

М. Д. ДОРФМАН, А. И. ГОРШКОВ, Р. Л. ТЕЛЕШОВА

О СЕЛАДОНИТЕ ИЗ ХИБИН

Селадонит является одним из редких для Хибин минералов. Впервые он был найден на Кукисвумчорреском апатитовом руднике и описан Е. И. Семеновым в 1959 г. Вновь минерал был обнаружен нами в ущелье Ферсмана в свалах пегматитовой жилы, залегающей в ризкорритах. Здесь селадонит образует довольно крупные скопления до 30 см в поперечнике.

Ущелье Ферсмана, в котором найдено пегматитовое тело, представляет собой крутопадающую зону дробления, по которой, как и по многим другим в массиве, развивались процессы химического выветривания (Арманд, Дорфман, 1959). В результате эрозии комплекс глинистых рыхлых отложений из ослабленной выветриванием линейной коры выветривания был вынесен и возник глубокий пропил с вертикальными и неустойчивыми стенками. В крутой стенке ущелья среди ризкорритов на высоте 30—40 м обнаружена интересующая нас пегматитовая жила в коренном залегании.

Пегматит широтного простирания прослеживается на расстоянии 150 м. В восточном конце он залегает горизонтально и имеет мощность около 60 см. В направлении к западу, примерно через 40 м, жила круто опускается на 15—18 м, затем выполаживается и с уменьшением мощности выклинивается.

Состав жилы полевошпато-нефелино-эгириновый с заметной зональностью в наиболее мощной ее части. В контакте с ризкорритом структура тела пегматоидная, размер зерен от 2 до 4 см. В направлении к центру полевой шпат принимает лейстовый облик, зерна постепенно увеличиваются и в серединной части достигают 15×3 см. В этой части жилы нефелина сравнительно мало и преобладает лучистый зеленый эгирин, цементирующий зерна полевого шпата. Там, где пегматит в пределах зоны выветривания подвергнут химическому изменению, нефелин замещен красновато бурой гидрослюдой, эгирин в значительной мере обохрен, а в пустотках выщелачивания в нем наблюдаются иногда тонкие почковидные корочки гидрогетита.

О минералогическом составе пегматита можно судить лишь по осypям. Кроме главных породообразующих минералов (нефелин, эгирин, полевой шпат) наблюдаются иногда мелкокристаллический альбит в форме гнезд размером до 25 см, сравнительно редко кристаллы зеленого апатита в поперечнике до 2 см, натролит плотного сложения с крупными кристаллами окисленного шизолита и мелкие кристаллы позднего эгирина.

Селадонит встречается среди выветрелых кавернозных участков пегматитовой жилы или альбитовых гнезд. Здесь он производит впечатление минерала главным образом переотложенного, но имеются наблюдения,

Порошкограмма селадонита
(Со-излучение, Fe-фильтр)

Природный образец			Насыщенный глицерином		Прокаленный при 550° С	
I	hkl	d	I	d	I	d
10	001	10,1	10	10,0	8	10,1
1	002	4,99	1	4,99	1	4,97
8	—	4,52	8	4,55	5	4,48
7	11 $\bar{1}$	4,34	7	4,33	2	4,21
5	021	4,12	5	4,12	—	—
1	111	3,88	3	3,88	3	3,86
10	11 $\bar{2}$	3,62	10	3,60	6	3,59
9	003	3,34	9	3,34	10	3,34
10	11 $\bar{2}$	3,10	10	3,08	6	3,11
3	11 $\bar{3}$	2,90	3	2,89	5	2,87
6	023	2,69	6	2,67	3	2,67
10	200, 131	2,58	10	2,57	8	2,55
1	004	2,495	1	2,495	—	—
9	201, 13 $\bar{2}$	2,398	9	2,398	8	2,378
1	203, 13 $\bar{2}$	2,342	1	2,342	—	—
4	—	2,280	4	2,280	—	—
4	—	2,208	4	2,208	5	2,230
5	202, 133	2,144	5	2,144	5p	2,128
4p	—	1,973	4p	1,973	5	2,008
1	203	1,886	1	1,886	4	1,963
2	—	1,813	2	1,813	1	1,868
1	20 $\bar{5}$, 134	1,710	1	1,710	2	1,738
6p	204, 13 $\bar{5}$	1,654	6p	1,654	1	1,691
5	—	1,590	5	1,590	6p	1,611
1	—	1,558	1	1,558	3	1,572
1	—	1,535	1	1,535	3	1,520
9	060, 33 $\bar{1}$	1,509	9	1,509	—	—
2	—	1,495	2	1,495	7	1,497

свидетельствующие о его развитии по пироксену. Полости, выполненные селадонитом обычно неправильной формы, часто соединяются друг с другом, а в непосредственной близости к их стенкам в селадоните обнаруживаются мелкие обломки полевых шпатов и других минералов пегматита. Наиболее чистые выделения селадонита характерны для внутренних участков скоплений, где иногда сохраняются остатки пироксена.

Селадонит плотного землистого сложения. Цвет от оливково-зеленого на выветрелых поверхностях до густо-зеленого на свежих изломах. Блеск матовый, твердость 1. В шлифах обнаруживает тонкоагрегатное сложение. Спайность совершенная по (001). Показатель преломления $1,639 \pm 0,002$ (сред.). Из-за очень мелких размеров частиц другие оптические константы определить не удалось. В шлифах при одном николе обнаруживает густую зеленую окраску. Иногда среди сплошной массы селадонита распознаются контуры замещенных им кристаллов эгирина.

Порошкограмма образца дает типичную для селадонита дифракционную картину (табл. 1). Не изменяется она и при насыщении ориентиро-

ванного препарата глицерином. Чтобы установить (или опровергнуть) возможную примесь хлорита в селадоните образец был прокален при 550°C . На порошкограмме характерные для хлорита отражения 001 ($d = 14 \text{ \AA}$) не проявились, тем самым в пределах чувствительности метода было доказано его отсутствие.

Интересные результаты получены при комплексном изучении селадонита методами электронной микроскопии и электронографии.

При электронографическом исследовании были получены электронограммы от текстур. Анализ их показал, что образец является смесью двух слоистых силикатов. Один из этих силикатов характеризуется четко разделенными рефлексами на всех эллипсах независимо от индексов hk , что свидетельствует о высоком совершенстве структуры минерала. Расположение и распределение интенсивностей этих рефлексов характерно для диоктаэдрических слюдоподобных минералов модификации 1 М. Произведенный расчет дал элементарную ячейку: $a_0 = 5,22 \text{ \AA}$; $b_0 = 9,04 \text{ \AA}$; $c_0 = 9,97 \text{ \AA}$; $\beta = 100^{\circ} 15'$, отвечающую селадониту (Звягин, 1964). В отличие от обычных селадонитов, для которых характерна пластинчато-лентовидная форма частиц, хибинский имеет пластинчатую изометричную форму частиц (рис. 1).

Другой слоистый силикат, как показал расчет, является триоктаэдрическим силикатом с периодами $a = 5,31 \text{ \AA}$; $b = 9,21 \text{ \AA}$; период c вследствие малой упорядоченности определить не удалось.

Микродифракционные исследования также подтвердили наличие смеси двух слоистых силикатов. Так, из рассмотрения рис. 2 (а, б), изображающих соответственно диафрагмированный участок препарата и электронограмму от него, видно, что дифракция от мелких чешуек представлена дискретными кольцами, а гексагональную сетку рефлексов дает более крупная пластинка. При этом точечные рефлексы находятся несколько дальше от центра, чем дискретные кольца и, следовательно, параметры a и b у крупного кристалла несколько меньше, чем у мелких чешуек.

Сопоставляя данные с результатами, полученными при электронографическом исследовании, можно сказать, что более крупные пластинки преобладающего минерала принадлежат селадониту, а мелкие чешуйки — примеси. Таким образом, видно, что содержащиеся в образце два слоистых силиката различаются структурными особенностями, степенью упорядоченности и размерами частиц. О морфологии частиц селадонита дают представление рис. 1 и 3. Минерал образует таблитчатые кристаллы псевдотетрагональных очертаний со спайностью по (001). На плоскости (001) видны скульптуры роста в форме тонких ступенек, повторяющих очертания основного кристалла. В случае сростков каждая из частиц агрегата всегда сохраняет с периферии псевдотетрагональный облик.

Переход эгирина в селадонит сопровождается распадом первичной структуры пироксена, а затем путем синтеза, возможно через коллоидную стадию, образованием нового минерала со структурой слоистого силиката.

Термические данные по селадониту, полученные в лаборатории А. И. Цветкова, приведены в табл. 2.

Характерной особенностью минерала является наличие двух эндотермических эффектов и одного экзотермического (рис. 4). Первый в интервале $480-600^{\circ}\text{C}$ отвечает выделению межпакетной воды. Второй эффект при $930-960^{\circ}\text{C}$ указывает на частичное плавление минерала. Эта особенность селадонита отличает его от сходного с ним глауконита (Цветков, 1956), который не плавится даже при 1200°C . Экзотермический эффект при 300°C отвечает окислению закисного железа. Неясным остается

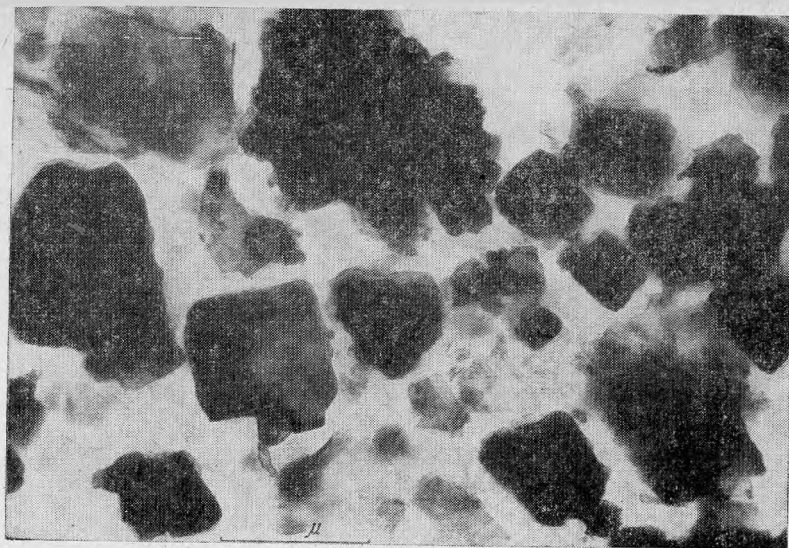


Рис. 1. Селадонит. Электронный снимок с участка препарата (метод суспензии)

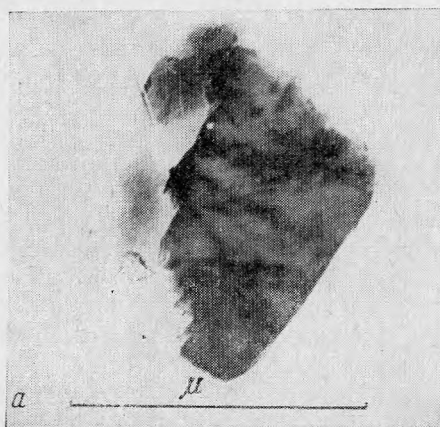


Рис. 2. Селадонит

а — диафрагмированный участок препарата; б — электроннограмма от него



Рис. 3. Селадонит. Электронный снимок с участка препарата (самооттененная угольная реплика)

очень слабо выраженный экзотермический эффект в интервале 80—100°С.

Селадонит Кукисвумчоррского рудника обнаруживает дополнительный эндотермический эффект в интервале 790—830°С, который вызван, по-видимому, наличием в пробе посторонних примесей. Слабый эффект при 60—100°С отвечает выделению адсорбционной воды.

Химический анализ селадонита приведен в табл. 3. Расчет анализа на формулу вызывает определенные трудности, так как в минерале, как показано было выше, присутствует тончайшая примесь слоистого силиката неизвестного состава. Если исходить из того, что химический анализ пробы соответствует составу чистого селадонита, т. е. примеси в нем мало, то при расчете на кристаллохимическую формулу алюминия в тетраэдрической координации почти не оказывается ($\text{Si}_{3,94}\text{Al}_{0,06}$), что для селадонита быть не может. Возникло вполне допустимое предположение, что в пробе кроме того присутствует еще и аморфный свободный кремнезем, который, как известно, методами рентгена и термики установить невозможно¹. Количество кремнезема в анализе является, таким образом, суммарным. Вероятно, его не больше 5—6%, так как при уменьшении содержания SiO_2 на эту сумму расчет приводит к нормальной формуле селадонита. Таким образом, в процессе выветривания пироксена

¹ Наличие аморфной («растворимой») кремнекислоты подтверждено обработкой пробы 5%-ным содовым раствором (Пономарев А. И., 1951).

Термические эффекты селадонита

Месторождение	Эндотермические			Экзотермические	Автор
Хибины, Эвеслогчорр .	—	480—600°	930—960°	80—100, 300°	М. Д. Дорфман
Хибины, Кукисвумчорр, Апатитовый рудник .	60—100°	520—600, 790—830	880—910	—	Е. И. Семенов, 1959
Побужье, Украина . .	—	680	940	340°	К. М. Малкова, 1956

образуется многофазная система, в которой кроме главного минерала — селадонита — присутствует примесь триоктаэдрического слоистого силиката неизвестного состава и опала.

При сравнении химических анализов селадонита ущелья Ферсмана и селадонита из Кукисвумчоррского рудника (Семенов, 1959), в последнем отмечается повышенное количество Са и Ti, а также P_2O_5 . Представляется, что выводы автора о высоком содержании в минерале этих элементов ошибочны. По-видимому, анализировался недостаточно чистый материал.

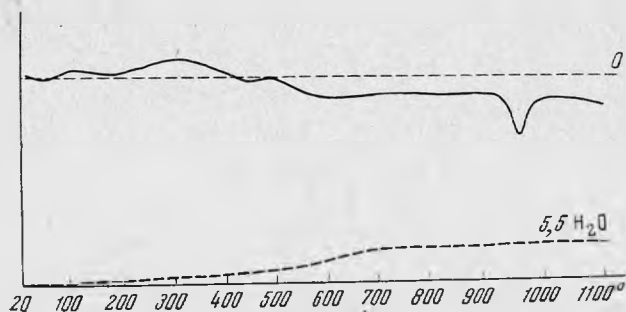


Рис. 4. Дифференциальная кривая нагревания и сопряженная с ней кривая (пунктир) изменения веса селадонита

Если учесть, что селадонит был найден в зоне выветривания Кукисвумчоррского апатитового рудника¹, где сфен обычно нацело замещается землистым анагасом, а апатит является постоянным спутником пород, то станет понятной природа этих элементов. Отделить минерал от примесей интенсивно раздробленных и подвергнутых глубокой химической переработке пород очень трудно. На наличие посторонней примеси, кроме того, указывают несвойственные селадониту термические эффекты на кривой нагревания, а также порошкограмма: среди 9 приведенных линий самой сильной (10—3,94) не соответствует ни одна из линий селадонита. В литературе до сих пор нет ясности: являются ли селадонит и глауконит разными минералами или это одно и то же. По А. Г. Бетехтину (1950), они отличаются друг от друга только условиями образования: селадонит гидротермального происхождения, глауконит — осадочного. По К. Д. Глинка (1896), Е. К. Лазаренко (1956) и К. М. Малковой (1956), это, по-видимо-

¹ Е. И. Семенов ошибочно принимает зоны выветривания за зоны интенсивной гидротермальной переработки пород.

Таблица 3

Химический анализ селадонита

Оксиды	Хибиньы			Побужье, Украина
	Ущелье Ферсмана		Кукисвумчорр	
	Вес. %	Атомное количество	Вес. %	
SiO ₂	55,30	9217	43,92	52,53
TiO ₂	0,20	25	4,17	0,25
Al ₂ O ₃	2,86	561	5,24	4,97
Fe ₂ O ₃	17,75	2219	13,55	18,62
FeO	4,01	557	2,94	4,48
MgO	5,34	1325	3,37	5,35
CaO	Нет	—	9,04	0,58
MnO	1,43	159	0,10	0,01
Na ₂ O	0,32	103	0,07	Нет
K ₂ O	7,27	1544	8,23	7,93
P ₂ O ₅	Нет	—	0,20	Нет
Cr ₂ O ₃	Нет	—	Нет	0,03
П. п. п.	5,84	3244	8,70	4,31
H ₂ O-110	Нет	—	0,24	1,15
Сумма	100,02		99,77	100,64
Аналитик	Р. Л. Телешова, 1964		Е. И. Кульчицкая, 1959	А. В. Сердобольная, 1956

му, один минеральный вид, так как химический состав и структура их идентичны.

Минерал из Хибин (ущелье Ферсмана) образовался в зоне выветривания и диагностируется как селадонит. Если считать, что условия в коре выветривания близки к условиям образования в осадочных породах, то можно согласиться с Е. К. Лазаренко, что генетический признак не может быть критерием их различия.

Е. К. Лазаренко (1956) и К. М. Малкова (1956) считают, что название селадонит нужно сохранить только за железистой разновидностью, все же промежуточные различия между сколитом и селадонитом нужно относить к сколит-селадонитовому ряду. При значительной примеси магния члены сколит-селадонитового ряда могут соответственно называться магниевым сколитом и магниевым селадонитом. Необходимость в такого рода классификации отпадает, если учесть, что исследованиями У. И. Феношиной и В. А. Дриц (1961) доказано, что сколит это не минерал, а смешанно-слоистый силикат, образованный чередованием слюдистых и монтмориллонитовых слоев.

Таким образом, описанный минерал имеет высокую степень упорядоченности структуры, характерную для селадонита, и необычную для него форму частиц — псевдотетрагональную вместо ленточной. В генетическом отношении минерал интересен тем, что в условиях коры выветривания вместе с селадонитом образуется тончайшая примесь триоктаэдрического слюдистого минерала и пропитывающего его опала.

В заключение выражаем благодарность Б. Б. Звягину и А. И. Цветкову за ценные советы и внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

- Арманд А. Д., Дорфман М. Д. К вопросу о происхождении отрицательных форм рельефа Хибинского массива.— Изв. Кольского и Карельского филиалов АН СССР, вып. 1, Петрозаводск, 1959.
- Бетехтин А. Г. Минералогия, 1950.
- Глинка К. Д. Глаукоцит, его происхождение, химический состав и характер выветривания.— Учен. зап. Ново-Александровского с.-х. ин-та, 1890.
- Зягин Б. Б. Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов. Изд-во «Наука», 1964.
- Лазаренко Е. К. Некоторые вопросы минералогии осадочных образований.— Вопросы минералогии осадочных образований, кн. 1-я. Изд. Львовского ун-та, 1954.
- Лазаренко Е. К. Вопросы номенклатуры и классификации глаукоцита.— Вопросы минералогии осадочных образований, кн. 3-я и 4-я. Изд. Львовского ун-та, 1956.
- Малкова К. М. О селадоните Побужья.— Минер. сб. Львовского геол. общ-ва, 1956, № 10.
- Семенов Е. И. Литиевые и другие слюды и гидрослюды в щелочных пегматитах Кольского полуострова.— Труды Минер. музея АН СССР, Изд-во АН СССР, 1959.
- Фенюшина У. И., Дриц В. А. К вопросу о структуре сколита.— Минер. сб. Львовского геол. общ-ва, 1961.
- Пономарев А. И. Методы химического анализа минералов и горных пород. Изд-во АН СССР, 1951.