

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Астреева О.М.* Петрография вяжущих материалов. М.: Госстройиздат, 1959. 78 с.
2. *Балакирев В.Г., Цинобер Л.И., Коваленко В.С.* и др. Электронно-микроскопическое исследование кристаллит-тридимитовых опалов. — Докл. АН СССР, 1977, т. 233, № 4, с. 672—674.
3. *Барсанов Г.П., Чистякова М.Б., Яковлева М.Е.* Термические особенности халцедона. — В кн.: Новые данные о минералах СССР. М.: Наука, 1978, вып. 27, с. 10—18.
4. *Барсанов Г.П., Плюснина И.П., Яковлева М.Е.* Особенности состава, некоторых физических свойств и структуры халцедона. — В кн.: Новые данные о минералах СССР. М.: Наука, 1979, вып. 28, с. 3—33.
5. *Барсанов Г.П., Яковлева М.Е.* Минералогическое исследование некоторых подолочных и полудрагоценных разновидностей скрытокристаллического кремнезема. — В кн.: Новые данные о минералах. М.: Наука, 1981, вып. 29, с. 5—35.
6. *Думская А.Ф., Данциг С.Я., Пашкевич Л.А., Павлов Ю.И., Филлипова Н.В.* Влияние отдельных минералов (лейкократовых) на кинетику взаимодействия при термической обработке нефелиновых шихт. — В кн.: Химия и технология глинозема. Новосибирск: Наука, 1971, с. 3—14.
7. *Зубкова Е.И., Балицкий В.С., Радянский В.М., Лисицына Е.Е.* А.с. 562431 (СССР). Способ изменения окраски агатов и халцедонов. — Оpubл. в Б.И., 1977, № 23.
8. *Зубкова Е.И., Балицкий В.С., Лисицына Е.Е.* А.с. 588213 (СССР). Способ окрашивания агатов. — Оpubл. в Б.И., 1978, № 2.
9. *Куколев Г.В.* Химия кремния и физическая химия силикатов. М.: Высш. шк., 1966, 463 с.
10. *Петровский А.Д., Шитов В.А.* Электронно-микроскопические структуры некоторых палеозойских силицитов Южного Урала. — Литология и полез. ископаемые, 1969, № 4, с. 10—15.
11. *Тило Э., Функ Г., Вихман Е.М.* О средних и кислых солях низкомолекулярных кремниевых кислот и продуктах их конденсации. — В кн.: Физическая химия силикатов. М.: Изд-во иностр. лит., 1956, с. 5.
12. *Хворова И.В., Дмитрик А.Л.* Электронно-микроскопическое изучение кремнистых пород и вопросы их постседиментационного формирования. — Литология и полез. ископаемые. М.: Наука, 1969, № 1, с. 35.

УДК 549.621.9+623.2; 71; 74+641.21+676.21

*В.А. КОРНЕТОВА, Г.А. ОСОЛОДКИНА, С.Е. БОРИСОВСКИЙ*

### МИНЕРАЛЫ ПУСТОТ В РОДИНГИТАХ (из новых поступлений в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана АН СССР)

Еще в 1907 г. В.И. Крыжановский [1] описал в месторождениях асбеста Березовской, Каменской и Монетной дач на Урале в серпентин-асбестовых жилах серию сопрождающих их минералов. Среди них были установлены оранжевые, кремновые, медово-желтые гранаты и ярко-зеленые их разновидности, которые были им отнесены к уваровитам, хлорит, щетки мелких спаржево-зеленых кристаллов везувиана, темно-зеленого везувиана, а также кристаллы арагонита бесцветные и шестоватые.

Описываемые ниже минералы, по-видимому, принадлежат к тем же ассоциациям, которые упоминаются в работе В.И. Крыжановского, но только расширен их список.

Изученная серия жильных минералов пустот в образцах из Баженовского месторождения (Средний Урал), привезенных в Музей в 1979 г. Л.В. Булгаком, представляет собой почти полный аналог как по морфологии кристаллов, так и по генерациям и составу и, наконец, даже по внешнему виду и окраске таких же серий из месторождений Джеффри Майн, Асбестос, Квебек (Канада) [8] и Валь д'Аоста, Беллкомб (Италия) [11].

Происхождение родингитов в асбестовых рудниках некоторыми авторами связывается с проникновением в массивы ультраосновных пород гранитных даек, которые впоследствии были переработаны гидротермальными процессами автотермоморфизма этих ультраосновных интрузий, т. е. тех же процессов, что приводят к образованию больших масс асбеста.

Есть и другие точки зрения на происхождение родингитов. Так, например, считается, что они образовались до серпентинизации или что они развились по гарцбургитам [2—4].

Родингиты Баженовского района представляют собой зеленовато-серую светлую тяжелую породу, состоящую из диоксида, граната, везувиана (иногда волластонита). В жилах родингитов много пустот и полых трещин, по стенкам которых осуществля-

Таблица 1

Химические анализы (в мас. %) диопсидов Баженовского месторождения

Окислы	№ 4	№ 2	№ 6	№ 9	№ 32811
SiO <sub>2</sub>	53,37	55,15	55,75	53,12	54,05
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,035	0,04	0,23	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,32	0,14	0,51	0,57	0,81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,05	0,15	—	—	—
FeO	5,00	2,00	1,50	4,01	9,03
MnO	0,48	0,54	—	0,13	0,83
MgO	13,98	16,87	16,96	14,98	11,32
CaO	25,32	25,14	25,31	25,33	24,28
С у м м а	99,58	100,02	100,07	98,37	100,67
Уд.вес		3,34	3,37		

лась своеобразная кристаллизация многих минералов в разных ассоциациях. При этом каждая ассоциация, как правило, индивидуализирована и отличается от другой иной морфологией кристаллов.

Так были встречены: I. Минералы более ранней стадии кристаллизации — диопсид (6 разновидностей, или генераций); везувиан (4 генерации); хром-везувиан; гранаты: гессонит, гроссуляр, хром-гроссуляр; актинолит; альбит; клинохлор; биссолит; амезит; пектолит. II. Минералы более поздней стадии кристаллизации — карбонаты: доломит, кальцит, арагонит, гидромагнезит; цеолиты: шабазит и факолит (т. е. шабазит в специфических тройниках розового цвета), сколецит, стильбит, апофиллит, ломонит. Пренит, отличающийся большим разнообразием форм кристаллов; апатит (розовый); магнетит; пирит; борнит; блеклая руда (?); корундофиллит; порошокватый тонкокristаллический серпентин, заполняющий полости пустот после кристаллизации в них многих минералов и образующий сферокристаллы; флюорит; гематит.

Ниже приводится описание наиболее интересных из них:

Д и о п с и д. Встречается как в самих родингитах, так и в пустотах их в различных ассоциациях и в разных кристаллах как по форме, так и по цвету. Химические анализы диопсида даны в табл. 1.

1. Наблюдается в виде уплощенных, иногда плоскопризматических полупрозрачных кристаллов бледно-зеленого цвета (рис. 1, а). Часто видно зеленоватое ядро, покрытое совершенно прозрачной зоной, образующей многочисленные грани. В прозрачных участках цвет бедно-виново-желтый,  $Np = Nm = 1,672$ ;  $Ng = 1,700$ ;  $2V = +65-70^\circ$ . Ассоциирует только с клинохлором (ан. 4).

2. Кристаллы диопсида в ассоциации с бледно-розовым, едва окрашенным гроссуляром изометричны, часто обладают клиновидной формой — рис. 1, в (ан. 2). Любопытно появление фиолетово-розовой самой наружной зоны у едва зеленоватых или почти бесцветных кристаллов диопсида. Иногда грани клиновидных белых кристаллов бывают покрыты тончайшей "пудрой" сверкающих кристалликов гематита, которые при надавливании на них ножом оставляют кроваво-красный порошок.

3. Длинностолбчатые кристаллы диопсида (рис. 1, б) с характерным для пироксенов "квадратным" сечением или даже шестиугольным, с хорошо образованными пинакоидами головки, где отчетливо видны трещины спайности, идущей под прямым углом в двух направлениях. Цвет его обычно серовато-белый, непрозрачен. Этот диопсид обычно ассоциирует с оранжевым гессонитом, как бы протыкая его, и горохово-зеленым везувианом.

4. Копьевидные бледно-фиолетово-розовые кристаллы (ан. 9), у которых пинакоиды головки исчезают, кристаллы почти прозрачны и имеют едва заметный коричневато-фиолетовый надсвет (рис. 1, г). Бывает покрыт чешуйками перламутрового слюдоподобного минерала (джеффреит?) [9]. Иногда сиреневый диопсид ассоциирует с сульфидами и порошокватым серпентинитом.

5. Самая поздняя генерация диопсида представлена войлоком тонкопризматических абсолютно бесцветных и прозрачных кристаллов (ан. 6). Рентгенограммы диопсидов полностью совпадают с таковыми для искусственного диопсида (по Михееву).

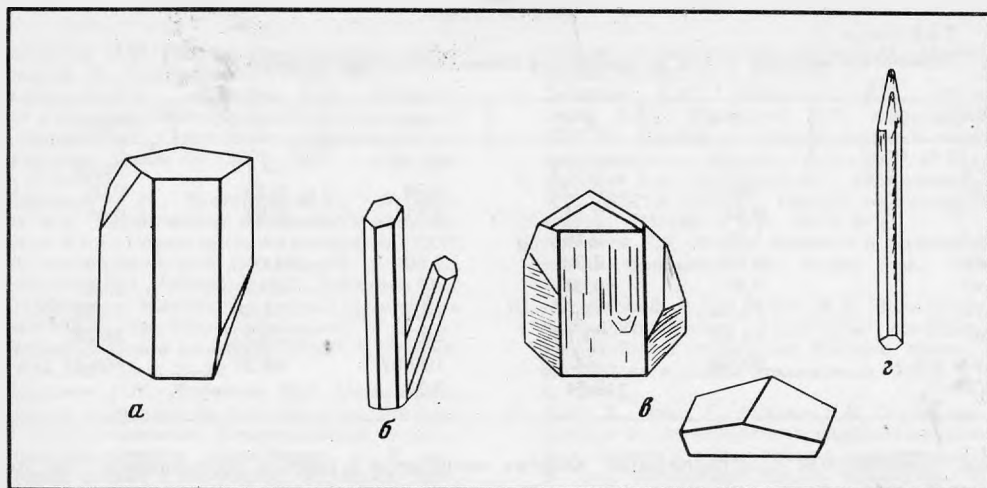


Рис. 1. Формы кристаллов диопсида

*a* — прозрачный, бесцветный, ассоциирующий с клинохлором; *b* — длинностолбчатый; *c* — клиновидный белый, ассоциирует с гессонитом и везувианом; *d* — игольчатый розово-фиолетовый

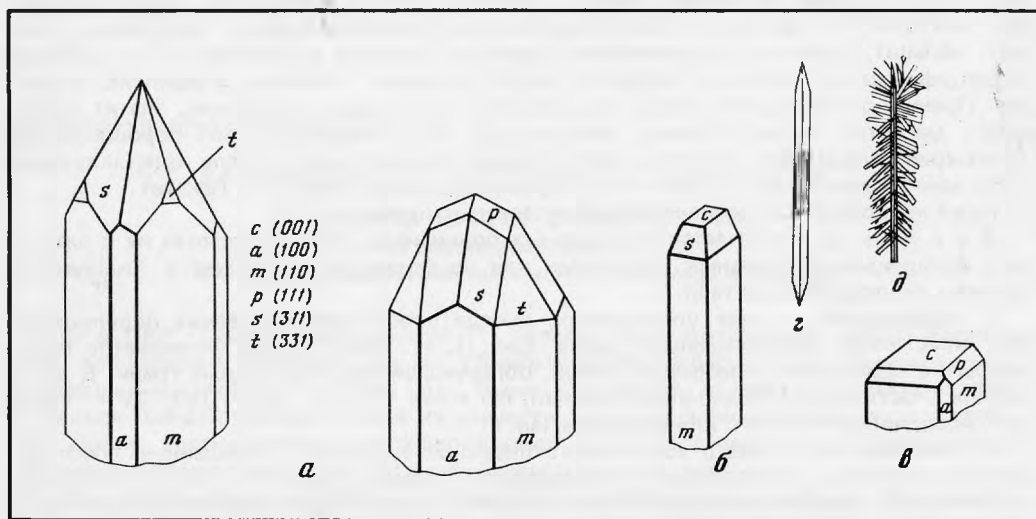


Рис. 2. Формы кристаллов везувиана

*a* — копьевидный спаржево-зеленый; *b* — призматический ярко-зеленый; *c* — короткостолбчатый темно-зеленый; *d* — игольчатый с фиолетовым ядром; *e* — тонковолокнистый

По диопсиду развивается тонкокристаллический серпентин, а иногда, как указывалось выше, перламутровый слюдоподобный ближе не установленный минерал (?).

**Диопсид № 4.** Едва окрашенный, бледно-зеленый, прозрачный, в ассоциации с клинохлором (аналитик Г.А. Осолодкина):  $(\text{Ca}_{1,01}\text{Mg}_{0,78}\text{Mn}_{0,02}\text{Fe}_{0,16}^{2+}\text{Fe}_{0,03}^{3+})_2 \cdot (\text{Si}_{1,99}\text{Al}_{0,01})_2\text{O}_6$ . Кроме того, спектрально установлены:  $\text{Ba} - (1-3) \cdot 10^{-2}$ ;  $\text{Co} - (4-6) \cdot 10^{-3}$ ;  $\text{Ni} - (1-3) \cdot 10^{-3}$ ;  $\text{Cu} - (4-6) \cdot 10^{-4}$ .

**Диопсид № 2.** Бесцветный в ассоциации с почти бесцветным бледно-розовым гроссуляром (аналитик Г.А. Осолодкина):  $(\text{Ca}_{0,98}\text{Mg}_{0,92}\text{Mn}_{0,02}\text{Fe}_{0,06}^{2+})_{1,98}\text{Si}_{2,01}\text{O}_6$ . Спектрально установлены:  $\text{Ba} - 1 \cdot 10^{-2}$ ;  $\text{Co}, \text{Ni} - (7-9) \cdot 10^{-3}$ ;  $\text{Cu} - (4-6) \cdot 10^{-3}$ .

**Диопсид № 6.** Белый игольчатый, образующий щетки (аналитик Г.А. Осолодкина):  $(\text{Ca}_{0,99}\text{Mg}_{0,92}\text{Fe}_{0,05}^{2+}\text{Al}_{0,02})_{1,98}\text{Si}_{2,02}\text{O}_6$ . Спектрально установлены:  $\text{Na} - 0,1\%$ ;  $\text{Ni} - (1-3) \cdot 10^{-2}$ ;  $\text{Co} - (1-3) \cdot 10^{-3}$ ;  $(\text{Ge?})$ ;  $\text{Cu} - (7-9) \cdot 10^{-4}$ .

*Диопсид № 9.* Сиренево-розовый неравномерно окрашен, образует кольцевидные кристаллы. Аналитик С.Е. Борисовский, ИГЕМ АН СССР (электронный зонд):  $(\text{Ca}_{1,02}\text{Mg}_{0,83}\text{Fe}_{0,13}^{2+})_{1,98}(\text{Si}_{1,99}\text{Al}_{0,02}\text{Ti}_{0,01})_{2,02}\text{O}_6$ . При сравнении анализов диопсидов становится очевидно, что № 4 отличается от № 2 меньшим содержанием Со, Ni и Си, а в игольчатом появляется натрий и заметно возрастает содержание Ni, Со и Си.

*Диопсид № 32811* из рудника Джеффри Майн (Квебек, Канада) [7]. В сумму входит  $\text{Na}_2\text{O} - 0,30\%$ . Он значительно более железист по сравнению с баженовскими, хотя и белого цвета, но менее магнезиальный.

Везувиан развит в большом количестве, щетками игольчатых кристаллов покрывает стенки трещин. Цвет главной массы спаржево-зеленый, других разновидностей — горохово-зеленый, травяно-зеленый, изумрудно-зеленый, темно-зеленый до черного, бесцветный, коричневый и бледно-фиолетовый. Последние различия редки.

Облик кристаллов самый разнообразный, но обычно связан с окраской. Так, горохово-зеленые кристаллы обладают удлинёнными, часто двухконечными призматическими формами  $a$  (100) и  $m$  (110) (хим. ан. № 1) — рис. 2, а. Грани головок блестящие, гладкие, богато развиты, представлены комбинациями тетрагональных (111) бипирамид и бидипирамид  $S$  (311), пинакоид (001) почти не развит. У ярко-зеленых и травяно-зеленых при столбчатом облике, когда развита большей частью только одна призма, на гранях головки обычна комбинация тетрагональной бипирамиды и пинакоида (рис. 2, б). Темно-зеленые кристаллы короткопризматические. На гранях головки доминирует пинакоид с (001), а грани тетрагональной бипирамиды уменьшаются до узких полосок (рис. 2, в). Наблюдаются также тонкопризматические кристаллы с полихромной окраской, обладающие кольцевидными бесцветными и прозрачными головками, середина же их окрашена в фиолетово-коричневый цвет. Иногда зеленая окраска в головке сменяется на бесцветную, затем коричневую и далее на золотисто-желтую. Смена окраски может идти как вдоль кристалла, так и поперек его, например коричневая в центре, а зеленая снаружи. У кристаллов, окрашенных в буровато-зеленый цвет, призма, как правило, сильно иштрихована, а грани головки отсутствуют (рис. 2, г).

Везувиан в небольшом числе случаев ассоциирует с магнетитом. В самую позднюю фазу кристаллизуется тонковолокнистый белый везувиан, обрастающий призматические кристаллы ранней генерации таким образом, что они сидят как бы в чехле из перпендикулярно к ним растущим волосовидным кристаллам поздней генерации, напоминая ершики для чистки бутылок (рис. 2, д). Рентгенограмма этой генерации дана в табл. 2.

*Везувиан № 1.* Горохово-зеленый, наиболее распространенный, в ассоциации с диопсидом, гессонитом (аналитик Г.А. Осолодкина):  $(\text{Ca}_{8,54}\text{Mn}_{0,03}\text{Mg}_{0,43})_9(\text{Fe}_{0,24}^{2+} \cdot \text{Mg}_{0,62}\text{Fe}_{0,74}^{3+}\text{Al}_{0,40})_2(\text{Al}_{3,96}\text{Ti}_{0,01}\text{Si}_{0,03})_4\text{Si}_9(\text{O}_{34,18}\text{OH}_{2,82})_{37}$ . Спектрально установлены также: В, Ва —  $(1-3) \cdot 10^{-2}$ ; Ni —  $(4-6) \cdot 10^{-3}$ ; Со, V —  $(1-3) \cdot 10^{-3}$ ; Ga —  $(7-9) \cdot 10^{-4}$ .

*Везувиан № 7* — Cr-везувиан, изумрудно-зеленый.  $\text{H}_2\text{O}$  — по разности. Аналитик С.Е. Борисовский (электронный зонд):  $(\text{Ca}_{8,88}\text{Mn}_{0,04}\text{Mg}_{0,08})_9(\text{Fe}_{0,46}^{2+}\text{Mg}_{0,94} \cdot \text{Cr}_{0,11}\text{Al}_{0,49})_2\text{Al}_4(\text{Si}_{8,84}\text{Ti}_{0,05}\text{Al}_{0,11})_9(\text{O}_{33,49}\text{OH}_{3,51})_{37}$ .

*Везувиан № 7'* — Cr-везувиан из другого кристалла ярко-зеленого цвета. Аналитик С.Е. Борисовский, ИГЕМ АН СССР (электронный зонд):  $(\text{Ca}_{8,97}\text{Mn}_{0,03})_9(\text{Fe}_{0,42}^{2+} \cdot \text{Mn}_{0,02}\text{Mg}_{1,01}\text{Cr}_{0,11}\text{Al}_{0,44})_2\text{Al}_4(\text{Si}_{8,77}\text{Ti}_{0,03}\text{Al}_{0,19})_{8,99}(\text{OH}_{3,65}\text{O}_{33,35})_{37}$ . Хромсодержащие везувианы встречаются в природе крайне редко. В коллекциях Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана имеются всего два экземпляра и оба из одного и того же месторождения.

Химические анализы везувиана приведены в табл. 3.

**Г р а н а т ы.** Отличаются большим разнообразием окраски — от ярко-зеленой у Cr-гроссуляра до абсолютно белых и совершенно прозрачных бесцветных, а также бледно-розовых и ярко-оранжевых гессонитов. Обычны комбинации простых форм ромбододекаэдра (011) и тетрагонтриоктаэдра (112).

По данным Брейсвелла и др. (1983 г.) [5], желто-коричневые до оранжевых и красно-коричневые гессониты содержат, как правило, до 2% и более Fe и до 0,5% Mn.

Таблица 2

Значения межплоскостных расстояний белого тонковолокнистого везувиана. Fe-излучение  $d = 0,4$  (аналитик Г.В. Басова ИГЕМ АН СССР)

№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>	№ п/п	<i>l</i>	<i>d</i>
1	3	(3,053)	9	3	2,130	17	1	1,598
2	1	(2,873)	10	1	1,931	18	5	1,563
3	10	2,759	11	2	(1,894)	19	5	1,504
4	1	2,691	12	1	(1,805)	20	3	1,397
5	10	2,597	13	8	1,800	21	3	1,353
6	9	2,464	14	1	1,730	22	5	1,303
7	1	2,345	15	1	1,676	23	8	1,291
8	1	2,194	16	10	1,628	24	8	1,270

Таблица 3

Химические анализы (в мас.%) везувианов

Окислы	№1	№ 7	№ 7'	Окислы	№ 1	№ 7	№ 7'
SiO <sub>2</sub>	38,23	37,65	37,69	MnO	0,12	0,19	0,19
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,26	0,17	MgO	3,00	2,93	2,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,68	16,63	16,92	CaO	33,77	35,29	36,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,19	—	—	H <sub>2</sub> O <sup>±</sup>	2,88	4,10	3,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0,62	0,63	С у м м а	99,11	100,00	99,72
FeO	1,20	2,33	2,20	Уд.вес	3,45	3,59	—

Таблица 4

Химический состав (в мас.%) гроссуляров

Окислы	№ 3	№ 5	№ 2	№ 2А	№ 3д
SiO <sub>2</sub>	40,03	41,28	40,30	39,96	38,96
TiO <sub>2</sub>	—	—	0,2	—	0,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,98	22,31	20,90	23,21	19,93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,94	0,05	—	0,68	3,43
FeO	1,40	0,50	0,10	0,95	3,25
MnO	0,58	0,17	0,10	Сл.	0,03
MgO	0,41	1,15	0,40	0,53	1,31
CaO	33,21	34,71	38,00	35,04	32,52
С у м м а	99,55	100,07	100,00	100,37	100,14
Уд.вес		3,61	3,62		3,599

Таблица 5

Химический состав (в мас.%) зеленого клинохлора

Окислы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	H <sub>2</sub> O	Сумма
№ 11	29,43	0,035	17,89	0,94	4,90	32,60	0,61	13,10	99,50
№ 26	30,30	—	18,25	2,64	3,08	32,66	Сл.	12,26	100,56

Размер кристаллов невелик, максимальные достигают в диаметре 5 мм. Зеленый Cr-гроссуляр развит только в форме ромбододекаэдров (011), так же как в Джеффрей Майн в Канаде [7]. Он образует ядра кристалла, которые затем обрастают прозрачным светлоокрашенным желтоватым гроссуляром и просвечивают сквозь него, как зеленые глазки. Очень редко ярко-зеленый гроссуляр встречается и отдельно в виде мелких ромбододекаэдров в ассоциации с тонковолокнистым пектолитом.

Оранжевый гессонит ассоциирует со столбчатым светло-серым диопсидом, прорастает им и образует корки-друзы, покрывающие стенки трещинных полостей. Иногда можно встретить кристаллы гессонита (как правило, они тогда прозрачны), окруженные скорлупой тонкозернистого серпентина, внутри желтого прозрачного кальцита.

На кристаллы гессонита иногда нарастают сферокристаллы пирита, имеющие блочную фактуру и мозаичную (паркетовидную) поверхность.

Почти бесцветный (ан. 5) или бледно-розовый (ан. 3) гроссуляр обычно ассоциирует с белым диопсидом.

Темно-зеленые кристаллы плохо образованы, но самые большие по размерам. Они несут формы (110) и реже (122) или образуют их комбинации. Интересно, что корок, друзовых корок, они не образуют и существуют в порошковатом серпентините как-то изолированно друг от друга.

Любопытно, что с бледно-розовым гроссуляром ассоциирует такой же бледно-розовый, совершенно неотличимый от него по цвету и врастающий в него апатит;  $n_0 = 1,628$ . В сростании с ними находится и корундофиллит — о.о. (+),  $n = 1,618$ , обладает слабым плеохроизмом  $n_o > n_e$ , удлинение "—" (определение М.Е. Яковлевой).

Теоретический состав гроссуляра: CaO — 37,36; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 22,63; SiO<sub>2</sub> — 40,01%. Гроссуляр № 3. Бледно-розовый, прозрачный (аналитик Г.А. Осолодкина): (Ca<sub>2,78</sub>Mg<sub>0,05</sub>Mn<sub>0,04</sub>Fe<sub>0,01</sub><sup>2+</sup>)<sub>2,88</sub>(Fe<sub>0,36</sub><sup>3+</sup>Al<sub>1,71</sub>)<sub>2,07</sub>Si<sub>3,06</sub>O<sub>12</sub>.

Гроссуляр № 5. Почти бесцветный, участками белый, местами прозрачный (аналитик Г.А. Осолодкина): (Ca<sub>2,78</sub>Mg<sub>0,12</sub>Mn<sub>0,01</sub>Fe<sub>0,036</sub><sup>2+</sup>)<sub>2,94</sub>(Fe<sub>0,003</sub><sup>3+</sup>Al<sub>1,97</sub>)<sub>1,973</sub>Si<sub>3,09</sub>O<sub>12</sub>. Спектрально в нем установлены также Na до 1% (средн.); Ba, Ti — слабые; Cr, Ni, Ga — следы, Cu — ничтожные следы. В оранжевых гессонитах, кроме того, наблюдаются: Na столько же, что и в бесцветных, — до 1%, B, Ti, Ga, V, Cu, Ni — следы; Ti, Ba — слабые линии.

Гроссуляр № 2. Бесцветный из Танзании;  $n = 1,731$ . Анализ рентгеноспектральный: (Ca<sub>3,06</sub>Mg<sub>0,04</sub>Mn<sub>0,01</sub>Fe<sub>0,01</sub><sup>2+</sup>)<sub>3,12</sub>(Al<sub>1,86</sub>Ti<sub>0,01</sub>)<sub>1,87</sub>Si<sub>3,02</sub>O<sub>12</sub>. Впервые бесцветный гроссуляр описан в 1968 г. Г. Банк [10]. Интересен высокий процент CaO в бесцветных разновидях, а также очень низкое содержание железа и марганца (см. анализы № 5 и 2).

Гроссуляр № 2А. Бесцветный, образует мелкие ромбододекаэдры. Встречен в месторождении Бойлинг Аллей Пойнт (Новый Южный Уэльс, Австралия) [6]. Аналитик Т. Смит: (Ca<sub>2,801</sub>Fe<sub>0,059</sub><sup>2+</sup>Mg<sub>0,059</sub>)<sub>2,92</sub>(Fe<sub>0,038</sub><sup>3+</sup>Al<sub>2,022</sub>)<sub>2,06</sub>(Al<sub>0,019</sub>Si<sub>2,981</sub>)<sub>3</sub>O<sub>12</sub>.

Гессонит № 3д. Красновато-желтый, из Ликони Валь д'Аосга (Италия) [6, 11], встречен в кристаллических известняках: (Ca<sub>2,653</sub>Mg<sub>0,146</sub>Mn<sub>0,002</sub>Fe<sub>0,205</sub><sup>2+</sup>)<sub>3,00</sub>(Ti<sub>0,041</sub>Fe<sub>0,196</sub><sup>3+</sup>Al<sub>1,754</sub>)<sub>1,991</sub>(Al<sub>0,030</sub>Si<sub>2,970</sub>)<sub>3</sub>O<sub>12</sub>.

Этот гранат более железистый, магниезильный и титанистый по сравнению с гранатом из Баженовского месторождения, в то время как последний более кальциевый.

Химические анализы граната приведены в табл. 4.

К л и н о х л о р. Развит в виде темно-зеленых, зеленых, желто-зеленых, иногда очень светлых пластинчатых кристаллов псевдогексагонального облика, образующих друзы-щетки. Ассоциирует с прозрачным бесцветным диопсидом, везувианом, магнетитом. Последний покрывает пластинки клинохлора мелкими, сильно блестящими кристаллами.

Клинохлор № 11 (аналитик Г.А. Осолодкина): (Mg<sub>4,65</sub>Ca<sub>0,06</sub>Fe<sub>0,39</sub><sup>2+</sup>Fe<sub>0,07</sub><sup>3+</sup>Al<sub>0,83</sub>)<sub>6</sub>(Si<sub>2,82</sub>Al<sub>1,18</sub>)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8,08</sub>. Помимо элементов, установленных химическим анализом, спектрально выявлены: Mn, Ni — 0,1–0,3; Co, Zn, Ti — 0,01–0,03; Cr, V, Ga — 0,001; Cu — (7–9) · 10<sup>-4</sup>; Mo — (1–3) · 10<sup>-4</sup>%.

Клинохлор № 26. Из Вест Таун (Пенсильвания, США) [8, с. 143]. Очень близок по составу. В сумму входят Na<sub>2</sub>O — 0,03 и K<sub>2</sub>O — 0,38%: (Mg<sub>4,60</sub>Fe<sub>0,26</sub><sup>2+</sup>Fe<sub>0,18</sub><sup>3+</sup>Al<sub>0,89</sub>)<sub>5,93</sub>(Si<sub>2,86</sub>Al<sub>1,13</sub>)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub>. Сравнение этих двух очень близких анализов, приведенных в табл. 5, показывает, что клинохлор из Баженовского месторождения более кальциевый.

В более поздние фазы кристаллизации на щетки кристаллов клинохлора осаждаются прекрасно образованные изометричные многогранные кристаллы полупрозрачного кальцита и радиально-лучистые агрегаты призм арагонита.

А м е з и т. Развит в боченкообразных кристаллах, достигающих 1 см по высоте, обладающих ярко выраженной спайностью (сплюдоподобен), серовато-зеленой бледной окраски (рис. 3, а). Полупрозрачен. Боченкообразные кристаллы в сечении шестигранны. Вдоль вертикальной оси окраска изменяется от бесцветной до серовато-зеленой, местами распределяется полосами. Амезит покрывает стенки трещин друзами-корками, и при этом оси "С" почти параллельны стенкам трещин ("лежание кристаллы") —

Таблица 6

Химический состав (в мас.%) амезита

Окислы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	H <sub>2</sub> O	Сумма
№ 10	20,89	34,63	2,97	7,30	—	22,16	0,35	10,71	99,01
№ 1	20,95	35,21	—	8,28	Сл.	22,88	0,58	13,02	100,92

рис. 3, б. Блеск на спайных поверхностях перламутровый. Спайность совершенная, изредка сечение кристаллов треугольное, а не шестиугольное. Боковые грани ребристы. Иногда совершенно прозрачен как с боку кристалла, так и с его торца. Друзы кристаллов амезита в отдельных случаях имеют черепитчатую, паркетную поверхность и покрыты тонкими желтыми иголками длинных призм везувиана.

*Амезит № 10* (аналитик Г.А. Осолодкина):  $(Mg_{1,595}Fe_{0,295}^{2+}Fe_{0,090}^{3+}Ca_{0,020} \cdot Al_{1,000}^{VI})_3 (Al_{0,975}^{IV}Si_{1,010}Fe_{0,015}^{3+})_2 O_5 (OH, O)_{3,555}$ . Спектральным анализом обнаружены Ca —  $(4-6) \cdot 10^{-2}$ ; Ni —  $3 \cdot 10^{-2}$ ; Co, Zn —  $1 \cdot 10^{-2}$ ; Cr —  $(4-6) \cdot 10^{-3}$ ; Cu, V, Mo, Ti —  $1 \cdot 10^{-3}$ %.

*Амезит № 1*. Из Честер (Масачузетс, США). Светло-голубовато-зеленый (аналитик Ф.В. Шеннон) [8, с. 168]:  $(Mg_{1,637}Fe_{0,330}^{2+}Al_{0,999}^{VI})_{2,97} (Al_{0,994}^{IV}Si_{1,006})_2 O_5 (OH)_4$ .

Из сравнения этих двух анализов (табл. 6) видно, что они очень близки, но амезит из Честера несколько более магнезиален, а амезит из Баженовского месторождения более железист и содержит Ca при недостатке воды.

**П р е н и т.** Отличается большим многообразием форм выделения. Образует толсто-таблитчатые (рис. 4, а) белые или совершенно бесцветные кристаллы, а также сростки ребристых сферокристаллов. Нарастает на гроссуляр, находящийся в ассоциации с везувианом палевого цвета. При этом последний корродируется, превращаясь в разъеденные "сосульки". Пренит образуется позже кальцита, нарастая на его кристаллы. В свою очередь пренит бывает покрыт осыпью кристаллов пирита, образованных комбинацией куба (100) и октаэдра (111), причем последний преобладает, а также розовыми чечевицами факолита (тройки шабазита) — рис. 4, б.

Белые ребристые изогнутые сростки кристаллов пренита при процессах более позднего изменения превращались сначала в желтые, а затем в зеленые и сине-зеленые псевдоморфозы, состоящие из серпентина. При этом они имеют полосчатое строение: светло-зеленые полосы чередуются с темными лимонитизированными. Иногда сферокристаллы пренита покрыты "паркетным" пиритом, иногда полностью им замещаются. Подобные псевдоморфозы можно наблюдать на кристаллах гессонита — рис. 4, в.

**С у л ь ф и д ы.** Помимо пирита, образующего псевдоморфозы по прениту, здесь встречены в небольшом количестве борнит и очень мелкие кристаллики ближе не определенных блеклых руд.

**М а г н е т и т.** Встречается в виде поздних мелких присыпок на диопсиде, везувиане и клинохлоре.

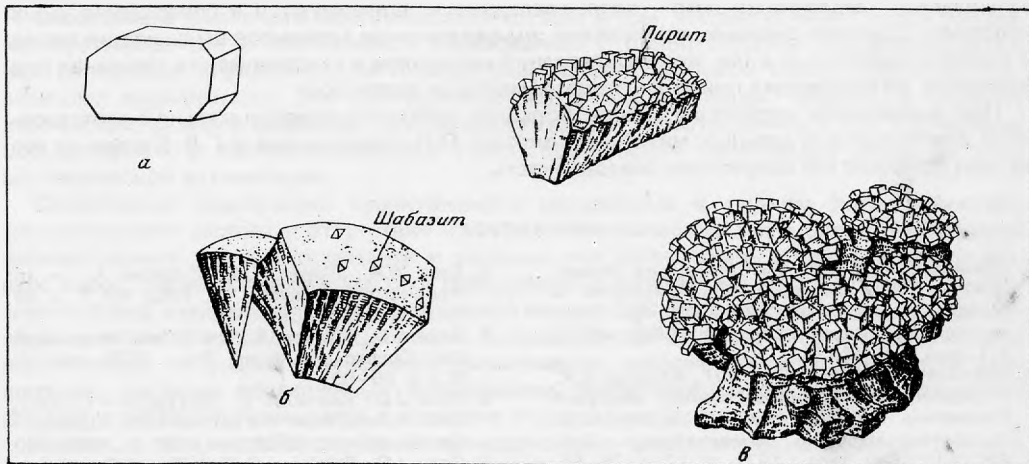
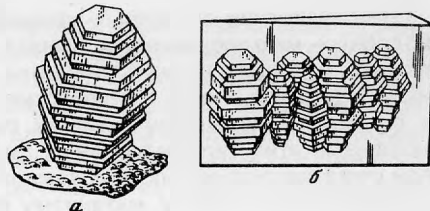
**Ш а б а з и т.** Образует самостоятельные корки-друзы изометричных кристаллов (тупые ромбоэдри) коричневого цвета, часто покрытые мелкими кубиками пирита (рис. 5, а). Эта разность кристаллизуется в полых трещинах в родингитах. Другая генерация шабазита представлена в виде тройников чечевицеобразной формы — это так называемый факолит (рис. 5, б). Цвет их бледно-розовый, размер в диаметре 2,5–3 мм. Обычно они нарастают на кристаллы белого пренита.

**П е к т о л и т.** Образует как мучнистый, рассыпающийся в пальцах агрегат мельчайших кристаллов, так и спутанно-волокнистый, из которого затем возникают радиально-лучистые образования, в которых уже можно различить отдельные тонкие кристаллы. Цвет белый. Ассоциирует с ярко-зеленым Сг-гроссуляром, мельчайшие кристаллики которого рассеяны в массе мучнистого пектолита. Белые матовые глобулы (до 1 см в диаметре) пектолита иногда обрастают сферолитами сколецита, на который, в свою очередь, нарастает апофиллит в виде бледно-розовых крупных монокристаллов (до 3 см).

**С к о л е ц и т.** Образует сферокристаллы до 3 см длиной в диаметре при поперечнике единичного кристаллика 0,5 мм. Цвет белый. Полупрозрачен. Обычно обрастает пектолитом, имеющим вид спутанно-волокнистого агрегата.

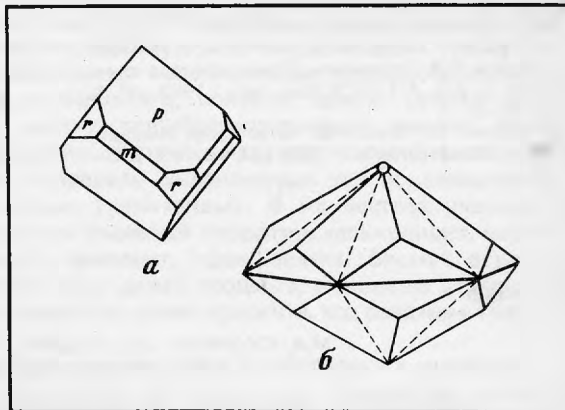
**Рис. 3. Аметит**

*а* — прозрачные боченкообразные кристаллы; *б* — кристаллы аметита с осями "с", параллельными стенкам трещины



**Рис. 4. Пренит**

*а* — изометричный; *б* — сферокристалл; *в* — псевдоморфоза пирита по сферокристаллам пренита



**Рис. 5. Шабазит**

*а* — изометричный "кубообразный" кристалл; *б* — факолит (тройник шабазита) бледно-розовый

Частичный химический анализ обнаружил следующие содержания элементов:  $\text{SiO}_2$  — 44,44–47,42;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 21,94–26,64;  $\text{CaO}$  — 13,48–15,40%.

**К а р б о н а т ы.** Из карбонатов присутствуют кальцит, доломит, арагонит, гидромагнетит. Кальцит формирует несколько генераций. Самый ранний медово-желтый кальцит совершенно прозрачен, выполняет промежутки между минералами ранних ассоциаций — гроссуляром, везувианом, клинохлором и т. д. Позже образует в пустотах толстопризматические бесцветные прозрачные кристаллы, покрытые, как правило, с поверхности матовой белой непрозрачной корочкой доломита. В самые поздние стадии кальцит развивается на щетках клинохлора в виде изометричных (почти шарообразных), покрытых многими гранями белых кристаллов. Иногда на кальците можно встретить кристаллы пренита.

Аргонит образует либо прозрачные игольчатые кристаллы, либо длиннопризматические сростки их. Иногда развивается в виде сферокристаллов с  $2V = +20^\circ$ .

Гидромагнетит образует сростки белых или почти бесцветных досчатых кристалликов, вытянутых по оси "С". Редок, представляет собой продукт выветривания серпентина. Один из самых поздних минералов.



При сравнении описанных уральских минералов пустот в родингитах с минералами подобных месторождений в Канаде (Джеффри Майн) и Италии (Валь д'Аоста, Беллкомб) обращает на себя внимание большое сходство как в самом списке минеральных видов, так и в их морфологии и ассоциациях. По-видимому, это свидетельствует и о сходстве физико-химических параметров процессов, протекающих при аутометаморфизме этих ультраосновных интрузий и даже об общем геохимическом родстве при учете специфических черт каждого из них.

Процессы по своему механизму несколько напоминают образование минералов так называемых "альпийских жил", хотя последние и формируются в совершенно иных условиях. Другими словами, происходит выщелачивание элементов вмещающих пород и перетложение их в виде новообразований минералов в тектонических трещинах под влиянием возникающих при этом гидротермальных растворов.

При выполнении настоящей работы большую помощь в предварительной рентгеновской диагностике отдельных минералов оказала О.Л. Свешникова и Г.В. Басова, за что авторы приносят им искреннюю благодарность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крыжановский В.И. Месторождение серпентин-асбеста в Березовской, Каменской и Монетной дачах на Урале. — Тр. Геол. музея им. Петра Великого. СПб., 1907, т. 1. вып. 3, с. 57–79.
2. Москалева В.Н., Иванова В.П., Касатов Б.К. О родингитах из ультраосновных интрузий Казахстана и определение их минерального состава методом термографии. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1971, № 12, с. 75–85.
3. Секерин А.П. Петрология родингитов Саяно-Байкальской горной области. — Докл. АН СССР, 1982, т. 262, № 1, с. 175–177.
4. Шарков Е.В. Родингиты Златогорского плутона. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1983, № 7, с. 15–21.
5. Bracewell H., Brown G. Harts Range Hessonite. — Austr. gemmol., 1983, vol. 15, N 1, p. 6–10.
6. Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. — In: Rock-forming minerals. L., 1962, vol. 1, p. 94; vol. 1, p. 94; vol. 3, p. 143.
7. Grice J.D., Williams R. The Jeffrey Mine, Asbestos, Quebec. — Miner. Rec., 1979, vol. 10, N 2, p. 69–80.
8. Grice J.D., Gasparri E. Spertiniite —  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  a new mineral from the Jeffrey mine, Quebec. — Canad. Miner., 1981, vol. 19, p. 337–340.
9. Grice J.D., Robinson G.W. Jeffreyite  $(\text{Ca}, \text{Na})_2 \cdot (\text{Be}, \text{Al})\text{Si}_2(\text{O}, \text{OH})_7$ , a new mineral species and its Relation to the melilite group. — Canad. Miner., 1982, vol. 22, p. 443–446.
10. Muije P., Muije C.S., Muije L. Colorless and green grossularite from Tanzania. — Gems and Gemol., 1979, vol. 16, N 6, p. 162–173.
11. Sanero E. Sopra due granati delle miniere di Cogne in Val D'Aosta. — Period. miner., Roma, 1935, vol. 6, p. 213–220.

УДК 549.3

М.А. КУДРИНА, В.С. КУДРИН, А.М. МАТЕРИКОВА,  
Е.Г. РЯБЕВА, К.В. ЮРКИНА

#### МИНЕРАЛЫ ВИСМУТА ИЗ ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРАТИФОРМНО-СКАРНОИДНОГО ТИПА

Минералы висмута встречаются в рудах полиметаллических, медных, оловянных, молибденовых, вольфрамовых и золото-мышьяковых месторождений различных генетических типов. Наиболее характерны они для оловянно-вольфрамовых месторождений, обогащенных медью и железом.

В детально изученных грейзеновых и жильно-грейзеновых месторождениях вольфрама отмечается большое видовое разнообразие минералов, в их развитии нередко проявляется контрастная горизонтальная и вертикальная зональность [1, 2].

Значительное число минералов висмута отмечено также в последнее время в скарных месторождениях вольфрама, претерпевших интенсивное гидротермальное преобразование.

В этой связи представилось интересным изучить особенности минералогии висмута в месторождении Баянское в Северном Казахстане, относящемся к новому нетрадиционному в СССР промышленному типу месторождений вольфрама — стратиформно-скарноидному типу.