

АМФИБОЛЫ ИЗ КОНТАКТОВО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ АМПАЛЫКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е. А. БАБИНА

(Представлена объединенным научным семинаром геологоразведочного факультета)

Амфиболы в контактово-метасоматических образованиях Амपालыкского месторождения пользуются широким распространением. Они встречаются в роговиках, скарнах и рудах, или являются продуктами гистерогенного разложения пироксена. Поэтому амфиболы Амपालыкского месторождения отличаются довольно широким генетическим и минералогическим разнообразием и занимают далеко неодинаковое место в общем контактово-метасоматическом процессе.

Амфиболы представлены четырьмя генерациями обыкновенной роговой обманки, актинолитом, тремолитом, гастингситом, дашкесанитом и паргаситом. Все оптические константы амфиболов приведены в табл. 1, химические анализы в табл. 2, а спектральные в табл. 3.

Роговая обманка первой генерации образует мелкие изометричные и короткопризматические зерна, изолированные агрегаты в роговиках. Размер зерен от 0,15 до 0,23 мм в поперечнике. Состав роговой обманки I по диаграмме В. Е. Трегара [4] указывает на содержание 45—57% железистой и 55—43% магнезиальной молекул.

Роговая обманка второй генерации встречается только в скарнах. Нередко она образует крупные скопления с шестоватыми и призматически-пластинчатыми агрегатами в скарнах пироксенового, гранато-пироксенового состава. Отложение ее происходило после выделения основной массы скарновых минералов и роговой обманки I. В зонах катаклаза агрегаты роговой обманки II деформированы, изогнуты и разбиты многочисленными трещинками, по которым развиваются кальцит, хлорит, пренит и сульфиды. Размер зерен роговой обманки II измеряется в пределах от 0,8 до 1,6 мм в поперечнике. Из приведенных данных оптических свойств роговая обманка II содержит 32—45% железистой и 68—55% магнезиальной частиц. Колебания показателей преломления и непостоянство молекулярного состава вызвано, по-видимому, разнообразием исходных первичных пород, за счет которых возникли скарны.

Рентгеноструктурный анализ подтвердил параметры обыкновенной роговой обманки: $a \sin \beta = 9,60 \text{ \AA}$; $B = 18,14 \text{ \AA}$; $C \sin \beta = 5,15 \text{ \AA}$.

Данные химического анализа, приведенные в табл. 2, нами были пересчитаны на кристаллохимическую формулу по методу И. Д. Борнemann-Старынкевич [1] с типовой формулой $x_2 - z y_5 z_8 [\text{O}, \text{OH}]_{24}$, в которой сумма катионов группы y и z равна 13.

Оптические свойства амфиболов

Название минералов и их генерации	Цвет минерала	Плеохроизм и схема плеохроизма	Показатели преломления	Величина двупреломления	Угол погасания (C:Ng)	2V
Роговая обманка I	Слабо окрашена в зеленый цвет	N_g —Зеленый N_m —нежно-зеленый N_p —желтовато-зеленый $N_g > N_m > N_p$	$N_g = 1,682 - 1,690 \pm 0,002$ $N_p = 1,658 - 1,668$	0,022—0,024	15—17°	(—)67°—(—)70°
Роговая обманка II	Темно-зеленый	N_g —буровато-зеленый N_m —зеленовато-бурый N_p —зеленовато-желтый $N_g > N_m > N_p$	$N_g = 1,670 - 1,680 \pm 0,001$ $N_m = 1,662 - 1,670 \pm 0,001$ $N_p = 1,651 - 1,659$	0,019—0,021	15—18°	(—)69—75°
Роговая обманка III	Травяно-зеленый, буровато-зеленый	N_g —бледно-зеленый N_m —травяно-зеленый N_p —желтовато-зеленый $N_m > N_g > N_p$	$N_g = 1,665 \pm 0,001$ $N_p = 1,648 \pm 0,001$	0,017	18—21°	(—)78°
Роговая обманка IV	Буровато-зеленого цвета	N_g —зеленовато-бурый N_m —желтоватый N_p —желтовато-зеленый $N_g > N_m > N_p$	$N_g = 1,683 \pm 0,001$ $N_p = 1,661 \pm 0,001$	0,022	12°	(—)70°
Актинолит	Зеленый	N_g —зеленовато-желтый N_m —бледно-зеленый N_p —бесцветный $N_g > N_m > N_p$	$N_g = 1,664 - 1,649 \pm 0,002$ $N_m = 1,632 - 1,638 \pm 0,002$ $N_p = 1,623 - 1,637 \pm 0,002$ $N_g = 1,638 \pm 0,002$ $N_p = 1,614 \pm 0,002$	0,021—0,022	16°	(—)82—(—)85°
Термолит	Бесцветный	—	—	0,024	18—20°	—

Продолжение таблицы 1

Название минералов и их генерации	Цвета минералов	Плеохроизм и схема плеохроизма	Показатели преломления	Величина двупреломления	Угол погасания (C:Ng)	2V
Гастингсит	Буровато-зеленый	N_g —густо-зеленовато-синий N_m —голубовато-зеленый N_p —светло-коричневый $N_g > N_m > p$	$N_g = 1,712 \pm 0,002$ $N_p = 1,692 \pm 0,002$	0,020	17°	(—)40—42°
Дашкесанит	Буровато-зеленый	N_g —зеленовато-синий N_m —голубовато-зеленый N_p —желтый $N_g > N_m > N_p$	$N_g \pm 1,731 \pm 0,002$ $N_p = 1,712 \pm 0,002$	0,019	10°	(—)30°
Паргасит	Синевато-зеленый	N_g —зеленовато-синий N_m —светло-зеленый N_p —зеленовато-желтый $N_g > N_m > N_p$	$N_g = 1,644 \pm 0,001$ $N_p = 1,628 \pm 0,001$	0,018	22°	(—)54°

При расчете амфиболов кислород (O, OH, F) приравнивался к 24. Исходя из расчета, формула роговой обманки II приняла следующий вид: $[\text{Ca}_{1,93} \text{Na}_{0,54} \text{K}_{0,33} (\text{H}_2\text{O})_{0,20}]_{3,0} \times [\text{Fe}_{2,52}^{\text{II}} \text{Mg}_{0,56} \text{Fe}_{1,04}^{\text{III}} \text{Al}_{0,74} \text{Ti}_{0,15}]_{5,0} (\text{Si}_{6,12} \text{Al}_{1,88}) \text{O}_{22,0} (\text{O}_{1,15} \text{OH}_{0,85})_{2,0}$.

Роговая обманка третьей генерации характеризуется более низкотемпературными условиями образования. Она замещает пироксен ранних генераций, в скарнах и роговиках нарастает на зернах последнего, корродирует его, или образует сплошные участки с реликтами пироксена в измененных скарнах и магнетитовых рудах. Основная масса роговой обманки III отложилась после отложения магнетита в стадию поздней гидротации. Агрегаты этой роговой обманки состоят из призматических и призматически-волокнистых зерен. По диаграмме Трегера роговая обманка III содержит 25% железистой и 75% магнезиальной молекул. Пересчет на кристаллохимическую формулу тем же методом, что и для роговой обманки II, дал следующую формулу: $(\text{Ca}_{1,85} \text{Na}_{0,45} \text{K}_{0,21})_{2,51} \times (\text{Fe}_{1,24}^{\text{II}} \text{Mg}_{2,84} \text{Mn}_{0,035} \text{Fe}_{0,56}^{\text{III}} \text{Ti}_{0,035} \text{Al}_{0,29})_{5,0} \times (\text{Si}_{6,54} \text{Al}_{1,46})_8 \text{O}_{22,0} (\text{OH})_2$.

Роговая обманка четвертой генерации ассоциирует с низкотемпературными минералами — кальцитом, кварцем, халькопиритом и галенитом. Форма зерен удлинненно-призматическая, шестоватая, а размер их не превышает десятых долей мм.

Актинолит среди амфиболов находится в подчиненном количестве. Он ассоциирует с рудными минералами, замещает пироксен и роговую обманку ранних генераций. В шлифах он наблюдается радиально-лучистыми, тонковолокнистыми и игольчатыми агрегатами. Размер зерен изменяется в пределах от $0,05 \times 0,095$ мм до $0,15 \times 1,25$ мм. По оптическим свойствам минерал содержит 20—35% железистых и 80—65% магнезиальных молекул. Пересчеты химического анализа (табл. 2) на кристаллохимическую формулу позволили установить следующую формулу актинолита: $(\text{K}_{0,02} \text{Na}_{0,08} \text{Ca}_{1,98})_{2,08} (\text{Mg}_{4,70} \text{Fe}_{0,32}^{\text{II}} \text{Fe}_{0,34}^{\text{III}})_{5,36} [\text{Si}_{7,58} \text{Al}_{0,40} \text{Mn}_{0,08}]_{8,0} \text{O}_{22,6} [\text{OH}_{1,0} \text{O}_{1,6}]_{2,0}$.

Таблица 2

Данные химических анализов амфиболов

Состав минералов	Роговые обманки		Актинолит обр. 341	Гастингсит обр. 613	Дашкесанит обр. 727
	II генера- ция обр. 51	III генера- ция обр. 474			
SiO ₂	37,75	44,78	53,38	40,43	37,59
TiO ₂	1,21	0,42	0,06	0,41	0,33
Al ₂ O ₃	13,17	10,21	0,96	10,25	11,23
Fe ₂ O ₃	8,42	5,10	3,28	11,10	7,35
FeO	18,57	10,15	2,91	17,53	20,66
MnO	0,14	0,15	0,20	1,29	0,36
MgO	2,30	13,46	23,58	5,18	4,83
CaO	11,73	11,86	13,71	10,64	12,42
Na ₂ O	1,76	1,60	0,30	1,21	1,10
K ₂ O	1,55	1,11	0,22	1,08	1,27
H ₂ O	2,80	1,15	1,42	0,97	1,12
Cl	—	—	сл.	—	0,077
F	—	—	0,013	0,009	1,94
	100	100	100	100	100

Актинолит неустойчивый, легко замещается хлоритом, биотитом и флогопитом.

Тремолит обнаружен редкими игольчатыми агрегатами. Он охотно ассоциирует с актинолитом и является гистерогенным образованием, возникшим в результате разложения пироксена в скарнах. С понижением температуры актинолит и тремолит становятся неустойчивыми и замещаются хлоритом. Размер зерен тремолита не превышает $0,3 \times 0,16$ мм. Об оптических свойствах тремолита можно судить по табл. 1.

Гастингсит встречается совместно с дашкесанитом в метасоматически измененных скаполитизированных породах. В скарнах он обнаружен в ассоциации с роговой обманкой II генерации. Кристаллы его длиннопризматические, довольно крупные от нескольких миллиметров до сантиметра. Кристаллохимическая формула гастингсита, полученная в результате пересчета химического анализа (табл. 2) по методу И. Д. Борнеман-Старынкевич, примет следующий вид: $(\text{Na}_{0,35} \text{K}_{0,20})_{0,55} \text{Ca}_{1,74} (\text{Mg}_{1,19} \text{Fe}^{2,27} \text{Mn}_{0,16} \text{Fe}^{1,27} \text{Al}_{0,11})_{5,0} (\text{Si}_{6,22} \text{Ti}_{0,05} \text{Al}_{1,73})_{8,0} \text{O}_{22,0} (\text{OH})_{1,97}$.

Дашкесанит образует крупные гнезда и скопления в скарнах. Иногда он располагается мелкими столбчатыми кристаллами совместно с флогопитом. Распространение его весьма ограниченное. Размер зерен не превышает десятых долей мм. Оптические свойства приведены в табл. 1, а химический и спектральный состав — в табл. 2 и 3. После пересчета химического анализа дашкесанита на кристаллохимическую формулу, последняя примет следующий вид: $(\text{Ca}_{2,12} \text{Na}_{0,35} \text{K}_{0,27} \text{Mg}_{0,26})_{3,0} (\text{Fe}_{2,75} \text{Mg}_{0,88} \text{Fe}_{0,89} \text{Mn}_{0,06} \text{Al}_{0,42})_{5,0} (\text{Si}_{6,10} \text{Al}_{1,86} \text{Ti}_{0,04})_{8,0} \text{O}_{22,0} (\text{OH}_{1,77} \text{Cl}_{0,17} \text{F}_{0,95})_{2,09}$.

Паргасит встречается совместно с флогопитом в виде единичных зерен и пластинчатых агрегатов. Оптические свойства паргасита показаны в табл. 1.

Многообразие минеральных форм амфиболов в контактово-метасоматических породах и рудах Ампалыкского месторождения объясняется замещением одних компонентов другими. Из приведенных химических анализов и кристаллохимических формул видно, что роговая обманка третьей генерации и актинолит охотно отдавали Fe'' и Fe''' , Al_2O_3 и щелочи, обогащаясь одновременно кремнеземом, магнием и титаном. В более поздних амфиболах, таких как гастингсит, дашкесанит, наблюдается привнос Cl, F и вынос щелочей и кремнезема. Происходит изменение первоначального состава минералов. Так, роговая обманка второй генерации отличается повышенным содержанием железа, титана, а роговая обманка третьей генерации характеризуется увеличением содержания кремнезема и магния. Гастингсит и дашкесанит отличаются от роговых обманок несколько повышенным содержанием FeO и Fe_2O_3 и присутствием фтора и хлора. Изменение химического состава амфиболов нашло отражение и в оптических свойствах их. Чаще эти изменения сказываются на величине угла оптических осей от $(-)$ 30° до $(-)$ 85° и угла угасания от 10 до 22° . Для роговой обманки наблюдалось уменьшение показателей преломления от первой генерации к третьей. Гастингсит и дашкесанит, встречающиеся в аналогичных условиях, имеют близкий показатель преломления. Некоторые исследователи считают, что на оптические свойства и, в частности, на показатель преломления влияет содержание железа, магния и их соотношения. В этом случае интересны данные В. А. Дипир [2], который утверждает, что при повышении содержания двухвалентного железа в амфиболах повышаются их показатели преломления. В нашем случае (табл. 2) содержание закиси железа в роговой обманке II сравнительно выше по отношению роговой обманки III и актинолита, но несколько меньше, чем в дашке-

Таблица 3

Данные спектрального анализа

Минералы	В процентах												
	Ti	Mn	Ni	Co	Cr	As	Zn	Pb	Cu	La	Au	Ba	V
Роговая обманка II	0,1	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	—	—	0,001	сл.	0,001	—	—
Роговая обманка III	—	—	0,001	0,001	—	—	0,1	0,03	0,01	0,001	—	0,001	—
Роговая обманка IV	—	—	—	0,001	—	0,001	0,3	0,001	0,001	0,001	—	—	0,001
Актинолит	0,01	—	—	—	—	—	0,01	—	0,001	0,001	—	—	0,001
Гастингсит	0,01	—	0,01	0,001	0,001	—	—	—	0,01	0,001	—	—	—
Дашкесанит	—	—	0,01	—	—	—	0,01	—	—	—	—	—	0,001

0,1

саните и гастингсита. Показатели преломления амфиболов увеличиваются пропорционально содержанию двухвалентного железа. Л. Н. Овчинников, А. С. Шур и Н. Т. Елькина [3] связывают зависимость показателей преломления амфиболов с окислением железа и потерей воды при метасоматозе. Переход Fe^{II} в Fe^{III} сопровождается повышением показателя преломления. Кроме зависимости между окислением железа и потерей воды, на величину показателя преломления сказывается содержание глинозема, с увеличением которого повышается показатель преломления амфиболов. Выводы, сделанные Л. Н. Овчинниковым и др., подтверждаются и нашими анализами (табл. 2). Повышение показателей преломления у амфиболов Ампалыкского месторождения является следствием окисления железа при контактово-метасоматическом процессе и сопровождается уменьшением угла погасания и угла оптических осей. Из сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Среди всего разнообразия амфиболов в контактово-метасоматических образованиях Ампалыкского месторождения преобладает обыкновенная роговая обманка.

2. Оптические константы амфиболов зависят от химического состава их, от парагенетических ассоциаций и условий образования при контактово-метасоматических процессах; от содержания в них железа и от степени его окисления.

3. По своим парагенетическим особенностям амфиболы тесно ассоциируют со скарновыми, рудными и низкотемпературными минералами. В общей парагенетической схеме минералообразования амфиболы начинают отлагаться в стадию образования роговиков, интенсивно выделяются в гипогенную эпоху и заканчивается процесс их выделения в низкотемпературной стадии.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Д. Борнemann-Старынкевич. Руководство по расчету формул минералов. Изд. Наука, 1964.
 2. В. А. Дир. Состав и парагенезис роговых обманок комплекса Гледен-Тиет в Пертмире. Переводы геол. и полезн. иск. Изд. АН СССР, 1940.
 3. А. Н. Овчинников, А. С. Шур и Н. Г. Елькина. Термоаналитическое исследование амфиболов некоторых скарновых зон Урала. Тр. 1-го совещания по петрографии. Изд. АН СССР, 1953.
 4. В. Е. Трегер. Таблицы для оптического определения породобразующих минералов. Госгеолтехиздат, 1958.
-