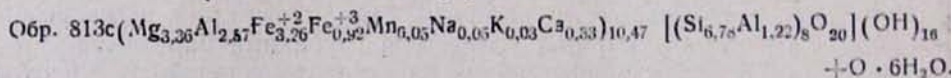
Фиг. 1. Состав минералов в мандельштейновых андезитах верхнего оксфорд-кимериджа.

Таблица 1

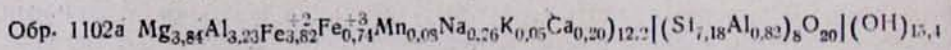
Химический состав диабантитов

Окислы	Образец 813c		Образец 1102a	
	весовые %	молекулярные количества	весовые %	молекулярные количества
SiO ₂	33,67	561	33,67	561
Al ₂ O ₃	16,01	157	16,11	158
Fe ₂ O ₃	6,06	38	4,67	29
FeO	19,38	270	23,30	298
TiO ₂	0,09	1	0,16	3
CaO	1,45	27	0,87	16
MgO	11,21	278	12,08	300
MnO	0,33	4	0,42	6
Na ₂ O	0,14	2	0,62	10
K ₂ O	0,07	1	0,15	2
H ₂ O ⁺	10,62	68	10,54	600
H ₂ O ⁻	1,86	8	0,24	
Σ	100,89		100,93	

Кристаллохимические формулы в пересчете на 36(O):



$$\frac{Fe^{+2} + Fe^{+3}}{Fe^{+2} + Fe^{+3} + Mg} = 0,55; \quad Fe^{+2} + Fe^{+3} = 4,18$$



$$\frac{Fe^{+2} + Fe^{+3}}{Fe^{+2} + Fe^{+3} + Mg} = 0,54; \quad Fe^{+2} + Fe^{+3} = 4,56$$

Обр. 813c—диабантит из мандельштейновых андезито-базальтов типона—среднего валанжина.

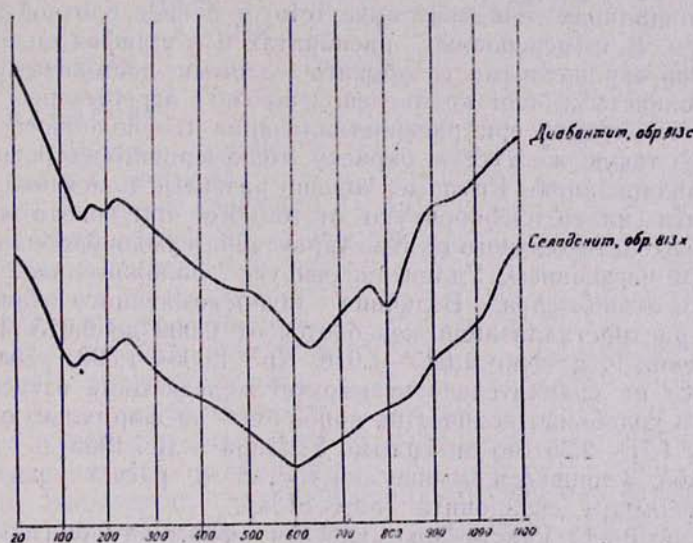
Обр. 1102a—диабантит из андезито-базальтов верхнего оксфорда—кимериджа.

Химический состав и расчет кристаллохимических формул двух образцов диабантита приведены в табл. 1; аналитик З. Ш. Гаспарян.

Рассмотрение рассчитанных кристаллохимических формул диабантита указывает на их близость к теоретическому составу. В обр. 813с отмечается некоторый недостаток катионов; в обр. 1102а — недостаток гидроксильной группы (ОН). В обоих случаях в составе катионов преобладают ионы натрия, калия, кальция, марганца и титана. На классификационной диаграмме Хей (У. Дир и др., 1965) в координатах $\text{Si} - \frac{\text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3}}{\text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3} + \text{Mg}} - (\text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3})$

оба изученных хлорита попадают в поле диабантита. По содержанию окисного железа более 4% оба проанализированных диабантита должны относиться к окисленным хлоритам. Однако, поскольку их формулы близко отвечают нормальной формуле хлорита, можно предположить, что окисное железо в них имеет первичный характер и его проявление в структуре компенсируется замещением Si на Al. Так интерпретируют составы некоторых обогащенных Fe_2O_3 хлоритов У. Дир, Р. Хаун и Дж. Зусман (1965). Вместе с тем, недостаток (ОН) — в обр. 1102а может быть объяснен замещением гидроксила на O^{--2} при вторичном, наложенном окислении части FeO.

Дифференциальная кривая нагревания диабантита из пород титона-среднего валажнина (обр. 813с) приведена на фиг. 2, где отчетливо



Фиг. 2. Дифференциально-термические кривые диабантита и селадонита (записаны С. О. Ачикгезяном).

виден низкотемпературный эндотермический эффект (120° , 200°), отвечающий двум этапам выделения адсорбционной воды. Сильный эндотермический эффект при $620-630^\circ$, характерный для железисто-магнезиальных хлоритов, отвечает дегидратации так называемого «бруситового» слоя, а при 800° — дегидратации «талкового» слоя. Экзотермический подъем при 900° отвечает уже распаду кристаллической решетки минерала.

Рентгенометрическая характеристика
диабантита

Образцы 1102а			Образцы 813с		
№ линии	l	$\frac{d}{a}$ н	№ линии	l	$\frac{d}{a}$ н
1	6	14.0	1	10	15.05
2	10	7.10	2	5	7.992
3	6	4.74	3	8	7.31
4	8	3.57	4	4	5.306
5	3	2.85	5	6	4.83
6	2	2.595	6	5	3.61
7	3	2.266	7	3	3.170
8	1	2.15	8	4	2.904
9	1	2.01			
10	1	1.79			
11	3	1.53			
12	3	1.42			
13	3	1.39			

таблица 2

В табл. 2 приведены порошковые граммы описываемых образцов диабантита, полученные в лаборатории рентгеноструктурного анализа ИГН АН Арм. ССР. Характерные интенсивные рефлексы 7.10(10), 4.74(6); 3.57(8); 1.53(3); 1.42(3).

Спектральным анализом в описываемых диабантитах установлены элементы-примеси—Ni (0,01%), Cr (0,01%), V (0,01%), Cu (0,003%), Ga (0,003%), Sr (0,01%), Be (0,0001%).

Селадонит

Селадонит широко распространен в базальтах, андезито-базальтах андезитах верхнего оксфорда-среднего валанжина и слагает наряд

с палагонитом, диабантитом, пренитом, пумпеллитом и другими минералами миндалины, прожилки и мелкие гнезда. В указанных породах образует, кроме того, полные или частичные псевдоморфозы по оливину и гиперстену. В небольших количествах встречается селадонит также в псевдоморфозах и миндалинах андезитов верхнего апта.

В миндалинах селадонит присутствует в виде плотной темно-зеленой массы. В иммерсионных препаратах и в шлифах он представлен интенсивно окрашенными голубовато-зелеными, листоватыми, пластинчато-волокнистыми или крупночешуйчатыми агрегатами. Последние образуются нередко при раскристаллизации гелеподобного вещества имеющего такую же густую окраску, тонкозернистое строение и агрегатную поляризацию. Крупные, хорошо развитые пластинки и чешуйки селадонита сильно плеохроируют от темного голубовато-зеленого по Ng до желтовато-зеленого по Nr. Характерна слюдоподобная спайность с прямым погасанием. Удлинение чешуек положительное. Минерал оптически отрицателен. Величина двупреломления в зависимости от степени раскристаллизации колеблется от 0,009 до 0,025. Показатели преломления—Ng'=Nm=1,625—1,616, Nr'=1,606—1,598. Эти значения указывают на сравнительно невысокую железистость изученных селадонитов и колебания количества ионов Fe²⁺ на формульную единицу в пределах 1,75—2,25 (по диаграмме У. Дира и др., 1965).

В табл. 3 приведен химический состав и расчет кристаллохимической формулы селадонита (обр. 813х).

Рассчитанная кристаллохимическая формула близко отвечает теоретической формуле глауконита (и селадонита). Отмечается только небольшой недостаток катионов группы железа и магния и сравнительно высокая роль алюминия в четвертной координации.

Дифференциально-термическая кривая селадонита (фиг. 2) также обнаруживает близость к эталонной. На ней видны отчетливо два этапа дегидратации—при 120° (и 180°) и при 600°, отвечающие соответственно потере адсорбционной и конституционной воды. Экзотермический подъем при 900 и 1000° соответствует распаду решетки.

Рентгеноструктурные исследования (табл. 4) дали порошковую грамму очень близкую к эталонному селадониту по РОМ В. И. Михеева (1957). Характерными являются интенсивные линии 10.0(8), 4.58(8), 3.65(7), 3.31(8), 3.07(6), 2.57(9), 1.509(8).

**Химический состав селадонита из мандельштейновых андезито-базальтов
титона-среднего валанжина (обр. 813х)**

Таблица 3

Окислы	Весовые %	Молекулярные количества	Кристаллохимическая формула в пересчете на 24 (O)
SiO ₂	47,97	799	(K _{1,11} Na _{0,02} Ca _{0,24}) _{1,37} (Fe _{1,29} ⁺³ Fe _{0,36} ⁺²) (Mg _{1,23} Al _{0,37}) _{3,75} [(Si _{6,52} Al _{1,48}) ₈ O ₂₀] (OH) ₄ · 2,15 H ₂ O
Al ₂ O ₃	14,69	144	
Fe ₂ O ₃	12,60	79	
FeO	3,22	44	
TiO ₂	0,02	—	
CaO	1,70	30	
MgO	6,07	151	
MnO	0,20	3	
Na ₂ O	0,04	1	
K ₂ O	6,40	68	
H ₂ O+	6,22	377	
H ₂ O—	0,58	—	
P ₂ O ₅	0,03	—	
S	0,11	—	
Σ	99,85		

В составе элементов-примесей в селадоните устанавливаются Ni, Co (0,01%), V (0,03%), Cu (0,001%), Ga (0,003%), Sr (0,01%), Li (0,01%), Be (0,0001%).

Иддингсит

Таблица 4
Рентгенометрическая характеристика
селадонита (813х)

№ линий	l	$\frac{d_a}{n}$
1	8	10
2	8	4,58
3	5	4,17
4	7	3,65
5	8	3,31
6	6	3,07
7	5	2,67
8	9	2,57
9	7	2,38
10	5	1,98
11	4	1,65
12	7	1,509
13	3	1,32

Под этим названием описывается слюдоподобный минерал, слагающий в породах титона—среднего валанжина псевдоморфозы по оливину, большей частью гомоосевые. Исследования последних лет (Wilshire, 1958, Brown, Stephens, 1959, У. Дир и др., 1965) показали, что «иддингсит» преимущественно состоит из минералов группы монтмориллонита и хлорита, к которым обычно присоединяется гетит. Оп-

тическая же однородность этого минерала обусловлена нередко однородной ориентировкой данных минералов в пределах псевдоморфозы по оливину, причем ориентировка эта полностью или частично определяется уснаследованным кислородным каркасом первичного зерна оливина.

В изученных породах иддингсит образует целые монокристаллы, удлинение которых совпадает с вертикальной осью замещаемого оливина. Цвет иддингсита варьирует от красновато-бурого до коричневого, бурозеленого. Плеохроизм сильный по биотитовой схеме. Погасание прямое. Показатель преломления $Ng' = Nm$ изменчив (1,722—1,682); максимальные значения установлены для наиболее интенсивно окрашенных разновидностей.

Эпидот

Это сравнительно редкий для изученных верхнеюрских—меловых вулканических пород вторичный минерал. Чаще всего он встречается

в миндаликах и как продукт замещения плагиоклаза и темноцветных в андезито-базальтах и андезитах сантонской серии. Из других минералов здесь с эпидотом ассоциируют альбит, пеннин, халцедон. Крайне редко эпидот входит в состав миндалин в андезитах и андезито-базальтах верхнего оксфорда, среднего валанжина и, в частности, хуступчимянской свиты. Образует ярко окрашенные желтые, зеленовато-желтые призматические кристаллы, собранные нередко в лучистые, сноповидные агрегаты; в сантонских породах присутствует в сплошных тонкозернистых массах. Плеохроизм сильный: по Ng—лимонно-желтый, желтовато-зеленый, по Np—светло-желтый, почти бесцветный. Показатели преломления для эпидота из андезитов хуступчимянской свиты составляют: $Ng' = 1,785$; $Np' = 1,748$; для эпидота из сантонских андезито-базальтов— $Ng' = 1,769$, $Np' = 1,730$. Эти значения отвечают высокожелезистым разностям и содержанию молекулярных % $Ca_2Fe_3^{+3}Si_3O_{12}(OH)$ в пределах 34—35 и 29—32 соответственно (по диаграмме У. Дира и др., 1965).

Пумпеллит

Пумпеллит в заметных количествах встречается в андезито-базальтах и брекчиях верхнеоксфорд-кимериджской серии (Норашенский разрез). Очень редко он совместно с селадонитом замещает гиперстен в андезитах верхнего апта; в других породах изученных серий не отмечается. В эффузивах верхнего оксфорда-кимериджа пумпеллит входит в состав миндалин, мелких гнезд, а также цементирует вместе с этими минералами обломки пород в литокластических туфах. Выделение его следует за прениитом (и селадонитом). Пумпеллит образует окрашенные в темно-желтый цвет агрегаты неправильных лапчатых зерен; иногда видны радиально-лучистые, игольчатые формы. Характерны сильный плеохроизм от бесцветного, слабо-желтоватого по Np до темно-желтого, буровато-желтого по Ng и агрегатная поляризация с аномальными интерференционными цветами. Вдоль «лучистости» отдельных агрегатов видна спайность. Удлинение положительное. Показатели преломления— $Ng' = 1,718$, $Np' = 1,694$; $Ng' = 1,706$, $Np' = 1,683$. Они указывают на сравнительно высокую железистость описываемого пумпеллита (количество атомов $Fe^{+3} + Fe^{+2}$ на формульную единицу составляет 0,8—0,95 по диаграмме У. Дира и др., 1965).

Таблица 5
Рентгенометрическая характеристика
пумпеллита (обр. 1162 г.)

№ линий	l	$\frac{d}{n}$
1	2	7,2
2	2	5,7
3	3	4,36
4	6	3,75
5	10	2,898
6	4	2,445
7	2	2,198
8	2	2,05

Данные порошкограммы пумпеллита из брекчий верхнего оксфорда-кимериджа (обр. 1162 г.) приведены ниже. Характерные линии 7,2(2), 4,36(3), 3,75(6), 2,898(10) и 2,445(4) достаточно точно диагностируют минерал.

В составе элементов-примесей в пумпеллите устанавливаются изоморфные к кальцию элементы—Sr (0,03%), Ba (0,001%), Y (0,001%), а также Cu (0,003%), Li (0,003%), Mn (0,03%), V (0,003%), Ga (0,001%).

Прениит

Минерал является одним из широко распространенных в комплексе вторичных новообразований и встречается в миндаликах и гнез-

дах базальтов, андезито-базальтов и андезитов верхнего оксфорда-среднего валаджина и верхнего апта. Для пренита характерна ассоциация с пумпеллином, селадонитом, диабантитом, значительно реже он обнаруживается совместно с цеолитами.

Пренит образует плотные зернистые массы белого, зеленовато-белого цвета. Под микроскопом имеет вид бесцветных радиально-лучистых, таблитчато-волокнистых или листоватых агрегатов с характерным высоким рельефом и сильным двупреломлением. В развитых чешуйчатых или таблитчатых индивидах удлинение положительное. Оптические свойства варьируют в небольших пределах. (+)2V составляет 67—69°; $Ng' = 1,637—1,632$, $Np' = 1,623—1,616$. Установлены следующие элементы-примеси: Fe ($\approx 1\%$), Mn (0,03%), V (0,01%), Cu (0,003%), Ga (0,003—0,001%), Sr (0,01%), Ba (0,001%), Li (0,001%), Be (0,0001%).

ЛИТЕРАТУРА

- Дир У. А., Хаун Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы, т. 3. М., Изд. «Мир», 1965.
- Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. М., 1957.
- Минакалиян А. Х. Верхнеюрский-меловой вулканизм Кафанского антиклинория. Тезисы III Всесоюзн. вулк. совещ., Львов, 1969.
- Brown G., Stephen J. A structural study of iddingsite from New South Wales, Australia; *Am. Miner.* № 44, 251, 1959.
- Wilshier H. G. Alteration of olivines and orthopyroxenes in basic lavas and shallow intrusions. *Amer. Miner.*, 120, v. 43, 1958.