

УДК 552.18

М. Т. БОЯДЖЯН

ХЛОРСОДЕРЖАЩИЕ МИНЕРАЛЫ ИЗ РАЗДАНСКОГО
ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В последние годы получены новые данные о широком распространении хлорсодержащих минералов на контактово-метасоматических кобальт-никелевых и, особенно, железорудных месторождениях, что свидетельствует о значительном участии хлора в процессах гипогенной минерализации [4, 5, 7, 8].

Проведенные нами исследования руд и окolorудных метасоматитов Разданского железорудного месторождения выявили значительное распространение хлорсодержащих минералов—скаполита, амфиболов и апатита, на основании чего можно судить о возможных галоидных формах переноса железа при формировании месторождения.

Разданское железорудное месторождение приурочено к контакту двухфазового гранитоидного интрузива верхнеэоценового возраста с эоцен-верхнемеловой вулканогенно-осадочной толщей. Образование скарнов и магнетитовых руд происходило по породам вулканогенно-осадочной толщи, преимущественно по известнякам, а также по габбро-диоритам, относящимся к первой фазе внедрения интрузива.

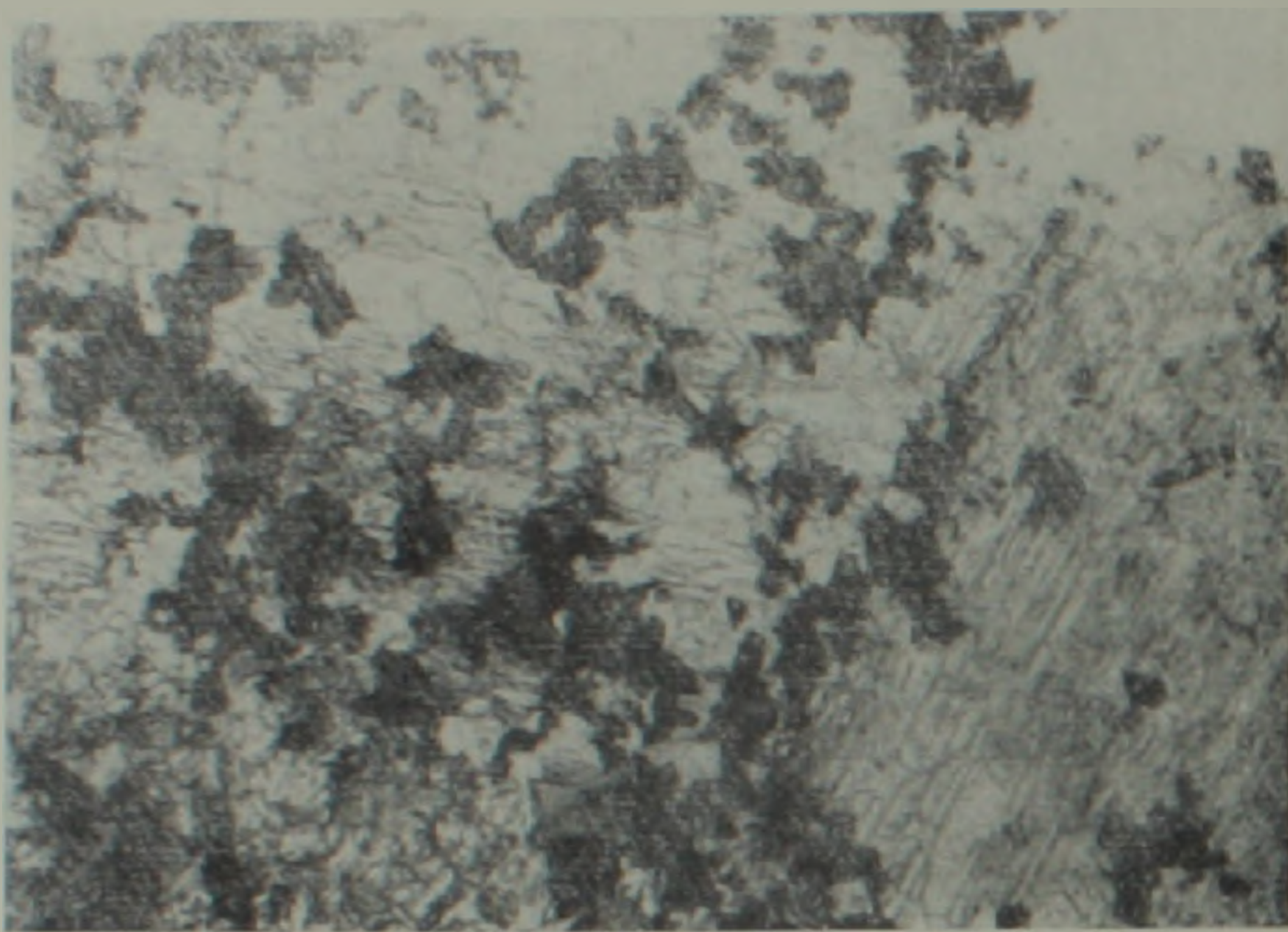
Скаполит встречается на месторождении спорадически. Будучи наиболее высокотемпературным минералом скарнов, он развивается преимущественно в участках, прилегающих к контакту с гранитоидной интрузивной, слагая пироксен-скаполитовые и, в значительно меньшей степени, гранат-пироксен-скаполитовые метасоматиты. Скаполитсодержащие породы образуются исключительно по алюмосиликатным изверженным породам, главным образом, по габбро-диоритам, реже—по порфирирам.

Скаполит ассоциирует обычно с пироксеном—салитом (содержание геденбергитовой составляющей—38—42%); в некоторых случаях в этой ассоциации присутствует гранат, который характеризуется повышенной железистостью (68—70% андрадитовой составляющей). Взаимоотношения, наблюдаемые между пироксеном, гранатом и скаполитом, указывают на близко-одновременное их образование с, возможно, несколько более ранним выделением последнего (фиг. 1).

Скаполит образует средне- и мелкозернистый агрегат, сложенный призматическими, таблитчатыми и неправильной формы зернами величиной от 0,1 до 2—3 мм.

Состав скаполита, определявшийся по данным химического анализа (табл. 1) и оптических измерений (табл. 2), колеблется в небольших пределах—от 23 до 32% содержания мейонитовой составляющей; более натриевым составом характеризуется скаполит, встречающийся в ассоциа-

ции с гранатом. Постоянство состава скаполита обусловлено, вероятно, примерно одинаковыми условиями активности углекислоты, при которых образовались скарны [3], хотя состав плагиноклаза, по которому он образуется, колеблется в заметных пределах (№№ 28—45).



Фиг. 1. Оруденелый пироксен-скаполитовый метасоматит. Темно-серое — пироксен, черные выделения — магнетит, белое — скаполит. Светло-серые прожилкововидные выделения в скаполите с низким рельефом — анальцим. Прозрачный шлиф, ув 28х, 6/а.

При наложении более низкотемпературных стадий гидротермального процесса скаполит замещается обычно анальцимом (фиг. 1) и кальцитом, в незначительной степени — кварцем и эпидотом. В некоторых случаях отчетливо наблюдаются процессы перекристаллизации, проявляющиеся в образовании мелких прожилков перекристаллизованного скаполита, пересекающего ранний пироксен-скаполитовый метасоматит.

Спектроскопически в скаполите Разданского месторождения обнаружены примеси: Mn—0,02%, Ni—0,004%, Co—0,001%, Ti—0,5%, V—0,02%, Cr—0,025%, Zr—0,003%, B—0,002%, Sc—0,001%, TR—0,008%.

Присутствие хлора в заметных количествах отмечается также в амфиболах Разданского месторождения. Их образование связано как с ранними метаморфическими процессами в контактовом ореоле гранитоидной интрузии, так и с более поздними процессами, обусловленными деятельностью рудоносных гидротермальных растворов.

Ранний амфибол стадии ороговикования представлен обыкновенной роговой обманкой, образующей изометричные или несколько вытянутые кристаллы величиной в сотые, реже десятые доли миллиметра. Плеохроизм: Ng—зеленый, буровато-зеленый; Np—серый, бледно-зеленый. Показатели преломления колеблются: $n = 1,665—1,678$; $n_p = 1,647—1,655$; $C:Ng = 19—24^\circ$.

Амфиболы, связанные со скарново-рудным процессом, более разнообразны по составу и представлены роговыми обманками, характеризую-

Таблица 1

Химический состав скаполита

Окислы	1		2	
	вес. %	мол. кол.	вес. %	мол. кол.
SiO ₂	54,40	905	55,22	919
TiO ₂	0,48	6	—	—
Al ₂ O ₃	21,82	214	23,18	227
Fe ₂ O ₃	0,39	3	—	—
FeO	не опр.	—	—	—
MnO	0,12	1	—	—
MgO	не опр.	—	0,21	5
CaO	7,86	140	7,97	142
Na ₂ O	7,16	115	9,04	146
K ₂ O	1,86	20	0,88	9
H ₂ O+	2,56	142	—	—
H ₂ O—	0,10	—	0,17	10
CO ₂	1,54	35	1,20	27
SO ₂	0,07	1	—	—
P	0,10	5	—	—
Cl	2,15	60	2,76	78
Σ	100,61		100,63	
—O = Cl ₂ , F ₂	—0,49		—0,63	
	100,12		100,00	
n ₀	1,555		1,555	
n _c	1,541		1,541	
Me %	31		32,3	

1 — обр. № 306 из Разданского м-ния; 2 — скаполит из Южной Норвегии (D. M. Shaw, The geochemistry of scapolite. J. petrol., vol. 1, 218—285, 1960).

щимися значительными колебаниями состава, и актинолитом. В гранатовых и гранат-пироксеновых скарнах они образуют отдельные зоны, жилы и пятнистые обособления амфибол-эпидотовых метасоматитов. Последние сопровождают магнетитовое оруденение на начальных ступенях водносилкатной стадии метасоматоза, с которой связаны промышленные скопления магнетитовых руд месторождения. По мере развития рудного процесса состав роговых обманок существенно меняется с образованием на поздних ступенях амфибола актинолит-тремелитового ряда. Роговые обманки развиваются по гранатовым и гранат-пироксеновым скарнам, местами — по пироксен-скаполитовым метасоматитам; представлены они преимущественно сильно вытянутыми кристаллами, образующими лучистые и радиально-лучистые агрегаты, окрашенные в зеленый цвет разных тонов — от синне-зеленого до желтовато-зеленого (фиг. 2). В некоторых случаях при процессах замещения происходит перекристаллизация скарнового граната с возникновением более железистой разновидности, устойчивой в этой ассоциации.

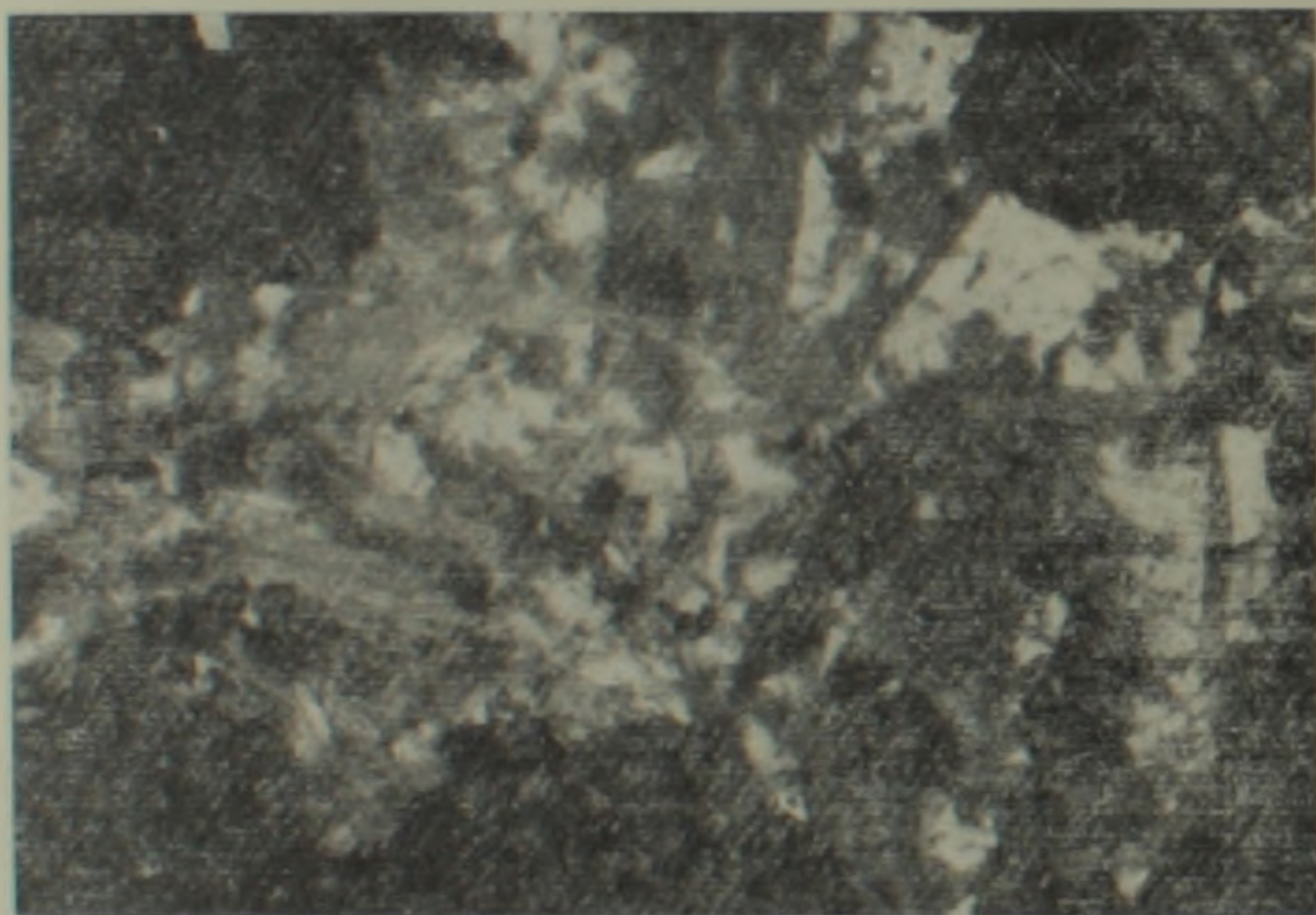
Таблица 2

Оптические свойства и состав скаполитов Разданского месторождения*

№№ обр.	Показатели преломления		$n_o - n_e$	Me %
	$n_o (\pm 0,002)$	$n_e (\pm 0,002)$		
306	1,555	1,541	0,014	30
777	1,555	1,540	0,015	30
402	1,558	1,542	0,016	32
156	1,555	1,539	0,016	30
346	1,553	1,539	0,014	26
676	1,555	1,541	0,014	30
576	1,555	1,540	0,015	30
143	1,550	1,537	0,013	23

* Состав определялся по диаграмме А. Н. Винчелла и Г. Винчелла (Оптическая минералогия, ИЛ. М., 1953).

№№ 306 (скв. 15), 777 (скв. 6), 402 (скв. 48), 156 (скв. 23), 346 (скв. 26), 576 (скв. 48) — скаполиты из пироксен-скаполитовых метасоматитов по габбро-диориту; № 676 (скв. 45) — скаполит из пироксен-скаполитового метасоматита по порфириту; № 143 (скв. 7) — скаполит из гранат-пироксен-скаполитового метасоматита по габбро-диориту.



Фиг. 2. Призматические выделения гастингсита (серое), ассоциирующие с магнетитом (черное). Прозрачный шлиф, ув. 28х 6/а.

Как уже отмечалось, на начальных ступенях водносиликатной стадии метасоматоза роговые обманки сопровождают магнетитовое оруденение этой стадии. Эта тесная связь отражается на их составе и соответственно физических свойствах, а именно: по мере удаления от рудной залежи состав роговой обманки становится менее железистым, что проявляется в изменении окраски и оптических свойств. Судя по цвету [2, С. 9] — от сине-зеленого до травяно-зеленого, состав роговых обманок колеблется в значительных пределах. Результаты химического анализа и

пересчета химической формулы образца № 301 интенсивно окрашенной сине-зеленой роговой обманки (табл. 3) показывает, что она характеризуется повышенной железистостью, заметным содержанием хлора (0,96%) и замещением Si на Al в отношении, близком 6:2. Приведенная

Таблица 3

Химический состав и оптические свойства амфиболов Разданского месторождения*

Окислы	Обр. № 301		Обр. № 503		Обр. № 410	
	вес. %	мол. кол.	вес. %	мол. кол.	вес. %	мол. кол.
SiO ₂	40,20	669	38,24	636	52,74	877
TiO ₂	0,48	6	0,96	12	0,18	2
Al ₂ O ₃	11,45	112	17,09	167	2,10	19
Fe ₂ O ₃	9,37	80	4,98	29	2,20	13
FeO	14,54	202	12,75	177	15,26	212
MnO	0,32	4	0,18	2	0,06	—
MgO	3,26	89	8,13	202	13,55	336
CaO	14,41	257	12,81	228	11,30	202
Na ₂ O	0,88	12	0,54	9	0,54	9
K ₂ O	1,38	14	0,18	8	0,18	8
Cl	0,96	27	0,57	16	0,14	4
F	не обн.	—	0,10	5	0,10	5
H ₂ O ⁺	2,10	116	2,69	149	2,01	112
H ₂ O ⁻	0,06	—	—	—	—	—
Сумма	99,41		99,22		100,26	
	- 0,96		- 0,67		- 0,24	
	98,45		98,55		100,02	

Количество ионов в пересчете на 24 атома (O, OH, Cl, F):

Si	6,09	} 8,06	5,69	} 8,11	7,67	} 8,01
Ti	0,02		0,11		0,01	
Al	1,91		2,31		0,33	
Al	0,13	} 4,27	0,68	} 4,61	—	} 5,02
Fe ³⁺	1,45		0,52		0,23	
Fe ²⁺	1,84		1,58		1,85	
Mn	0,04		0,02		—	
Mg	0,81	} 2,80	1,81	} 2,34	2,94	} 2,06
Ca	2,33		2,04		1,76	
Na	0,22		0,16		0,16	
K	0,25		0,14		0,14	
OH	2,11	} 2,36	2,67	} 2,85	1,96	} 2,01
Cl	0,25		0,14		0,02	
F	—		0,04		0,03	
n _к	1,729		1,692		1,660	
n _р	1,711		1,670		1,635	
2V (—)	44°		65°		80°	

* Химические анализы выполнены М. А. Шишковой (химическая лаборатория геологического факультета МГУ). № 301 — гастингситовая роговая обманка, № 503 — обыкновенная роговая обманка, № 410 — актинолит.

в табл. 4 рентгенограмма того же образца проявляет большое сходство с рентгенограммой гастингсита и Кольского полуострова [1]. Полученные данные позволяют отнести вышеописанную роговую обманку к хлорсодержащей гастингситовой разновидности.

Таблица 4

Рентгенограммы роговых обманок из Разданского месторождения и гастингсита из Кольского полуострова*

1		2		3		
l	d/n	l	d/n	l	hkl	d/n
10	3,143	10	3,148	10	310	3,140
6	2,198	6	2,171	7	171	2,203
7	1,663	8	1,650	8	461; 601; 621	1,659
6	1,449	5	1,445	9	442; 661; 533	1,450
6	1,307	6	1,321	6	0,14.0; 643	1,303

* Приведены наиболее характерные линии (дифрактометр УРС-50 и Fe—антикатода). 1—обр. № 301 гастингситовая роговая обманка, 2—обр. № 503 обыкновенная роговая обманка, 3—гастингсит из Кольского полуострова [1].

Роговые обманки Разданского месторождения характеризуются значительными колебаниями показателей преломления ($n_x = 1,729—1,685$) и соответственно железистости, что свидетельствует о наличии постепенных переходов между высокожелезистыми гастингситовыми роговыми обманками и обыкновенными роговыми обманками. Выделение этих двух разновидностей роговых обманок не разобщено во времени, а в пространстве очень часто наблюдается их чередование. Интересны наблюдения над изменениями габитуса и одновременно окраски роговых обманок в пространстве, обусловленные колебаниями их состава [10]: интенсивно окрашенные в сине-зеленые тона удлиненные кристаллы более железистых разновидностей (фиг. 2) постепенно переходят в травяно-зеленые кристаллы менее железистых разновидностей, характеризующихся более изометричным обликом. Такое изменение габитуса кристаллов, как предполагает Б. В. Чесноков [10], объясняется усилением «боковых» связей в решетке амфибола вследствие замещения двухвалентных катионов ($Mg^{2+} + Fe^{2+}$) трехвалентными (Fe^{3+}, Al^{3+}).

Актинолит имеет значительно меньшее распространение. Он образует обособленные зоны и прожилки часто в виде довольно крупнозернистых агрегатов в измененных габбро-диоритах и околоскарновых пироксен-плагноклазовых породах, интенсивно замещая пироксен; встречается также в скарнах в ассоциации с хлоритом, кальцитом и поздним магнетитом в виде радиально-лучистых и спутанно-волокнистых агрегатов светло-зеленого цвета различных оттенков: от изумрудно-зеленого до светло-зеленого. Оптические свойства актинолита: $n_x = 1,650—1,675$; $n_p = 1,627—1,655$, $C:N_g = 18—20^\circ$, что свидетельствует о значительных колебаниях состава (28—65% железистой составляющей). Пересчет хи-

мического анализа образца актинолита (табл. 3) из жильной зоны в измененных габбро-диоритах показывает незначительное содержание в нем Al, замещающего Si⁴⁺ и его полное отсутствие в шестерной координации, что позволяет отнести его к ряду актинолит-тремолит [1].

Таким образом, по мере развития рудного процесса происходит закономерная эволюция состава амфиболов: от высокожелезистой гастингситовой роговой обманки с повышенным содержанием хлора к слабожелезистым актинолитам с незначительным содержанием хлора.

В амфиболах Разданского месторождения спектроскопически установлены примеси: V, Cd и Co—0,01—0,03%, Sn—0,1—0,3%, Ga, Ba и Cu—0,001—0,003% и Mo—0,0001—0,0003%.

Хлор в небольших количествах концентрируется также в акцессорном апатите, который постоянно встречается в магнетитовых рудах и безрудных метасоматитах.

Апатит на Разданском месторождении представлен двумя генерациями. Ранняя генерация образуется в скарновую стадию и имеет относительно широкое распространение в пироксен-плагноклазовых околоскарновых метасоматитах; в сравнительно меньшей степени встречается в скарнах. Апатит этой генерации представлен бесцветной мелкозернистой разностью, образующей обычно небольшие скопления зерен неправильной формы. Вторая генерация апатита развивается в водносиликатную стадию метасоматоза и сопровождает магнетитовое оруденение этой стадии. Апатит этой генерации распространен шире и образует более крупные скопления обычно хорошо оформленных кристаллов короткопризматического габитуса. Ассоциирует с амфиболом, эпидотом, хлоритом и магнетитом водносиликатной стадии образования. По составу апатит относится к гидроксил-фтор-хлор-разновидности с преобладанием фтор-apatитовой составляющей—55—60% ($n_0 = 1,645—1,649$; $n_e = 1,642—1,645$).

Спектроскопическое исследование апатитов выявило присутствие в них примесей: Ti—0,1%, Mn—0,01% и элементов редкоземельной группы: Ce, La, Y, Yb—0,1—0,01%.

Приведенные данные о хлорсодержащих минералах Разданского месторождения позволяют говорить о значительном участии галоидов и, в частности, хлора при процессах гипогенной минерализации. При этом, следует отметить, что содержание хлора особенно возрастает по мере развития скарново-рудного процесса в водносиликатную стадию, когда происходит его заметная фиксация в широко распространенных на месторождении амфиболовых и амфибол-эпидотовых метасоматитах, сопровождающих магнетитовую минерализацию этой стадии.

II. Խ. ԲՈՅԱԶՅԱՆ

ՀՐԱՋԴԱՆԻ ԵՐԿԱԹԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՔԼՈՐ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հոդվածում բերված է Հրազդանի երկաթի հանքավայրի քլոր պարունակող միներալների՝ սկապուլիտի, ամֆիբոլների և ապատիտի մանրամասն նկարագրությունը: Սկապուլիտի բաղադրությունը բնութագրվում է մարիալիտային բաղադրիչի նկատելի զերակշռությամբ ($\text{Ma}_{68}-77 \text{ Me}_{32}-23$) և քլորի բարձր պարունակությամբ՝ 2,15 տոկոս: Նկարագրված ամֆիբոլներից մեկի բաղադրության վերաբերյալ բերված տվյալները թույլ են տալիս դասել նրան գաստինգսիտային հորնբլենդի քլոր պարունակող տարատեսակին, որը գրականության մեջ հայտնի է «դաշքեսանիտ» անվան տակ: Ապատիտը դասվում է հիդրոթերմալ-ֆտոր-քլոր տարատեսակին:

Քլոր պարունակող միներալների ներկայությունը հանքաքարի և մերմահանքային մետասոմատիտների մեջ վկայում է հալոիդների և մասնավորապես քլորի նշանակալի մասնակցության մասին հիպոթեզ միներալացման պրոցեսում և թույլ է տալիս դատել երկաթի տեղափոխման հնարավոր ձևերի մասին հանքավայրի ձևավորման ժամանակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гинзбург И. В. Гастингсит зоны щелочно-гранитного метасоматоза и изоморфизм в моноклинных амфиболах. Тр. Мин. музея АН СССР, вып. II, 1961.
2. Дир В. А. Состав и парагенезис роговых обманок комплекса Глен Тинт в Першире. Переводы по геологии и пол. ископ., Л., 1940.
3. Жариков В. А. Зависимость сосуществующих составов скаполита и плагиоклаза от глубинности. ДАН СССР, т. 170, № 4, 1966.
4. Индукаев Ю. В. Скаполит и процесс скаполитизации на Хайлеолском железорудном месторождении. Матер. по геол., петрографии и пол. ископ. Зап. Сибири, Томск, 1962.
5. Крутов Г. А., Виноградова Р. А. Хлоргастингситы магнетитового месторождения Одиночное в Восточном Саяне. ДАН СССР, т. 169, № 1, 1966.
6. Меланхолик Н. М. Об окраске амфиболов. ЗВМО, сер. № 2, ч. 85, вып. 2, 1966.
7. Новоселова Л. Н. Амфибол гастингсит-дашкесанитового ряда Акатуевского месторождения (Вост. Забайкалье). ЗВМО, ч. 90, вып. 2, 1961.
8. Онтоев Д. О. Хлорсодержащие минералы—скаполит и дашкесанит из Хавуаксинского месторождения (Тува). ЗВМО, ч. 87, вып. 1, 1958.
9. Соболев В. С. Значение железистости феррических минералов и вспомогательные диаграммы для определения состава биотита, роговой обманки и ромбического пироксена. Минер. сб. Львовского геол. о-ва. № 4, 1950.
10. Чесноков Б. В. О связи облика кристаллов амфиболов с их химическим составом. ЗВМО, вып. 4, 1966.