

Н. Г. СУМИН

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СКАРНОВЫХ МИНЕРАЛОВ
ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В железорудных месторождениях скарного типа широким распространением пользуются скаполит, гранат, эпидот, хлорит, пренит, натролит, анальцим, альбит и другие минералы, образующие своеобразные скарны.

Несмотря на один и тот же генетический тип железорудных месторождений, одни минералы имеют большое распространение в некоторых из них, а другие отсутствуют полностью. Особенно это относится к таким минералам, как скаполит и частично анальцим. На Гороблагодатском месторождении, например, они образуют массивные скопления в виде своеобразных скаполито-анальцимовых пород, в других месторождениях от них сохраняются лишь реликты и они полностью замещаются альбитом, образуя так называемые «скаполитовые» скарны без скаполита, представляющие собой псевдоморфозы альбита по скаполиту.

До самого последнего времени скаполит не был известен на горе Высокой, однако и здесь в результате петрографо-минералогического исследования он недавно был обнаружен в довольно значительных количествах среди скарновых образований. Иногда скаполит в железорудных месторождениях отсутствует во вмещающей толще, но наблюдается в довольно значительном количестве в породах интрузивного комплекса — гранитоидах, сиенитах и других, — обычно контактирующих с месторождением. В этом случае он образуется за счет полевых шпатов указанных пород в процессе их скаполитизации.

Наличие скаполита почти во всех месторождениях скарного типа, образующего те или иные формы, свидетельствует о разных этапах их формирования, различных глубинах залегания и неодинаковом эрозионном срезе и указывает на исключительно важную роль скаполита как спутника рудообразования.

Таким образом, исследование минералов, подобных скаполиту, представляет исключительно большой интерес для понимания генезиса месторождений.

В настоящей статье я остановлюсь на характеристике двух минералов — скаполита и граната.

Скаполит. Наиболее удобным для детального исследования оказался скаполит Гороблагодатского железорудного месторождения, пользующийся значительным распространением среди вмещающей толщи.

Образование скаполита здесь связано с изменением пород сиенитового интрузива, очень богатых щелочным полевым шпатом. Скаполит, замещающая полевой шпат, образует своеобразные породы, состоящие в основном из скаполита, незначительного количества магнетита и пироксена (диопсида).

Немало скаполита наблюдается в виде примеси в скарнированных эффузивных образованиях типа порфиритов и кристаллических известняков. В значительно меньших количествах скаполит образуется в контактах сиенитов с известняками.

В сиенитах горы Благодать, частично подвергшихся скарнированию (гранатизации), наряду со скаполитизацией, выразившейся в замещении щелочного полевого шпата скаполитом, одновременно наблюдается образование вторичного альбита с последующим развитием по нему анальцима.

В микросиенитах, не затронутых процессом скарнирования, скаполитизация развивается по мельчайшим трещинам отдельности путем замещения полевых шпатов скаполитом, преимущественно дипирового состава, который постепенно анальцимизируется.

Распространение скаполито-цеолитовых образований приурочено к породам сиенитового интрузива, в которых скаполитизация протекает обычным путем за счет щелочных полевых шпатов. При полном завершении процесса возникают своеобразные скаполитовые породы, часто с большим содержанием рудных минералов и с одновременной раскристаллизацией их, носящие название «белых оспенных руд».

Подобные явления одновременной кристаллизации скаполита и магнетита я наблюдал и в других месторождениях. Правда, в них встречается не собственно скаполит в ассоциации с рудным минералом, а псевдоморфозы по скаполиту. Однако взаимоотношения магнетита с хорошо сохранившимися реликтами кристаллов бывшего скаполита (судя по квадратным сечениям и удлинённым столбчатым формам кристаллов) такие же, напоминая одновременную кристаллизацию пегматитовых образований.

Процесс образования бедных скаполитовых оспенных руд совершенно не похож на образование обычных полевошпатовых красных оспенных руд. В последних нерудный минерал представлен ортоклазом, который заметно разведается магнетитом. В белых оспенных рудах, где полевошпатовая часть полностью замещена скаполитом, отчетливо наблюдается одновременное выделение скаполита и магнетита, вследствие чего и образуются своеобразные породы, имеющие пегматитовый облик.

Скаполит наблюдается и среди скарнированных пород — эпидотовых и гранатовых скарнов, эпидозитов и других образований. Здесь он развивается за счет полевых шпатов вмещающих пород (ортофиров, кератофиров, порфиритов и их туфов), не успевших полностью заместиться гранатом, эпидотом и другими скарновыми минералами. В таких породах скаполита обычно мало, но, несмотря на это, они все же носят название «скаполитовых скарнов» вследствие своеобразной неравномернозернистой структуры, отличающей их от обычных скарнов с равномернозернистым или сплошным строением.

Скаполитовые скарны имеют широкое распространение как на главном Гороблагодатском месторождении, так и сравнительно далеко за пределами его около Верхне-Турьинского тракта, к востоку от р. Половинки. Аналогичная картина распространения их наблюдалась и в других месторождениях этого типа.

Скаполитизированные сиениты макроскопически представляют собой крупнозернистые, светлые, слабой серовато-зеленой окраски породы, с редкими пятнами розового полевого шпата и черного магнетита. Минералогически они в основном представлены скаполитом, а в качестве примеси в них наблюдаются пренит, ортоклаз, цоизит, эпидот, биотит, активолит, серицит, гранат, хлорит, анальцим, кальцит, лейкоксен, апатит, много сфена, очень редко флюорит и рудные минералы — магнетит и пирит. Особенно характерно для них присутствие анальцима с бледноголубовато-зеленой окраской. Анальцим образует мелкозернистые агрегаты, а иногда и псевдоморфозы по скаполиту.

Высокое содержание сфена в скаполитовых породах в виде хорошо образованных буро-коричневых кристаллов свидетельствует о том, что исходным материалом, подвергшимся скаполитизации, были сиениты (для них характерны большие концентрации сфена), и указывает на стойкость сфена при этом процессе.

Скаполитовые скарны горы Благодать местами сильно альбитизированы, но по сравнению с другими месторождениями здесь альбитизация носит зачаточный характер. Наиболее широкое развитие этого процесса наблюдается на других месторождениях, где среди вмещающей толщи имеются скаполитовые скарны, фактически без скаполита.

Широкая скаполитизация вмещающей толщи, несомненно, является следствием основного рудообразующего процесса. Поэтому в зависимости от интенсивности развития последнего и расстояния от центра источника рудообразующих растворов скаполитизация пород на месторождении или усиливается, или постепенно затухает. Вследствие этого наблюдается интересная последовательность процессов, сопутствующих скаполитизации: альбитизация, анальцимизация, цеолитизация (натролитизация) и т. д.

Как в оспенных рудах, так и в других породах скаполит встречается в виде массивных, плотных, реже крупнокристаллических масс. Иногда в контактах он образует друзы кристаллов в парагенезисе с магнетитом, диопсидом и меньше гранатом, эпидотом и слюдой. Хотя с трудом, но в некоторых из них можно было обнаружить присутствие следующих граней: (100), (110), (111), (101) и (210). К сожалению, недостаточное количество целых, хорошо образованных кристаллов не дало возможности точно определить все грани, но можно с уверенностью сказать, что из того количества обломков, которыми мы располагали, некоторые образцы обладали более значительным богатством форм, чем вышеперечисленные. Скаполит в довольно больших количествах развивается и в виде неправильных зерен в гранатовом скарне, часто заполняя промежутки между зернами граната.

Скаполит в массивных скоплениях оспенных руд и в сиенитах обычно белого цвета, а в хорошо образованных мелких кристаллах — светло-зеленого цвета, иногда даже похож на светлый пироксен (диопсид).

Описываемый минерал чаще всего наблюдается в виде крупных удлиненных кристаллов и неправильных зерен. В проходящем свете бесцветен, обладает совершенной спайностью, прямым погасанием. $\text{Ng} = 1,55$; $\text{Nr} = 1,54$; $\text{Ng} - \text{Nr} = 0,01$. По данным константам он может быть отнесен к промежуточному типу между мариалитом и дипиром.

Иногда наблюдается скаполит с аномальной двуосностью.

Из представителей изоморфного ряда мариалит — мейонит для Гороблагодатского месторождения характерным является мариалит, чаще дипир.

В случае замещения пород, содержащих значительное количество плагиоклаза, образуется скаполит мейонитового состава (Me_{70}) со следующими оптическими данными: $Ng = 1,585$ и $Np = 1,54-1,55$, с примесью в нем скаполита сульфатного ряда.

Наличие в одном и том же месторождении крайних членов изоморфного ряда скаполита, несомненно, представляет большой интерес. Оптически по показателям преломления скаполиты горы Благодать сильно варьируют от мариалита до мейонита 70% ($Me_{70}Ma_{30}$). В большинстве своем скаполиты относятся к хлороскаполитам с ничтожным содержанием SO_3 . Это также, несомненно, представляет интерес с точки зрения объяснения роли летучих компонентов в рудообразовании, где роль хлора была, видимо, существенной.

Анализ скаполита с Гороблагодатского месторождения, выполненный химиком-аналитиком П. С. Лазаревич (материал был недостаточно чисто отобран), рассчитан мною на минералогический состав (табл. I).

Таблица I

Минералогический состав скаполита

Оксиды	Вес. %	Содержание окислов в минералах по расчету, %						
		скаполит			примеси			
		мариалит	сульфат-мариалит	мейонит	анальцит	гроссулярит	андрадит	другие
SiO_2	55,56	42,14	1,35	6,17	4,01	0,56	0,30	1,03
Al_2O_3	22,60	11,89	0,38	5,22	1,71	0,32	—	3,08
Fe_2O_3	0,27	—	—	—	—	—	0,27	—
CaO	3,92	—	—	3,81	—	0,53	0,28	—
MgO	0,42	—	—	—	—	—	—	—
Na_2O	9,55	—	—	—	—	—	—	—
K_2O	1,49	9,63	0,37	—	1,04	—	—	—
H_2O^-	0,40	—	—	—	—	—	—	0,40
H_2O^+	2,12	1,19	0,05	0,28	0,60	—	—	—
Cl	2,75	2,75	—	—	—	—	—	—
SO_4	0,20	—	0,20	—	—	—	—	—
Потери при прокаливании	0,75	—	—	0,75	—	—	—	—
Сумма . .	100,03	67,60	2,35	16,23	7,36	1,41	0,85	4,51

86,18

13,82

Таким образом, исследуемый скаполит Гороблагодатского железорудного месторождения состоит из собственно скаполита на 86,18% и примесей, достигающих 13,82%; из последних в большом количестве присутствует анальцит, который часто можно наблюдать среди мономинеральных выделений скаполита. По количественному содержанию к скаполиту Cl, SO_3 и CO_2 (последнее взято из данных потери при прокаливании) он отвечает следующему составу:

$3\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{NaCl}$ — мариалиту = 73,33%

$3\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ — сульфат-мариалиту = 3,47%

$3\text{CaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$ — мейониту = 23,20%

Сравнительно высокое содержание Cl и совершенно ничтожное SO_3 показывает, что скаполит Гороблагодатского железорудного месторождения является представителем обычных хлорсодержащих скаполитов.

При сравнении анализов с хлорскаполитами других месторождений (по Дельтеру) можно убедиться в том, что скаполит горы Благодать кажется сильно обогащенным окисью глинозема и характеризуется некоторым недостатком окиси кремния.

Отношение мариалитовой молекулы к мейонитовой составляет 76,80:23,20, т. е. $\text{Ma}_{77} \text{Me}_{23}$.

На основании существующей классификации, основанной на пропорциональном отношении двух молекул Ma (мариалита) и Me (мейонита):

Мариалит	от $\text{Ma}_{100}\text{Me}_0$ до $\text{Ma}_{80}\text{Me}_{20}$
Дишир	от $\text{Ma}_{80}\text{Me}_{20}$ до $\text{Ma}_{50}\text{Me}_{50}$
Мицзонит	от $\text{Ma}_{50}\text{Me}_{50}$ до $\text{Ma}_{20}\text{Me}_{80}$
Мейонит	от $\text{Ma}_{20}\text{Me}_{80}$ до $\text{Ma}_0\text{Me}_{100}$

исследуемый нами гороблагодатский скаполит относится к группе дишира или вернее к промежуточной разности диширо-мариалитового состава.

Мариалит 100% (Ma_{100}) известен лишь теоретически, в природе такое соединение пока не наблюдалось. Природный мариалит известен, по литературе, в базальтовых туфах в Пинуре близ Неаполя (Дельтер) и соответствует составу $\text{Ma}_{85} \text{Me}_{15}$.

Скаполит мариалитового состава представляет большую редкость в месторождениях Советского Союза. Находка его в железорудном месторождении горы Благодать является до последнего времени пока еще единственной. Однако отмеченные мною скаполитовые образования в железорудных месторождениях Горной Шории, горы Высокой на Урале и в некоторых других свидетельствует о своеобразном ходе процесса метасоматоза и общности генезиса этих месторождений.

Одной из особенностей скаполитов горы Благодать, а также и других месторождений является присутствие в них довольно большого количества воды, что указывает, видимо, на значительную роль ее совместно с хлором в процессе рудообразования.

Обнаруживаемый избыток окиси алюминия служит известным отражением скарнового процесса, сопровождающегося выделением избытка глинозема.

Наличие значительного количества указанных выше примесей, тесно срастающихся со скаполитом и достигающих 13,82%, свидетельствует об активности скарнового процесса, идущего почти одновременно с процессом скаполитизации, соответствующим, очевидно, стадии окончания более высокотемпературного и началу гидротермального процессов.

Гранат также представляет собой один из распространенных минералов скарнов. В железорудных месторождениях скарнового типа обычно широким распространением пользуются гранаты андрадито-гроссулярового состава с характерными для них элементами-примесями и наличием аномальных разностей.

Однако в некоторых месторождениях этого типа обращают на себя внимание большие концентрации аномальных гранатов среди скарновых образований. Природа таких гранатов пока еще не изучена. Один и тот же гранатовый скарн в одном участке бывает представлен обычными изотропными разновидностями, а в другом — анизотропными. Если проследить постоянно встречающиеся парагенетические ассоциации, то можно выявить некоторые закономерности в образовании аномального граната. Он полностью отсутствует среди сплошных образований обыкновенного граната и эпидота и довольно обычен в сильно карбонатизированных участках. В них аномальный гранат встречается совместно с обычным гранатом и эпидотом, но они существенного значения в формировании скарна не имеют. Образуется аномальный гранат почти одновременно с ранними генерациями эпидота.

В одном из месторождений аномальный гранат был обнаружен в довольно больших количествах. Порода, содержащая гранат, представлена роговообманковым скарном с эпидотом. Преобладающим минералом является роговая обманка зеленого цвета с углом погасания 56° . Здесь в небольших количествах наблюдается гранат в виде крупных идиоморфных кристаллов бурого цвета с отчетливо выраженной анизотропностью. Местами крупные его выделения, наблюдающиеся среди роговообманковых образований, выполняют пустоты. В парагенезисе с ним отмечаются в виде отдельных кристаллов также сфен, эпидот и апатит, кроме того, мельчайшие жилки кварца. Из рудных минералов присутствуют магнетит и пирит.

Оптические исследования аномального граната показали: $r < V$, $2E = +38^\circ$, $2V = +67^\circ$, $Ng-Np = 0,009$; гранат с хорошо выраженным зональным строением иногда образует своеобразные полисинтетические двойники.

Таким образом, по высокому рельефу минерала, типичным двойникам и оптическим константам аномальный гранат оказался почти тождественным с мервинитом. Однако полученные дебаеграммы (табл. II) при визуальном сравнении не подтвердили его тождественности с мервинитом.

В табл. II для сравнения приведены расчеты межплоскостных расстояний (d) уваровита и андрадита, по данным Менпера, а также гроссуляра, по В. Н. Дубининой. При этом для андрадита определена величина $a_0 = 12,026^{+0,003}$, для уваровита — $a_0 = 11,977^{+0,27}$; для гроссуляра величина a_0 не определялась. Для исследованного нами аномального граната Н. Н. Слудская (рентгеноструктурная лаборатория Института геологических наук) определила $a_0 = 11,99^{+0,02}$. Таким образом, аномальный гранат как по межплоскостным расстояниям (d), так и по величине a_0 оказался близким аналогом граната уваровитового состава, но не андрадито-гроссулярового, как это предполагалось раньше.

К сожалению, из-за недостаточного количества материала не удалось произвести полный химический анализ аномального граната и сопоставить его с анализом обычного изотропного граната из того же месторождения. Однако обнаруженный спектральным анализом в некоторых гранатах этого же месторождения хром дает возможность предполагать присутствие в гранате уваровитовой молекулы, и аномальный гранат, возможно, представляет собой изоморфную смесь андрадита с уваровитом.

Наличие уваровитовой молекулы в андрадите представляет большой интерес, так как подтверждает генетическую связь данного месторождения железа с основным интрузивным комплексом горных пород.

Таблица II

Рентгенограммы гранатов

№ линий	Гранат аномальный		Уваровит (эталон)		Андрадит (эталон)		Гроссуляр (эталон)	
	I	d \bar{A}	I	d \bar{A}	I	dA	I	dA
1	6*	3,30	2; 6	3,354	3	3,337	3	3,34
2	9	2,96	3; 9	3,020	3; 8	3,026	8	2,978
3	10	2,69	3; 9	2,691	2; 9	2,707	10	2,662
4	1	2,54	4	2,564	3	2,567	4	2,545
5	9	2,45	8	2,456	7	2,462	6	2,419
6	7	2,34	5	3,360	4	2,378	6	2,323
7	6	2,20	5	2,196			6	2,163
8	1	2,15	1	2,100	2; 3	2,210	2	2,116
9	8	1,946	2; 6	1,947	1; 5	1,962	8	1,915
10	5	1,905	4	1,900	4	1,912	2	1,877
11	4	1,835	4	1,834	2	1,857	4	1,809
12	6	1,775	5	1,778	4	1,789	5	1,742
13	5	1,734	4	1,735	1	1,702	7	1,707
14	9	1,669	8	1,665	7	1,659	9	1,639
15	10	1,609	10	1,604	10	1,611	10	1,581
16	5	1,507	6	1,499	4	1,509	7	1,479
17	5	1,481	1	1,480	—	—	(3)	1,457
18	1	1,445	4	1,442	3	1,458	4	1,422
19	1	1,413	4	1,414	3	1,425	2	1,393
20	1	1,376	4	1,375	—	—	1	1,374
21	8	1,348	1; 7	1,341	2; 6	1,348	8	1,324
22	9	1,363	1; 7	1,309	6	1,315	9	1,291
23	8	1,280	6	1,278	6	1,284	5	1,263
24	2	1,232	4	1,234	1	1,242	3	1,213
25	3	1,214	6	1,219	4	1,219	5	1,196
26	1	1,173	3	1,178	2	1,182	2	1,156
27	1	1,149	2	1,144	1	1,152	—	—
28	9	1,119	8	1,112	7	1,119	10	1,101
29	9	1,099	8	1,094	7	1,099	9	1,082
30	9	1,063	8	1,059	7	1,065	7	1,049

* Интенсивность линий указывается по десятибалльной шкале.

Присутствие хрома, несомненно, указывает на связь скарнообразующих растворов с основными или ультраосновными интрузиями, для которых хром является геохимически характерным.

Таким образом, скаполиты и гранаты железорудных месторождений, обычно имеющие широкое распространение в виде главных скарнообразующих минералов, несомненно, заслуживают особого внимания исследователей. Детальное изучение их оптических, физических и химических (элементов-примесей) свойств, придающих им своеобразные типоморфные особенности, позволит правильно решить вопрос о генезисе месторождения.