

**О МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ АМФИБОЛАХ ИЗ РАЙОНА РУДНИКА  
КОММУНАР (ХАКАСИЯ)**

А. Ф. КОРОБЕЙНИКОВ

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

При изучении контактово-метасоматических образований Калиостровского участка, расположенного в экзоконтакте крупного гранодиоритового интрузива, и гидротермально метаморфизованных даек мелкозернистых диоритов Подлунного гольца были обнаружены линейные зоны альбитизированных пород. Зоны альбитизации мощностью до 0,2—2,1 м и протяженностью до нескольких десятков метров прослеживаются как в порфиритах, так и дайковых диоритах. Эти существенно альбитовые образования почти повсеместно содержат роговообманковые жилки толщиной от долей до 1—2 см. Альбитизация обычно протекает вдоль зон повышенной трещиноватости пород, распространяясь постепенно в стороны, и заканчивается полным замещением вмещающих порфиритов и диоритов кварцево-альбитовым агрегатом с жилками темно-зеленой роговой обманки. Минеральный состав метасоматической породы представлен альбитом № 1—3 (до 10—20%), зеленой роговой обманкой (до 10—18%), сфеном и эпидотом (до 2% от общего объема породы). Весьма интересным является то обстоятельство, что в последующий рудный этап зоны альбитизированных пород подвергались окварцеванию и золотому оруденению. Жильный кварц совместно с золотом, следуя вдоль зальбанд амфиболовых жилок, замещает и цементирует отдельные зерна роговой обманки или в виде мелких линзочек и кучных обособлений импреньюет кварцево-альбитовый метасоматический агрегат. Обычно центральные части метасоматических зон, содержащие самые крупные амфиболовые жилки, оказываются обогащенными жильным кварцем и золотом.

В диоритовых дайковых телах альбитизация также распространяется по зонам максимальной трещиноватости, приуроченной к эндоконтактам даек. Фронт метасоматического замещения следует вдоль контакта даек, распространяясь в дайковые тела по диагональным и продольным сколовым трещинам на расстояние 0,5—2 м, при мощности даек от 12 до 18 м. В результате возникают метасоматические зоны с неровными заливообразными краями со стороны вмещающих порфиридных габбро-диоритов. Минеральный состав этих зон аналогичен вышеописанным в порфиритах.

Своеобразно строение роговообманковых жилок. Они, как правило, линейны и относительно маломощны (до 1 см), с четкими контактами. Нередки жилки с субпараллельным или веерообразным сложением амфиболовых агрегатов, проникающие иногда в призальбандовые

части жилок. В других случаях роговая обманка обособляется в виде отдельных линзочек или неправильной формы гнезд, но всегда сопровождается оторочками метасоматического альбита, что, со своей стороны, указывает на сингенетичность описываемых минералов. В период гидротермального рудного этапа зоны альбитизированных пород подвергаются окварцеванию и золотому оруденению. При этом обогащенными жильным кварцем и золотом оказываются центральные участки метасоматических зон, содержащие обычно самые крупные амфиболовые жилки. Отмеченные взаимоотношения метасоматических и более поздних жильных минеральных ассоциаций, очевидно, отражают унаследованность путей циркуляции как ранних метасоматизирующих, так и поздних золотоносных растворов.

В табл. 1 приведены составы неизмененных дайковых диоритов, аподиоритовых метасоматитов и расчет баланса вещества при метасоматозе по методу Н. И. Наконника.

Таблица 1

Изменение состава и баланс вещества при альбитизации мелкозернистых диоритов (в граммах на 100 куб. см породы)

Окислы	1		2				3			
	вес, %	кол-во вещества	вес, %	кол-во вещества	привнос (+)	вынос (-)	вес, %	кол-во вещества	привнос (+)	вынос —
SiO <sub>2</sub>	52,42	146,8	57,06	158,7	11,9		62,43	170,0	23,2	
TiO <sub>2</sub>	0,88	2,5	0,65	1,8		0,7	0,37	1,0		1,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,13	45,2	18,44	51,9	6,7		19,38	52,3	7,1	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,63	7,4	1,82	5,1		2,3	н/о			7,4
FeO	6,00	16,8	4,37	12,2		4,6	3,20	8,8		8,0
MnO	0,14	0,4	0,05	0,1		0,3	н/о			0,4
CaO	7,15	20,0	6,69	18,6		1,4	3,74	10,2		9,8
MgO	6,05	16,9	2,14	6,0		10,9	0,38	1,0		16,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,5	0,33	0,9	0,4		0,52	1,5	1,0	
Na <sub>2</sub> O	3,45	9,7	4,87	13,6	3,9		1,50	20,5	10,8	
K <sub>2</sub> O	0,46	1,3	0,57	1,6	0,3		0,60	1,7	0,4	
п. п. п.	4,99	13,9	2,56	7,5		6,4	1,76	4,9		9,0
Объемный вес	2,80		2,78							
Сумма	100,46	280,0	99,68	278,0	23,2	26,6	99,88	271,0	42,5	52,0

1—неизмененный дайковый мелкозернистый диорит Подлунного участка, 2—альбитизированный мелкозернистый диорит с амфиболовыми жилками Подлунного участка, 3—кварцево-альбитовый агрегат за счет мелкозернистого диорита с редкими амфиболовыми жилками Подлунного участка.

Как видно из таблицы, в зонах кремнево-натрового метасоматоза наблюдается высокая подвижность кремния, натрия, кальция, магния и железа.

При метасоматозе диоритов происходил привнос натрия и кремния и некоторое перераспределение вещества с локальным перемещением сидерофильных элементов в пределах самих зон послемагматической альбитизации. Очевидно, образование амфиболов шло в основном за счет выравнивания составов вмещающая среда — раствор, причем же-

лезо, кальций, алюминий и магний поступали из боковых пород. Проникающие по трещинам в диориты и порфириты щелочные растворы первоначально, видимо, разлагали темноцветные компоненты пород. Высвобождающиеся ионы железа и магния накапливались в растворе, а затем шли на построение метасоматических амфиболов, образующих отдельные линзочки и узелки, обрастающие альбитом. Количество таких линзочек по мере развития процесса кремнево-щелочного метасоматоза постепенно возрастало, и они сливались в отдельные полосы, а затем и целые жилки.

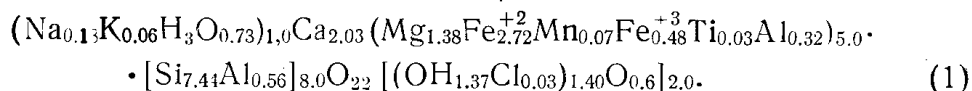
Золотины, пространственно ассоциирующие с этими жилками, обычно размещаются между отдельными зернами роговой обманки и жильного кварца, причем последний корродирует амфибол. Они по трещинам замещают зеленую роговую обманку, образуя иногда интересные золотины удлиненно-призматической и столбчатой форм, путем полного замещения отдельных кристаллов амфиболов. Значительно реже золотины появляются среди альбитового агрегата.

### Зеленая роговая обманка из альбитизированных пород

Роговая обманка-1 обычно в виде таблитчатых и шестоватых зерен или волокнистых агрегатов. Отдельные индивиды темно-зеленого амфибола длиной до 1 см при ширине 0,3—0,4 см располагаются поперек или диагонально к контактам жилков.

Химический состав, оптические свойства, удельный вес, состав элементов-примесей и межплоскостные расстояния роговой обманки-1 приведены табл. 2 и 3.

Расчет химического анализа по способу И. Д. Борнеман-Старынкевич [3] на основе  $(x+y=13615)$ :  $13=1047$  дает следующую кристаллохимическую формулу амфибола:



Теоретически [3] и экспериментально [6] доказано, что  $\text{H}_2\text{O}$  входит в структуру амфиболов, что позволяет написать формулу (1). В полученных формулах имеется небольшой избыток Ca (0,03), который можно не учитывать, ибо он составляет всего 0,179 вес. % CaO. Этот избыток кальция скорее всего обусловлен некоторой механической загрязненностью амфибола кальцитом или изоморфным замещением натрия, который может занимать восьмое катионное место в структуре роговой обманки [2, 12]. В остальном же устанавливается почти идеальное распределение катионов по структурным позициям, отвечающее теоретическому.

Исходя из сопоставления формулы (1) с формулой тремолита по методу И. В. Гинзбурга [5, 7], оптических свойств и типа дебаеграммы (табл. 3) для сине-зеленой роговой обманки-1 можно наметить следующие изоморфные замещения:

Замена кремния на алюминий, как указывает В. С. Соболев [12], должна сопровождаться одновременным добавлением натрия  $\text{Si}^{+4} \rightarrow \text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Na}^{+1}$  и с обязательной заменой  $\text{MgSi} \rightarrow \text{Al}_2$ , как это отмечается у авгитов. Итак, химический состав, структурный тип кристаллической решетки, оптические свойства, преобладание изоморфизма  $\text{Si}^{+4} \rightarrow \text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Mg}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Al}^{+3}$  позволяют отнести данный амфибол к зеленой роговой обманке, переходной к ферротремолиту [8].

## Амфибол из скарново-магнетитовых залежей

Амфибол-II наблюдается в экзокарнах в виде гнездообразных агрегатов лучистого и волокнистого сложения среди диопсида и магнетита. В последнем случае амфибол появляется в форме волокнистых оторочек на контактах жильного золотоносного кварца, секущего магнитный железняк. Иногда он образует амфиболмагнетитовые мелкие жилки, линзочки, неправильной формы скопления и просечки среди уралитизированных габбро-диоритов и эффузивов экзоконтакта гранодиоритового плутона.

Таблица 2

**Химический состав и свойства метасоматических амфиболов рудного поля Коммунар**

Окислы	170	166	Свойства	
	вес %	вес %		вес %*)
SiO <sub>2</sub>	46,76	44,08	<p><b>170. Зеленая роговая обманка-I из кварцево-альбитовых метасоматитов Калиостровского участка:</b>                      Оптические константы: 2V=(—) 56—57°, cNg=15-16°, Ng=1,679—1,682, Nm=1,670—1,673, Np=1,661—1,663, Ng—Np=0,018—0,019. Удлинение положительное. Дисперсия отчетлива (ρ&gt;ν). Уд. вес = 3,278 (определен пикнометрически). Степень железистости im % (по В. С. Соболеву)=80,7. Плеохроизм по схеме: Ng=сине-зеленый или голубовато-зеленый, Nm=светло-зеленый, Np=светло-зеленовато-желтый или соломенно-желтый. Элементы-примеси: Ni=0,03, Au—0,001, Ag—0,0001 (золото и серебро, проявленное в амфиболах, вероятно, обусловлено тончайшими вростками золотинок, эпигенетическим по отношению к амфиболам.)</p> <p><b>166. Амфибол из скарново-магнетитовых залежей Калиостровского участка:</b>                      Оптические константы: 2V=(—) 60—62°, cNg=14°, Ng=1,670—1,677, Nm=1,667—1,670, Np=1,665—1,660, Ng—Np=0,015—0,017, удлинение положительное. Уд. вес=3,237. Степень железистости im %=80,2. Плеохроизм: Ng—зеленый с синим оттенком, Nm—желто-зеленый, Np—бледно-зеленовато-желтый. Элементы-примеси — Mn—0,06, Ni—0,03, Co—0,001, Cu—0,003, Au—0,001, Ag—0,0001.</p>	
TiO <sub>2</sub>	0,26	0,11		0,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,72	1,23		1,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,99	1,55		1,74
FeO	20,48	21,37		23,82
MnO	0,53	n/o		
MgO	5,84	5,11		5,74
CaO	11,95	17,42		12,87
Na <sub>2</sub> O	0,60	n/o		
K <sub>2</sub> O	0,30	n/o		
Cl	0,13	0,10		0,11
F	0,05	0,11		0,12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,14	0,11		1,34
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1,78	0,62		1,89
Сумма	100,53	99,81		100,00
O=Cl, F	0,09			-0,12
<b>Сумма</b>	<b>100,44</b>			<b>99,88</b>

\*) Анализ является пересчетным благодаря исключению 6,97% CaO за счет тонко-вкрапленного в амфибол кальцита (на основании рентгеноструктурного и микроскопического исследования). Химические анализы выполнены в Центральной лаборатории Красноярского геологического управления.

Размер амфиболовых выделений не превышает нескольких сантиметров в поперечнике при 5—18 см в длину, а отдельные индивиды его в среднем составляют 0,5—1,5 × 0,2—0,5 см. Как правило, описываемый амфибол темно-зеленого или серо-зеленого цвета и по внешнему облику напоминает агрегаты актинолита. Зеленый амфибол часто замещает с краев или по спайности зерна диопсида или заполняет промежутки между призмами последнего. Иногда на контактах агрегатов магнетита и жильного кварца возникают веерообразные контак-

тово-реакционные оторочки лучистого амфибола. Более вероятно образование этих амфиболов за счет разложения диопсида и магнетита, когда поступающие золотоносные растворы заимствовали при растворении ранних минералов ионы железа и магния. Все это дает основание говорить о метасоматическом происхождении амфибола-II в период гидротермального метаморфизма скарново-магнетитовых образований.

Под микроскопом амфибол-II проявляется в форме удлиненно призматических и таблитчатых зерен или параллельно-шестоватых и волокнистых агрегатов. Окрашен в густо-зеленый или светло-зеленый цвет.

Таблица 3

Межплоскостные рассеяния в амфиболах  
Трубка БСВ-1, Fe — антикатод, без фильтра, Д = 57,3 мм, экспозиция 3 часа

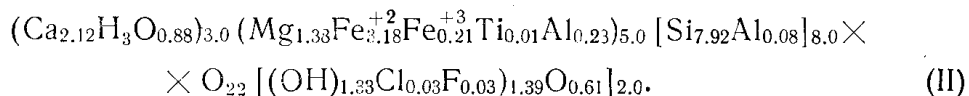
170				166			
<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$	<i>I</i>	$\frac{d_{\alpha}}{n}$
—	—	—	—	2	(9,25)	—	—
10	8,50	3	1,561	10	8,48	1	1,565
2	4,57	5	1,542	1	4,54	3	1,542
2	4,25	4	1,522	3	4,25	—	—
1	4,08	4	(1,510)	2	3,99	—	—
1	3,91	1	1,477	—	—	—	—
1	3,77	1	1,464	—	—	—	—
1	3,64	10	1,447	—	—	9	1,449
5	(3,47)	6	1,370	5	(3,47)	4	1,372
2	3,40	5	1,362	1	3,40	4	1,367
4	3,29	3	1,351	1	3,25	1	1,351
10	3,15	3	1,343	10	3,15	—	—
2	(3,12)	1	(1,331)	—	—	—	—
3	2,95	6	1,315	1	2,97	5	1,319
5	2,82	5	1,303	1	2,88	2	1,306
8	2,73	3	1,288	4	2,74	2	1,283
6	2,61	3	1,274	3	(2,61)	—	—
6	2,56	3	1,237	2	2,55	—	—
1	2,46	3	1,220	3	2,40	2	1,223
4	(2,39)	7	1,206	—	—	3	1,207
7	2,35	6	1,196	5	2,36	4	1,198
3	2,29	3	1,178	—	—	—	—
3	2,22	4	(1,168)	—	—	2	(1,163)
7	2,18	5	1,132	1	2,18	2	1,134
3	2,05	4	1,120	1	(2,06)	—	—
7	2,03	1	1,095	3	2,03	—	—
1	1,979	6	1,087	—	—	4	1,089
1	(1,934)	4	1,080	—	—	4	1,081
3	1,905	3	1,068	—	—	2	1,069
2	1,874	9	1,053	—	—	7	1,055
6	(1,824)	1	1,044	3	(1,831)	—	—
6	1,758	8	1,035	—	—	2	1,033
4	1,728	3	1,028	3	1,734	—	—
4	9,695	3	1,013	3	1,698	—	—
9	1,656	3	1,010	7	1,660	—	—
1	1,647	3	0,998	—	—	—	—
4	1,629	5	0,989	3	1,624	3	0,987
8	1,592	5	0,985	—	—	—	—

170 — зеленая роговая обманка-II из кварцево-альбитовых метасоматитов Калиостровского участка (Северная линза);

166-волокнистый амфибол-II из контакта кварцевых жил с метасоматическим магнетитом Калиостровского участка (Южная линза).

Анализы выполнены в Центральной лаборатории Западно-Сибирского геологору-  
правления Б. Г. Эренбургом.

Химический состав, оптические свойства, удельный вес, состав элементов-примесей и межплоскостные расстояния амфибола-II сведены в табл. 2 и 3. Пересчет химического анализа по способу И. Д. Борнеман-Старынкевич [3] на основе ( $x+y=13536$ ):  $13=1041$  дал следующую кристаллохимическую формулу амфибола:



Как и в амфиболе-I, в амфиболе-II появляется незначительный избыток кальция (0,12), составляющий не более 0,77 вес % CaO, что, вероятно, обусловлено механическими примесями тонковкрапленного кальцита. В отличие от зеленой роговой обманки-I амфибол-II не содержит в своем составе Na и K, что обусловлено, вероятно, очень низким содержанием щелочей в окружающих скарнах в период отложения амфиболов и специфическим составом метаморфизирующих растворов или неточностью выполненного анализа. В целом кристаллохимическая формула (II) очень близка к формуле роговой обманки-I, как и оптические свойства (см. табл. 2). Наблюдается только меньшее содержание в амфиболе-II, что, по-видимому, объясняется несколько пониженным парциальным давлением кислорода (или повышением pH растворов) при ее образовании, нежели при отложении роговой обманки-I, как это экспериментально показано Эрнстом [6]. Если же сравнить содержание кислорода, заменяющего OH в амфиболах-I и II, который может служить показателем насыщенности системы кислородом при их кристаллизации, то оказывается, что оно должно быть примерно одинаковым для тех и других. В целом эти системы должны характеризоваться несколько пониженным парциальным давлением кислорода. Вполне возможно, что некоторую роль при этом мог играть и фтор, содержание которого (в группе OH) в амфиболе-II вдвое больше, чем в роговой обманке-I, а последнее в известной мере могло сказаться на некоторых оптических свойствах роговой обманки-II. Так, например, показатели преломления амфиболов-II несколько меньше по сравнению с таковыми роговой обманки-I, хотя степень железистости в них примерно одинакова ( $fmI=80,7$  а  $fmII=80,2$ ).

При сопоставлении формулы (II) с формулой тремолита по методу И. В. Гинзбурга [8, 10], оптических свойств и рентгенограмм (табл. 3) для амфибола-II намечаются следующие изоморфные замещения:  $\text{Mg}^{+2} \rightarrow \text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  и  $\text{Mg}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$  менее  $\text{Si}^{+4} \rightarrow \text{Al}^{+3}$  и  $\text{OH}^{-1} \rightarrow \text{Cl}^{-1}$ ,  $\text{F}^{-1}$ ,  $\text{O}^{-2}$ , что характерно для всех групп амфиболов [7].

Таким образом, и здесь химический состав, структурный тип кристаллической решетки, оптические свойства, плеохроизм в зелено-голубоватых тонах и преобладание изоморфизма, весьма характерного для амфиболов, позволяют отнести данный амфибол к ферротремолиту [8].

Роговая обманка-I была подвергнута термическому анализу. Дифференциальная кривая нагревания ее, показанная на рис. 1-1, в общем сходна с термическими кривыми амфиболов, опубликованными в литературе [1, 10, 11], и отличается от них несколько необычной конфигурацией и слабым проявлением эндотермических эффектов. Отчетливо устанавливаются три температурные остановки. До температуры  $120-130^\circ$  происходит выделение главного количества адсорбционной воды, что фиксируется плавным характером кривых нагревания (рис. 1-1) и обезвоживания (рис. 1-2). Первый эндотермический эффект, в отличие от известных в литературе [11], значительно сдвинут вправо (появляется при температуре  $610^\circ$  вместо  $450-520^\circ$ ) и, очевидно, отвечает началу дегидратации роговой обманки, когда выделяется конституци-

онно-цеолитная вода, составляющая до 50% всей воды в минерале [10]. Выделение конституционной воды при сравнительно низкой температуре 500° без разрушения кристаллической решетки, как указывает В. С. Соболев [12], обусловлено окислением закисного железа в окисное, когда совершается изоморфная замена ионов  $\text{OH}^{-1}$  на  $\text{O}^{-2}$ . Согласно исследованиям Д. С. Белянкина и Е. В. Донской [1] при температуре 600° большая часть железа в амфиболах оказывается уже окисленной.

Второй эндотермический эффект при температуре 1020—1060° отмечает полное разрушение решетки амфибола и приводит к выделению остаточной конституционной воды с образованием клинопироксена и гематита [10].

Этим двум эндотермическим эффектам соответствуют резкие изломы на кривой потери в весе (рис. 1-2). До температуры 100° потеря в весе происходит постепенно и отмечается плавной кривой, характерной для выделения адсорбционной воды, и вес роговой обманки-I снижается на 1,2%. Затем при температуре 500—530° выделяется конституционная вода, что фиксируется на кривой обезвоживания (рис. 1-2), и при температуре 625—675° появляется второй скачок, который совпадает с первым эндотермическим эффектом (рис. 1-1), после чего образец вновь приобретает постоянный вес.

Следующая резкая убыль в весе, отвечающая полному выделению конституционной воды, наблюдается при температуре 870—920°, при этом вес минерала снижается на 2,3% от первоначального. Последнее согласуется с данными химического анализа (табл. 1). Эта убыль в ве-

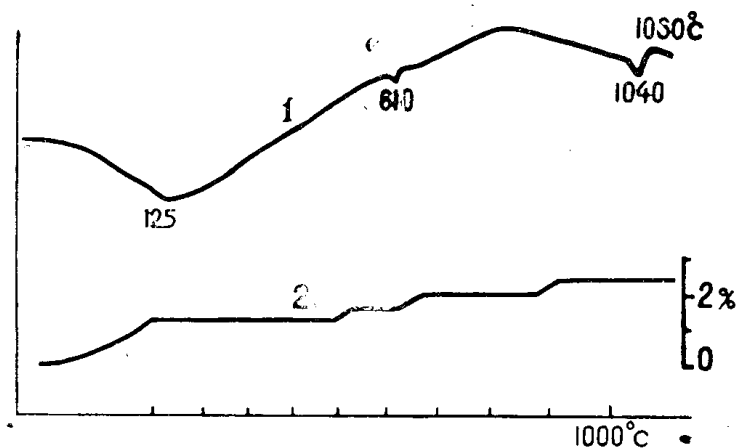


Рис. 1. Термические кривые роговой обманки-I: 1—дифференциальная кривая нагрева роговой обманки-I; 2—график потери веса роговой обманки-I при нагревании в воздухе

се не соответствует второму эндотермическому эффекту на кривой нагрева (рис. 1-1), поскольку, как известно, реакция не успевает за записью температур на пирометре [10]. Исследования многих авторов показывают, что потеря в весе при нагревании амфиболов на воздухе не соответствует убыли воды, так как при этом наряду с дегидратацией одновременно протекает процесс окисления двухвалентного железа в трехвалентное с присоединением кислорода воздуха и изменением оптических свойств минерала [1, 10, 11].

## Некоторые выводы

1. Метасоматические процессы, с которыми связано образование сине-зеленых роговых обманок, относятся к поздней щелочной стадии околотрещинного метасоматоза по классификации Д. С. Коржинского [14]. Высокая подвижность кремния и натрия и низкая подвижность алюминия и железа в зонах альбитизации, очевидно, характеризует низкотемпературную стадию метасоматоза.

2. Из анализа формул роговых обманок со всей очевидностью вытекает тесная связь их состава с составом среды, в которой они образуются. На это неоднократно указывали для амфиболов многие исследователи [7, 12, 13, 14, 15, 16]. Достаточно напомнить, что значительная железистость наших амфиболов, по-видимому, обусловлена повышенным содержанием в составе ранее образованных метасоматических пород кремнезема и натрия. Отношение  $MgO : FeO : Fe_2O_3$  (I—1,5:5,1:1,0 и II—3,3:13,7:1,0) является особенно чувствительным показателем щелочности при данной температуре, поскольку MgO более сильное основание, чем FeO, и, тем более, чем  $Fe_2O_3$ . Соответственно этому весьма высокое содержание двухвалентного железа в изученных амфиболах может в некоторой мере служить показателем повышенной щелочности среды, что подтверждается и полевыми наблюдениями над минеральными парагенезисами. Заниженное содержание глинозема в изученных амфиболах по сравнению с описанными в литературе метасоматическими амфиболами [14], очевидно, обусловлено как инертностью поведения алюминия в метасоматическом процессе, так и незначительным его содержанием в растворах, формировавших амфиболы. По-видимому, в начальный этап метасоматоза почти весь алюминий, извлекаемый из боковых пород, шел на построение альбита, и к периоду отложения роговых обманок его концентрация в растворах резко снизилась.

3. Общей особенностью изученных амфиболов является сине-зеленый плеохроизм, пониженные показатели преломления при высоком содержании железа и гидроксила. Согласно общей железистости ( $f_m \% = 80,7$  и  $80,2$ ) оба амфибола попадают на вариационную линию, которая построена для сине-зеленых роговых обманок из кристаллических сланцев и роговиков и не сопоставляется с метасоматическими сине-зелеными роговыми обманками из других районов [14]. В то же время они достаточно отчетливо обособляются от высокотемпературных роговых обманок [13]. Общая железистость, полученная на основании оптических данных, амфиболов-I и II по кривой 1, построенной для метасоматических роговых обманок [14], составляет 33—39 молекулярных процента. Такое резкое отклонение от данных химанализов (более чем вдвое) не позволяет пользоваться указанным графиком. Очевидно, все это констатирует то обстоятельство, что формирование описываемых сине-зеленых роговых обманок метасоматической фации происходило в специфических условиях.

Несколько пониженное двухпреломление обоих амфиболов и снижение углов  $2V$  и  $cNg$  ( $2V$  до  $56^\circ$  и  $cNg$  до  $14—16^\circ$ ), по-видимому, объясняются значительными замещениями  $Mg^{+2}$  и  $Al^{+3}$  на  $Fe^{+2}$  и  $Fe^{+3}$ , происходящими в решетке, и не столько связаны с внутренним двойникованием ячеек [4] или появлением микроблочности [7]. Как указывает В. С. Соболев [12], такая замена влечет за собой значительное изменение  $2V$  и даже ориентировки эллипсоида. Таким образом, полученные нами данные еще раз подтверждают заключение В. С. Соболева о том, что в амфиболах увеличение содержания железа закономерно уменьшает отрицательный угол оптических осей.



Появление синей окраски в шлифах у описываемых амфиболов, вероятно, связано также с повышением содержания закисного и окисного железа, точнее, их особым положением в структуре минералов в присутствии гидроксила и частично натрия [12].

4. Нередкая пространственная приуроченность золотинок к железистым амфиболам и обнаружение последних в зонах гидротермального метаморфизма пород может служить одним из поисковых критериев на рудное золото в районе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д. С. Белянкин и Е. В. Донская. Термооптическое исследование минерала актинолита. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1939.
2. Г. Б. Боккий. Кристаллохимия, Изд. МГУ, 1962.
3. И. Д. Борнеман-Старынкевич. Химическая формула минералов, т. IV, Амфиболы. Зап. Всес. Мин. о-ва, ч. 89, вып. 2, 1960.
4. И. В. Гинзбург. Гастингсит зоны щелочно-гранитного метасоматоза и изоморфизм в моноклинных амфиболах. Тр. Минерал. музея, вып. 10, 1961.
5. И. А. Гинзбург, Г. А. Сидоренко, Д. Л. Рогачев. О зависимости между главными изоморфными замещениями и некоторыми параметрами кристаллической структуры амфиболов. Тр. Минерал. музея, вып. 11, 1961.
6. И. В. Гинзбург, Г. В. Юхневич. О ионе гидроксония в амфиболах. Геохимия, № 1, 1962.
7. И. В. Гинзбург. О трех необычных роговых обманках гранитных пород. Тр. Минерал. музея, вып. 13, 1962.
8. У. А. Дир и др. Породообразующие минералы. Изд. Мир, 1966.
9. Д. С. Коржинский. Метасоматическая зональность при околотрещинном метаморфизме и жилы. Зап. Всес. мин. о-ва, ч. 85, вып. 4, 1947.
10. Л. Н. Овчинников. Контактново-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала. Тр. Горно-геол. ин-та УФАН СССР, вып. 39, 1960.
11. Л. Н. Овчинников, А. С. Шур, Н. Т. Елькина. Термоаналитическое исследование амфиболов некоторых скарновых зон Урала. Тр. Первого совещания по термографии. М., Изд. АН СССР, 1953.
12. В. С. Соболев. Введение в минералогию силикатов. Изд. Львов. гос. универ., 1949.
13. В. С. Соболев. Значение железистости фемических минералов и вспомогательные диаграммы для определения составов биотитов, роговых обманок и ромбических пироксенов. Минерал. сб. Львов. геол. о-ва, № 4, 1950.
14. Л. И. Шабынин. Еще раз о значении железистости фемических минералов. Минерал. сб. Львов. геол. о-ва, № 12, 1958.
15. G. W. de Vore. The association of stringli polarizing cations with Weakly polarizing cations influence in element distribution, mineral composition and cristal growth. I. Geol., № 2, 1957.
16. R. Kretz. The distribution on certain elements among coexisting, calcic pyroxenes, calcic amphiboles and biotites in skarns. Geoch. Cosm. Acta, № 3—4, 1960.