

Н. Е. ЕФРЕМОВ

К СИСТЕМАТИКЕ МИНЕРАЛОВ СЕРПЕНТИНОВОЙ ГРУППЫ

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 19 I 1939)

После выхода в свет монографии А. Е. Ферсмана (1), посвященной исследованию в области магнезиальных силикатов, литературе не известны капитальные работы по данному вопросу. Между тем магнезиальные силикаты и в частности серпентиновая группа, как одна из наиболее слабо изученных, претендуют на повышенное внимание к себе именно в нашем отечестве, поскольку с их изучением связаны вопросы научно-практического характера (4).

К настоящему времени можно наметить определенный ряд серпентиновых минералов: гидрофорстерит (4) —  $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  — серпентин —  $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — карачаит (5) —  $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . В связи с указанным представляет интерес отметить новый минеральный вид из группы серпентина, существование которого в природе логично было предполагать на основе наших прежних представлений о составе группы серпентина (6).

На конференции, посвященной вопросу о магнезиальных силикатах, инж. Афанасьев сообщил, что среди изучавшихся им оливинитов в районе Сайгозера на Кольском полуострове довольно часто наблюдаются жилы и прожилки белого, иногда слегка светложелтого минерала. Нам представилось интересным изучение этого минерала, полученного благодаря любезному содействию инж. Афанасьева. Минерал в куске обладает белым цветом, обычно слегка окрашенным в светложелтые или кремовые оттенки. Наблюдаются разности плотная и жилковатая.

Удельный вес 2.401. Твердость между 2 и 3. Под микроскопом минерал серовато-белый с кремовым оттенком и представляется в виде агрегата различно ориентированных чешуек, пластинок, табличек, среди основной массы которых наблюдаются относительно более крупные индивиды, весьма напоминающие собою шнуры хризотила. Угасание в отношении трещин спайности, которые отчетливо выступают в этих различных формах проявления минерала, всегда прямое. Минерал двусный, положительный. Интерференционная окраска обычно светлосерая, лишь иногда повышается до желтоватых оттенков первого порядка  $\sim 0.01$ ;  $N_m = 1.542$ . Данные анализа плотной разновидности минерала, выполненного Т. М. Яковлевой, приведены под № 1 в таблице.

Результаты анализа приводят к сравнительно простой принимаемой формуле минерала —  $5\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  при  $\text{MgO} : \text{SiO}_2 = 5 : 4 = 1.25$ . Термический анализ минерала, произведенный дифференциальным мето-

Окислы	№ 1		№ 2	
	Весовые %	Молекул. отношения	Весовые %	Молекул. отношения
SiO <sub>2</sub>	43.78	3.95	44.13	2.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.56	0.03	0.29	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.17	0.04	1.73	0.03
FeO	Нет	—	—	—
CaO	0.44	0.05	—	—
MnO	Следы	—	0.23	0.01
MgO	37.01	5.00	38.91	2.62
NiO	0.11	—	—	—
CO <sub>2</sub>	0.56	0.07	—	—
H <sub>2</sub> O+	13.04	3.94	14.42	2.13
H <sub>2</sub> O—	3.02	0.82	1.00	0.15
Σ	99.66	—	100.71	—

дом на приборе Saladin Le Chatelier (термограмма № 1605), показал в общем наличие типичных для серпентиновых минералов эндотермических и экзотермических эффектов. Дебаеграмма минерала была снята в рентгенографической лаборатории Института минералогии Академии Наук СССР. Для сравнения были сняты также шелковистый хризотил-асбест из района Маркопиджа, девейлит из района Тхача и керолит из района Бедена. Анализ дебаеграмм\* указанных минералов позволяет устанавливать наличие общих для всех четырех минералов типичных «серпентиновых» линий. Следовательно изученный минерал по своим физико-химическим свойствам является новым представителем группы серпентиновых минералов, которому мы присваиваем название кольский по месту нахождения. Величина силико-магнезального модуля, равная 1.25, определяет его положение в даваемом ниже ряду серпентиновых минералов между девейлитом и карачаитом. Интересно отметить, что минерал, представленный волокнистой разновидностью серпентина (№ 2 в таблице) и описанный нами ранее (6), имеет ту же формулу—5MgO · 4SiO<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O.

Таким образом можно наметить следующий состав членов этого ряда, известных к настоящему времени:

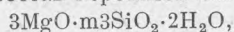
		MgO : SiO <sub>2</sub>
1. Гидрофорстерит ** . . . . .	2MgO · SiO <sub>2</sub> · nH <sub>2</sub> O	2.00
2. Хризотил коротковолокнистый из района Уруштена, Сев. Кавказ (7) . . . . .	7MgO · 4SiO <sub>2</sub> · 5H <sub>2</sub> O	1.75
3. Серпофит из района горы Тхач, Сев. Кавказ (6) . . . . .	5MgO · 3SiO <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	1.66
4. Серпентин (теор. формула) . . . . .	3MgO · 2SiO <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	1.50
5. Девейлит (теор. формула) . . . . .	4MgO · 3SiO <sub>2</sub> · nH <sub>2</sub> O	1.33
6. Ишкильдит (хризотил) из Ишкильдино, Урал (8) . . . . .	5.25MgO · 4SiO <sub>2</sub> · 3.5H <sub>2</sub> O	~ 1.33
7. Кольскит из оливинитов Кольского полуострова . . . . .	5MgO · 4SiO <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	1.25
8. Карачаит, Шаман-Беклеген . . . . .	MgO · SiO <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O	1.00
9. Керолит (теор. формула) . . . . .	MgO · SiO <sub>2</sub> · nH <sub>2</sub> O	1.00

Важно отметить, что и керолитовые минералы также отвечают общей закономерности этого ряда\*\*\*.

\* Результаты промера дебаеснимков нами не приводятся.

\*\* В принятых формулах даны округленные коэффициенты при окислах.

\*\*\* По нашим исследованиям состав керолитов отвечает формуле



где m может быть > 1 < и в частном случае = 1. Формулой учтена только H<sub>2</sub>O+.

Принципиально же важно отметить, что все изученные нами керолиты показывают их общий с серпентинами характер связей воды в молекуле, закономерно фиксируя на термограммах общие для них (серпентинов и керолитов) эндотермические (600—700°) и экзотермические эффекты. Рентгенометрическое же изучение этих минералов устанавливает наличие типичных «серпентиновых линз» на дебаеграммах серпентинов и керолитов. Все это с несомненностью указывает на общие черты в химической конституции данных минералов. Рассмотрение формулы членов ряда гидрофорстерит—керолит позволяет сделать вывод о том, что химическая конституция всех этих минералов могла бы быть истолкована при допущении, что каждый член этого ряда (за исключением крайних) являет собою сочетание двух исходных молекул: молекулы типа гидрофорстерита и молекулы типа карачаита. При этом для указанных минералов мы получаем простые стехиометрические отношения между названными молекулами. Так например, беря отношения  $Mg_2SiO_4 : Mg_2SiO_3$ , мы последовательно получим следующие величины для этих отношений: № 1—1 : 0; № 2—3 : 1; № 3—2 : 1; № 4—1 : 1; № 5—1 : 2; № 6—1 : 2; № 7—1 : 3; № 8—1 : 0; № 9—1 : 0.

Приведенные минеральные виды мы рассматриваем, как пока выявленные, наиболее устойчивые, простые стехиометрические сочетания указанных двух исходных молекул. Несомненно, что в природе существуют промежуточные члены между ними. Наличие ортосиликатовой части в молекуле серпентина<sup>(3)</sup> не подлежит сомнению, так как это экспериментально доказано опытами по обработке  $NH_4Cl$  различных серпентинов, производившимися совместно с инж. М. А. Оганесяном в Ростовском институте прикладной химии. При этой обработке извлекается  $\frac{2}{3}$  всего магния, содержащегося в серпентине, в виде  $MgCl_2$ . Большой интерес представляет тот факт, что для всех рассмотренных нами магниевых гидросиликатов в природе существуют их никелевые и железистые (ферри- и ферро-) и алюминиевые аналоги. Так например, не подлежало сомнению с нашей точки зрения существование описанного в данной работе нового серпентинового минерала—кольскита, поскольку в природе существует и описан<sup>(10)</sup> под именем «ферри-галлуазито-гарниерита» минерал, содержащий 29.4%  $NiO$ , 1.6%  $MgO$  и 14.42%  $Al_2O_3 + Fe_2O_3$  и представляющий собой некоторый промежуточный член между чистым никелевым аналогом кольскита— $5NiO \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$  и соответствующим ему алюмо-феррианалогом— $5R_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ . При этом химический состав весьма многообразных, содержащих  $Mg$  сиалитов и магниевых гидросиликатов, содержащих  $Al$ , мы сможем крайне просто объяснить, если примем, что  $MgO$  замещается  $Al_2O_3$ . Таким образом все эти минералообразования мы склонны рассматривать как члены определенных рядов, исходными молекулами для которых являются, с одной стороны, магниевые гидросиликаты, а с другой,—их алюминиевые аналоги. В тех случаях, когда замещение происходит по типу  $MgO \rightleftharpoons Al_2O_3^*$ , возникают обычно образования различных сиалитов типа байделлитов, нонтронитов, боулингитов, саюнитов, ревдинитов и др.<sup>(9)</sup> Объясняя возникновение различных вышеназванных минералов сочетанием исходных молекул магниевых гидросиликатов и их алюминиевых аналогов, мы думаем, что имеем дело с явлением, сущность которого сводится к твердым растворам. При этом мы можем уже говорить не только об аналогии (в нашем понимании) химических формул исход-

\* Или частично их изоморфно замещающих  $Fe''$ ,  $Mn$ ,  $Ni$  и соответственно  $Fe'''$ ,  $Cr$  и т. д.

ных молекул, но и о геометрической аналогии решеток наших минералов, резко отличающихся по своему химическому составу.

Обратившись к рассмотрению рентгенограмм серпентина и его возможного алюминиевого аналога каолинита, дающих ряд промежуточных минералов, можно видеть, что *наиболее интенсивные характерные линии серпентина и каолинита 7.3, 4.6, 2.5, 1.7, 1.5, 1.3, 1.0, 0.9 и др. вполне соответствуют друг другу*, обладая иногда лишь несколько различной интенсивностью. То же явление «изоструктурности» мы можем отметить для талька и пиррофиллита, сепиолита и монтмориллонита и др. Все это с несомненностью указывает нам на те глубоко идущие связи между магнезиальными силикатами и их алюминиевыми аналогами, на которые давно уже указывал А. Е. Ферсман и корни которых исходят из общих черт в построении решеток этих минералов. Нам думается, что в силу этих-то причин указанные исходные молекулы, замещая друг друга, и дают столь охотно весьма многообразные, промежуточного типа минералы, ошибочно принимавшиеся за криптокристаллические смеси.

Закономерность отмеченных явлений, базирующаяся на огромном экспериментальном материале, столь замечательна, что она имеет право, как нам кажется, претендовать на пристальное внимание к себе, и углубленная работа в этом направлении явится несомненно поворотным этапом в наших взглядах на природу весьма многочисленных минеральных тел, считавшихся до сих пор сложными и запутанными.

Лаборатория минерального сырья и геохимии  
Научно-исследовательского института  
прикладной химии.  
Ростов на-Дону.

Поступило  
20 I 1939.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Е. Ферсман, Исследования в области магнезиальных силикатов, Зап. Акад. Наук (1913). <sup>2</sup> А. Е. Ферсман, Материалы к исследованию и систематике водных магнев. силикатов, Труды геолог. музея, VII, вып. 6 (1913). <sup>3</sup> В. И. Вернадский и С. М. Курбатов, Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги (1937). <sup>4</sup> Н. Е. Ефремов, Сов. геология, № 7 (1938). <sup>5</sup> Н. Е. Ефремов, Изв. Акад. Наук, серия геолог., № 6 (1937). <sup>6</sup> Н. Е. Ефремов, Изв. Акад. Наук, сер. геолог., № 4 (1938). <sup>7</sup> Н. Е. Ефремов, Изв. ин-та прикл. химии, № 2 (1937). <sup>8</sup> Ф. В. Сыромятников, Бюлл. моск. о-ва исп. прир., отд. геол. XII (2) (1935). <sup>9</sup> Н. Е. Ефремов, Труды Азово-Черноморского геолог. управления, сборн. III (1938). <sup>10</sup> Е. Ф. Алексеева и М. Н. Годлевский, Зап. всер. мин. о-ва, 66, 4 (1937).