

И. В. ГИНЗБУРГ

**О ВАРИАЦИЯХ СОСТАВА МИНЕРАЛОВ В ЗОНЕ КОНТАКТА
СПОДУМЕНОВЫХ ПЕГМАТИТОВ И ОСНОВНЫХ ПОРОД
КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Известно, что сподуменные пегматиты залегают в самых разнообразных горных породах. Интенсивность взаимодействия между ними в большей мере определяется различиями в химизме. Так, между породами кислого состава, например гранитами и сподуменowymi пегматитами, не обнаруживается признаков взаимодействия (Кузнецов, 1954), так как их составы близки. В контакте пород среднего ряда, например монцо-диоритов и сподуменных пегматитов, уже заметны некоторые изменения, особенно со стороны вмещающих пород (Derry, 1950). В породах же основного состава, как то: габбро, амфиболитах, анортозитах, кальциевых лептитах, сподуменные пегматиты вызывают глубокие преобразования (Sundius, 1947; А. Гинзбург и И. Гинзбург, 1950). В их экзоконтакте развиты широкие зоны своеобразных околужильных пород со специфическим амфиболом — гольмквиститом. В эндоконтакте пегматита тоже происходят изменения — узкие зальбанды десилицированы. Значительные приконтактовые изменения здесь обусловлены большими различиями в вещественном составе пегматитов и заключающих их пород. Эти различия прежде всего выражаются в особенностях минералогического состава тех и других.

Так, в случае контакта сподуменных пегматитов с амфиболитами и анортозитами из Колмозерско-Вороньинского района Кольского полуострова в околужильных и зальбандовых зонах отмечается сближение минералогического состава (табл. 1), однако они не становятся тождественными, а остаются различными. Непосредственный контакт между ними всегда резкий; постепенные переходы наблюдаются между околужильными и вмещающими породами, а также между зальбандами жил и собственно пегматитами. В своем наиболее полном развитии контакт пегматитов с вмещающими породами состоит из следующих 6 зон:

- 1) амфиболит или анортозит с биотитом, гольмквиститом и турмалином;
- 2) приконтактовые плагиоамфиболовые гнейсы с биотитом, гольмквиститом, турмалином;
- 3) экзоконтактовые биотит-гольмквистит-турмалиновые гнейсы и сланцы;
- 4) эндоконтактовые плагиоклазиты и плагиоаплиты с апатитом и биотитом, турмалином, гольмквиститом;
- 5) приконтактовые аплиты с апатитом, гранатом, мусковитом, турмалином, микроклином;

Таблица 1

Список минералов, встречающихся в основных породах, редкометалльных гранитных пегматитах и их приконтактных образованиях

Минералы	Вмещающие породы	Экзоконтакт	Эндоконтакт	Крайевые зоны пегматита
Главные	Битовнит-анортит-лабрадор-андезин, обыкновенная роговая обманка, актинолит	Лабрадор-андезин-олигоклаз, обыкновенная роговая обманка, биотит, гольмквистит	Андезин-олигоклаз, биотит, гольмквистит, турмалин	Олигоклаз-альбит, кварц, мусковит
Второстепенные	Клиноцоизит, биотит	Клиноцоизит, эпидот, турмалин, кварц, хлорит	Апатит, гранат, мусковит, кварц	Микроклин, сподумен, турмалин
Редкие	Сфен, апатит, гранат, кварц, кальцит, пирротин, циркон, халькопирит, пирит, магнетит, эпидот, диоксид	Сфен, апатит, рутил, пирротин, халькопирит, магнетит, гранат	Микроклин, пирротин, халькопирит, мусковит, кварц	Гранат, апатит, колумбит, касситерит, берилл и др.
Итого минералов	17	16	13	11*

* Всего в пегматитах насчитывается более 50 минералов, не считая генераций.

б) мелкозернистые пегматиты с апатитом, мусковитом, микроклином, сподуменом, турмалином.

Большинство минералов обнаруживают некоторое непостоянство оптических констант (табл. 2, 3) и спектроскопически определяемого химического состава (табл. 4), т. е. имеют варьирующий состав. Изменения свойств минералов происходят довольно закономерно, усиливаясь по мере приближения к непосредственному контакту со стороны пегматита и со стороны вмещающих пород.

Таким образом, контактовые взаимодействия сподуменовых пегматитов, амфиболитов и анортозитов выражаются не только в изменении минерального состава тех и других, но и в изменении свойств слагающих их минералов. Описание вариаций свойств каждого минерала ведется по разрезу от вмещающих пород через зону контакта к пегматитам.

ПЛАГИОКЛАЗ

Изменения свойств и состава этого минерала, встречающегося во всех горных породах, наиболее показательны (табл. 2). Плагиоклазу рогово-обманковых анортозитов (испытывавших региональный метаморфизм, пред-



Рис. 1. Пятнистый плагиоклаз вмещающих пород в агрегате роговой обманки. Николи +. Увел. 76.

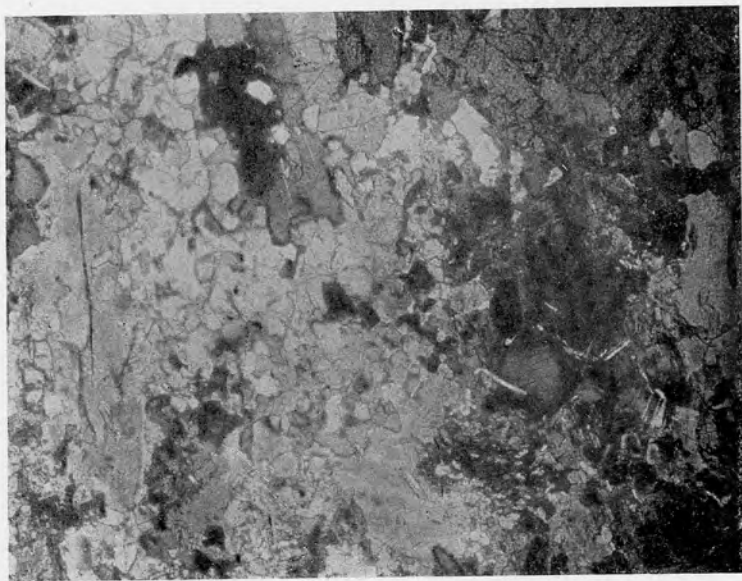


Рис. 2. Резко зональный плагиоклаз непосредственного экзоконтакта и микросенолитов эндоконтакта. Николи +. Увел. 20.

шествующий внедрению пегматитов) присущи: наиболее основной состав, таблитчатая форма, сложное двойникование и неравномерное пятнистое сложение (рис. 1). Этот плагиоклаз местами гранулируется с понижением основности, а затем преобразуется в более крупные округлые кристаллы близкого состава. Плагиоклаз амфиболитов по свойствам и составу близок мелкозернистому плагиоклазу роговообманковых анортозитов.

Плагиоклаз околожильных пород характеризуется очень неправильными формами выделения, резкой полизональностью (рис. 2) не только прямой, но и обратной. В последнем случае за более кислой зоной вновь следует более основная зона, иногда более основного состава, чем центральная. У плагиоклаза экзоконтактовых образований самое низкое для вмещающих пород содержание анортита.

Плагиоклазу эндоконтактового плагиоклазита свойственны: торцовая форма, почти полное отсутствие зональности и двойникования; состав его приближен к составу плагиоклаза околожильных пород. Плагиоклаз приконтактового плагиоаплита имеет округлую форму, обычно сдвойникован, а по составу занимает промежуточное положение между плагиоклазом непосредственного эндоконтакта и плагиоклазом срединных частей пегматита.

Как видим, свойства плагиоклаза отражают явления взаимодействия пегматитового расплава с вмещающими основными породами. Они выразились в метасоматическом (по своей природе) повышении кислотности плагиоклаза экзоконтакта на 40—10% Ap и в повышении основности плагиоклаза эндоконтакта на 35—25% Ap , указывающим на ассимиляционный генезис. Кроме того, явления взаимодействия обнаруживаются спектральными анализами (табл. 4). Так, для плагиоклаза вмещающих пород характерны V, Sr, Ba, отсутствующие в плагиоклазах эндоконтактных и других зон пегматита. Сравнительно с ними в нем больше Fe, Ti, но меньше Na. Плагиоклаз эндоконтакта обогащен Mg, Ca, Cu, Fe — элементами, свойственными вмещающим породам, и одновременно Be, Ga, Na — типоморфными элементами пегматитов. Форма зерен и резкая (часто обратная) полизональность плагиоклаза экзоконтактов свидетельствуют соответственно о его растворении и о неравновесности метасоматических процессов.

Форма зерен и строение плагиоклаза эндоконтакта говорят о явлениях закалки в непосредственном контакте пегматита. Взаимные прорастания плагиоклаза в плагиоаплите указывают на неравновесность условий формирования эндоконтактов в стадию автометасоматоза.

РОГОВАЯ ОБМАНКА

Роговая обманка встречается только во вмещающих и в околожильных породах. В первых ее состав непостоянен и изменяется от разновидности, близкой к актинолиту (распространенной преимущественно в габбро-анортозитах), до разновидности, представленной обыкновенной роговой обманкой (развитой главным образом в амфиболитах). Возрастание железистости минерала и соответственно показателей преломления в данном случае сопровождается понижением угла оптических осей (см. табл. 3). Формы выделения роговой обманки вмещающих пород самые разнообразные: от крупных (3—5 мм) кристаллов до мелкозернистых волокнистых агрегатов. В анортозитах большая ее часть ксеноморфна к плагиоклазу, в амфиболитах, наоборот, идиоморфна по отношению к плагиоклазу, который находится в мезостазилах. В обоих случаях отмечается развитие роговой обманки по плагиоклазу.

Сводная таблица морфологии и оптических свойств плагиоклаза амфиболитов,

Горные породы	Свойства пла			
	размер зерен, мм	форма зерен	двойникование	зональность
Лейко-, мезо- и меланократовый роговообманковый анортозит	15—3	Таблитчатая	Сложное: по альбитовому, периклиновому, карлсбадскому, манебахскому и эстельскому законам	Отсутствует или слабо выражена
	10—1—0,1— —0,01	Округлая	Несдвойникованы, редко альбитовые и периклиновые двойники	Слабая
Плагиоклазовый амфиболит	1,5—0,5— 0,1	Округлая	Несдвойникованы, реже альбитовые (карлсбадские) двойники	Отчетливая и слабая
Околожилые гнейсы	3—0,5—0,1	Неправильная (заливообразная, зубчатая, удлинённая)	Несдвойникованы и с альбитовыми двойниками	Резкая, прямая, реже обратная
Приконтактный плагиоклазит	1—0,5—0,1	Торцовая	Несдвойникованы, редко альбитовые двойники	Нет (или слабая)
Плагиоклазовый аплит	2—0,1	Округлая и таблитчатая	Альбитовые и карлсбадские двойники	То же
Мелко- и среднезернистый пегматит	5—0,5	Округлая и лейстовидная	Альбитовые двойники	Нет

* Массовые определения состава плагиоклаза по максимальным углам погасания в зоне симметричного угасания многократно контролировались иммерсионными измерениями светопреломления, измерениями в разрезах $\perp Ng$, $\perp Nr$ и на столике Федорова.

Таблица 2

анортозитов, пегматитов и их приконтактовых образований

г и о к л а з а				Различия в составе плагиоклаза
пятнистость	состав плагиоклаза (% An)*			
	предельные значения	преобладающие значения	количество измерений	
Характерна	Большая часть зерна			Отклонения в составе отдельных зерен на 25—10% An, пятен и всего зерна на 20—10% An
	80—40	65—45	135	
	Пятна			
	60—30	45—35	63	
Нет	50—30	45—35	34	Различие в составе центральных зон от краевых на 15—10% An
Нет	55—25	40—35	18	Различие в составе центральных зон от краевых на 15—10—5% An
Нет	70—20	40—27	48	Различие в составе центральных зон от краевых на 30—20—10% An
Нет	40—20	33—27	29	Различие в составе центральных зон от краевых на 10—5% An
Нет	30—10	—	21	Отклонение в составе отдельных зерен на 15—5% An
Нет	15—4	10—5	42	Отклонение в составе отдельных зерен на 10—5% An

Таблица 3
Сводная таблица оптических свойств минералов вмещающих пород, пегматитов и их приконтактовых образований*

Минералы	Породы	размер зерен, мм	окраска зерен	Свойства минералов							cNg	2V	
				плеохроизм			светорепломление						
				Ng	Nm	Np	Ng	Nm	Np	$\frac{d_z}{Z} - \frac{d_{20}}{Z}$			
Роговая обманка	Габбро-анортозиты	5—0,01	Светло-зеленая	Светло-лубовато-зеленый	Светло-зеленый	Светло-зеленоватый	1,648 1,652	1,636 1,640	1,626 1,630	0,022	12—16°	(—) 73—81°	
	Амфиболиты	8—0,01	Зеленая	Зеленый	То же	Желтый	1,670 1,674	1,650 1,656	1,640 1,646	0,026	16—20°	(—) 70—76°	
	Околожилыше	3—0,01	Густо-зеленая	Густосине-зеленый	Светло-зеленоватый-бурый	Светло-желто-зеленоватый	1,674 1,676	1,660 —	1,650 1,655	0,024 0,021	10—15—20°	(—) 72—84°	
Клинцо-Поизит	Вмещающие и околожилыше	0,5—0,05	Светло-серая	Отсутствует				1,712 1,735	1,710 1,730	1,702 1,725	0,010	cNm 0—6°	(—) 85—89°
	То же	0,1—0,01	Зеленоватый-серый	Отсутствует				1,721 1,743	1,719	1,714 1,746	0,07	cNm 0—4°	—
Гольмквистит	Вмещающие Околожилыше	0,5—0,01	Серо-фиолетовая	Голубоватый	Розовато-фиолетовый	Светло-розовый	1,644	—	1,624	0,020	0—4°	(—) 48—49°	
		20—0,02	Густофиолетовая, до черной				1,648 1,655	1,640 1,646	1,628 1,622	0,026			
	Эндоконтакт	50—0,01	Густофиолетовая, до черной	Густофиолетовый	Розовато-фиолетовый	Розовый	1,654 1,657	—	1,626 1,629	0,028	0—1°	(—) 49—50°	

Таблица 3 (продолжение)

Минералы	Породы	размер зерен, мм	окраска зерен	плекрохризм				светореломление			cNg	2V	
				Ng	Nm	Np	Ng	Nm	Np	$\frac{N_z}{N} - \frac{N_p}{N}$			
													Ng
Биотит	Вмещающие	1—0,1	Бурая	Бурый и светлорозовый	Светло-бурый	Соломенно-желтый	1,618	1,620	1,618	1,620	1,618	0°	(—) 3—8°
	Околожильные и эндоконтакты	5—0,5—0,01	Черная	Красно-бурый	Бурый	Красновато-желтый	1,613 1,625 1,628	1,612 1,621 1,623	1,613 1,621 1,628	1,612 1,621 1,623	1,613 1,621 1,628	0°	(—) 5—10°
Гурматин	Вмещающие	10—0,5	Черная	Розовый	—	Бурый	1,696	—	1,696	—	1,696	0°	(—) 0°
	Экзо- и эндоконтакты	45—0,5	»	»	—	Зелено-бурый и голубой	1,700 1,688	—	1,700 1,688	—	1,687 1,671	0°	(—) 0°
	Краевые зоны пегматита	50—0,5	»	Светло-розовый	—	Зеленый	1,670	—	1,670	—	1,645 1,647	0°	(—) 0°
	Центральные зоны пегматита	50—0,5	Зеленая	Бесцветный	—	Зеленовато-голубоватый	1,672 1,632	—	1,672 1,632	—	—	0°	(—) 0°
Гранат	Вмещающие	5—1	Красно-бурая	—	Светло-розовый	—	—	—	—	1,801	—	—	—
	Эндоконтакты и краевые зоны пегматита	2—0,1	Яркокрасная	—	Бесцветный	—	—	—	—	4,799	—	—	—
	Центральная зона пегматита	5—0,5	Красная	—	»	—	—	—	—	>4,783	—	—	—

Таблица 3 (окончание)

Мнералы	Свойства минералов												
	Шороды	размер зерен, мм	окраска зерен	плекроизм			светопреломление			2V			
				Ng	Nm	Np	Ng	Nm	Np				
Апатит	Вмещающие и околжильные	0,1—0,01	Белая	Отсутствует			1,635	—	1,633	0,002	0°	(—) 0—3°	
	Эндоконттакт	0,5—0,05	»	»			1,635	—	1,633	0,002	0°	(—) 0—2°	
	Краевая зона пегматита	2—0,05	Голубая	»			1,636	—	1,634	0,002	0°	(—) 0°	
	Центральные зоны пегматита	3—0,03	Голубая и зеленая	»			1,625 1,646	—	1,622 1,642	0,003 0,004	0°	(—) 0°	
Мусковит	Эндоконттакт	2—0,4	Светло-зеленая	Чуть зеленая	Чуть зеленая	Чуть зеленая	Бесцветный	4,601	4,595	—	—	—	0—3°
	Краевая зона пегматита	5—0,5	Зеленая					4,603	4,597	—	—	—	—
	Центральная зона пегматита	2,5—5	Чуть зеленая	Отсутствует	4,610	—	—	—	—	—	—	—	(—) 38—42°
								4,612	1,573	1,571	0,039	0°	(—) 44—45°

* В таблице обобщены результаты многочисленных микроскопических исследований, в том числе 58 определений светопреломления, 95 определений углов погашения, 67 определений углов оптических осей на столике Федорова и 15 определений в сходящемся свете. Двупреломление определялось вычислением по светопреломлению.

Таблица 4

Результаты спектральных анализов минералов вмещающих пород, пегматитов и их экзо- и эндоконтактов

Минералы	Породы	Элементы и их порядковые номера																															
		Li 3	Be 4	B 9	Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Ag 47	Sn 50	Ba 56	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Число анализов
Плагиоклаз	Вмещающие Эндоконтакт Пегматит		4		4	4	5		5		5	2	1		2	4	2	4		1	1	1	3					1				2	
		4		5	5	5		5		5		5	1	1		2	2	2	2	1	1	1	1									1	
Роговая обманка	Вмещающие Околожильные		1		3	5	5		5		5	1	3	2	2	4	4	1	1	1	1	1	1	1		1		2	2		2		
		1		3	5	5		5		5		5	2	3	4	3	5	2	2	2	2	2	1									1	
Гольмквистит	Вмещающие Околожильные		1		1	5	5		5		5	4	3	2	4	1	5	1	1	1	1	1	2					2				1	
		5		3	5	5		5		5		4	3	2	4	3	5	1	1	1	1	1	1	2		1						3	
Биотит	Вмещающие Околожильные		3		1	4	5		5		5	3	2	1	1	2	4	1	1	1	1	2				1		1				1	
		3		1	4	5		5		5		3	2	1	1	2	3	5	1	1	1	2				1		1				1	
Турмалины	Вмещающие Околожильные и эндоконтакты Пегматит		1		3	5	5		5		5	5	2	2	2	3	5	1	2	1	2	1	2									1	
		1		2	3	5	5		5		5	4	1	4	1	4	5	5	1	1	1	1	2					1					2
Гранат	Вмещающие Эндоконтакт Пегматит		1		4	4	5		5		5	4	1	1	1	4	5	5	5				1	1	1	1						2	
		2		3	5	5		5		5		3	1	2	1	5	5	5	5				1	1	1	1	1	1	1	2	2		2
Апатит	Эндоконтакт Пегматит		2		3	4	5		5		5	5	2	2	2	4	5	5	5	4	1	1	2										1
		1		3	3	4	5		5		5	5	2	2	2	5	5	5	5	5	1	1	2										1
Мусковит	Эндоконтакт Пегматит		1		2	2	5		5		5	2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	2	2										1
		2		2	2	5		5		5		2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	2	2										2

Примечание. Обозначения интенсивности линий: 1 — ничтожные следы и следы; 2 — оч. слабые и слабые; 3 — средние; 4 — выше средних; 5 — сильные и оч. сильные; аналитики И. Н. Колесников и И. В. Лазунов.

В околожильных породах присутствует обыкновенная роговая обманка. Она отличается от развитой во вмещающих породах более густой окраской повышенным светопреломлением, а следовательно, и наибольшим содержанием железистого компонента (табл. 3). Спектральными анализами (табл. 4) подтверждено повышенное содержание Fe в роговой обманке околожильных пород, а также установлена концентрация в ней Cr, V, Co, Ni (характерных для вмещающих пород), Sn и Be (характерных для пегматита). В ней понижено содержание Mn и Ti (накапливающихся в гольмквистите) и отсутствуют Sc, Cu, Sr, Zr (присутствующие в роговой обманке вмещающих пород). Неравновесность условий, при которых кристаллизовалась роговая обманка околожильных пород, усматривается в больших колебаниях угла ее погасания и угла оптических осей.

КЛИНОЦОЗИТ И ЭПИДОТ

Клиноцоизит и редко встречающийся более железистый эпидот широко распространены во вмещающих и околожильных породах и иногда обнаруживаются в самом эндоконтакте. Из них клиноцоизит преобладает в габбро-анортозитах и анортозитах, а эпидот — в амфиболитах. В зависимости от состава вмещающих пород, в околожильных породах преимущественно пользуется тот или иной из этих минералов. Оптические константы клиноцоизита и эпидота, вмещающих и околожильных пород достаточно близки (табл. 3), но они хорошо различаются по форме выделения. Например, клиноцоизит вмещающих пород имеет кристаллографически правильные ограничения, хотя и развивается по плагноклазу. В околожильных породах, особенно в непосредственном экзоконтакте, он дает неправильные, как бы разъеденные с краев кристаллы, принимающие иногда колеччатые контуры. Такие формы кристаллов клиноцоизита, вероятно, вызваны его растворением при обратном ходе метасоматоза в зоне контакта. При этом за счет клиноцоизита образуется более основной плагноклаз. Наиболее причудливые формы имеет клиноцоизит в микросекциях эндоконтакта. Здесь иногда отмечается переотложение клиноцоизита с нарастанием на апатит и магнетит.

Точно так же эпидоту вмещающих пород, который развивается не только по плагноклазу, но и по роговой обманке, свойственны более или менее правильные очертания. Округлая его форма сохраняется в околожильных породах, удаленных от контакта. Вблизи контакта эпидот тоже имеет неправильную форму. Нередко экзо- и эндоконтактные породы бывают ограничены цепочкой переотложенных зерен эпидота правильной формы.

ГОЛЬМКВИСТИТ

Ромбический амфибол — гольмквистит, отличающийся от антофиллита и жедрита присутствием лития¹, является главным типоморфным и наиболее распространенным минералом околожильных образований сподуменовых пегматитов, залегающих в основных породах. Гольмквистит встречается также в незатронутых околожильными процессами, удаленных от контакта вмещающих породах и в непосредственном эндоконтакте пегматита.

¹ Принадлежность гольмквистита к ромбическим амфиболом группы антофиллита установлена оптическими методами И. В. Гинзбург в 1949 и путем расчета изоморфного замещения им обыкновенной роговой обманки (А. И. Гинзбург в 1954).

Таблица 5

Содержание окислов щелочных элементов в гольмквистите

№ п/п	Месторождение	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	Аналитик и год
1	Уте, Швеция	2,13	1,12	0,54	А. Озани, 1913 (Sundius, 1947)
2	Александр Каути, США	3,53	0,50	0,27	А. Бигден, 1947 (Sundius, 1947)
3	СССР	2,07	0,91	0,16	А. В. Мокрецова, 1953

Содержание Li₂O, Na₂O и K₂O в изученном гольмквистите сравнительно с иностранными показано в табл. 5.

Из оптических констант минерала подвержены колебаниям показатели преломления, а углы погасания и оптических осей остаются одинаковыми. Повышение интенсивности окраски, тонов плеохроизма и светопреломления происходит по мере приближения к непосредственному контакту. Оно связано с возрастанием в составе гольмквистита не только Fe (как в других амфиболах), но Li и Mn, что подтверждается спектроскопией (табл. 4).

В гольмквистите из околожильных пород и особенно из непосредственного контакта сравнительно с гольмквиститом, развитым за пределами собственно околожильных пород, накапливаются, с одной стороны, элементы, характерные для вмещающих пород, — Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu, Sr, Ba, а с другой — элементы, характерные для пегматита, — Li, Na, Mn, Ga. При гипергенных процессах гольмквистит теряет прежде всего часть Fe и Li, утрачивает плеохроизм и становится светлосерым.

В удаленных от контакта вмещающих породах, сохранивших все присущие им черты, гольмквистит образует тонкие копьевидные (ромбовидные в поперечных сечениях) кристаллы, секущие все окружающие их минералы: плагиоклаз, роговую обманку, клиноцоизит (рис. 3). В околожильных породах наблюдается пересечение им плагиоклаза, роговой обманки, биотита, а также срастание с двумя последними минералами. В зоне непосредственного экзоконтакта отмечаются совершенно явная гольмквиститизация роговой обманки, реже развитие гольмквистита по биотиту, а также нарастание биотита в виде венчиков на гольмквистит. Часто гольмквистит образует крупные самостоятельные кристаллы или фибробластические агрегаты. Здесь же отмечается нарастание гольмквистита на сфен; гольмквистит, ассоциирующий с кварцем, включает пирротин и ильменит (рис. 4.). Наблюдающиеся плеохроичные ореолы указывают на мелкие включения циркона.

В непосредственном эндоконтакте гольмквистит встречается в виде лучистых агрегатов или же крупных саблеобразных кристаллов в трещинах плагиоклаза или между его зернами.

Установлены три последовательные стадии прогрессивного развития гольмквистита: 1) в трещинах вмещающих пород, 2) замещение роговой обманки (реже биотита), 3) позднее перпендикулярное контакту расположение его кристаллов, возникших, когда уже отсутствовали дифференциальные движения. На их фоне отмечаются признаки регрессивного развития, при котором по гольмквиститу образуется биотит и даже изредка роговая обманка. Сочетание прогрессивного и регрессивного развития гольмквистита свидетельствует о пульсировании околожильных процессов.

БИОТИТ

Биотит является типоморфным минералом околожильных пород. Он присутствует также во вмещающих породах, удаленных от контакта, и в узкой зоне непосредственного эндоконтакта. Оптические свойства биотита экзо- и эндоконтактовых пород близки между собой, но отличны от таковых для биотита вмещающих пород (табл. 3). Биотит приконтактовых пород, судя по светопреломлению и микроскопии (табл. 4), обогащен Fe и Li. Кроме того, в нем повышенные содержания Ca, Ti, V, Cr, Ni, Co, Sr, характерных для вмещающих пород, больше Al, K, Mn, свойственных пегматиту, а также присутствуют Li, Be, Sn и Tl, типичные для пегматитов.

Относительно форм выделения биотита следует указать, что во вмещающих породах он преимущественно приурочивается к плоскостям гнейсовидности, где дает скопления. При этом наблюдается развитие его по роговой обманке. В околожильных породах тоже обнаруживается замещение биотитом роговой обманки. В ассоциации с гольмквиститом наблюдаются то более поздние, то более ранние или же одновременные образования биотита. Биотит околожильных пород, особенно сплошных агрегатов из экзоконтакта, обычно содержит множество плеохроичных двориков, что отличает его от биотита вмещающих пород и эндоконтакта пегматита. В эндоконтакте биотит образует разрозненные листочки, одновременные или более поздние, чем кварц и плагиоклаз.

ТУРМАЛИН

В некоторых из жил редкометальных пегматитов турмалин является одним из распространенных минералов и встречается во всех зонах, в других он редок. Турмалин относится к типоморфным минералам экзо- и эндоконтактовых образований сподуменовых пегматитов и иногда находится во вмещающих породах вдали от пегматитовых жил. Оптические свойства минерала закономерно изменяются по мере перехода от вмещающих пород к центральным зонам пегматита (табл. 3). Обращает на себя внимание высокое светопреломление турмалинов вмещающих и околожильных пород, что связано с наличием в них хрома.

Реакционная природа турмалина вмещающих и приконтактовых пород легко обнаруживается при сравнении их спектроскопического состава между собою и со всем разнообразием турмалинов пегматитов (табл. 4). В турмалине вмещающих пород сосредотачиваются свойственные им элементы. В турмалине экзоконтактов и эндоконтактов появляются уже элементы пегматитов Li, Be, Sn, Zn и возрастает содержание Mn и Ga, накапливающихся в турмалинах пегматитов. Вместе с тем падает содержание характерных для основных пород Ca, V, Ni и исчезают Co, Cu, Sr, тогда как Ti и Sc накапливаются. Процесс обогащения турмалинов пегматита Li, Be, Na, Zn, Ga, Sn, при обеднении их Mg, Ti и Fe нарастает в ходе формирования пегматита.

Турмалин во вмещающих породах характерен образованием турмалиновых солид на плоскостях гнейсовидности. В околожильных породах он большей частью развивается по роговой обманке и иногда обладает неравномерным пятнистым сложением. В сплошных скоплениях непосредственных экзоконтактов (так называемых турмалиновых примазках) он обнаруживает тонкую полизональность, с многократным чередованием двух или трех разноокрашенных зон. Непосредственно в эндоконтакте турмалин приобретает нормальную зональность с более темным ядром и светлой периферической оторочкой. Здесь он иногда заключает в себе

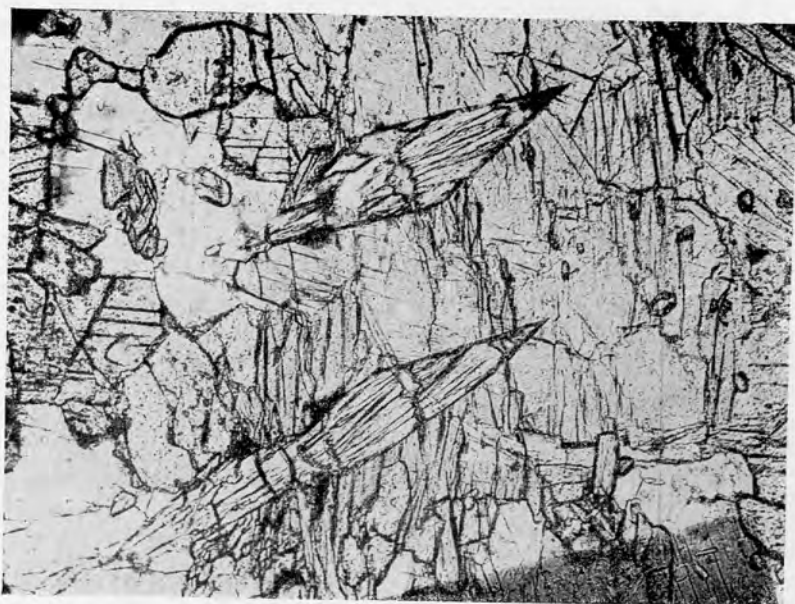


Рис. 3. Кошьевидные и ромбовидные кристаллы гольмквистита в роговой обманке и плагиоклазе вмещающих пород. Без анализатора. Увел. 46.

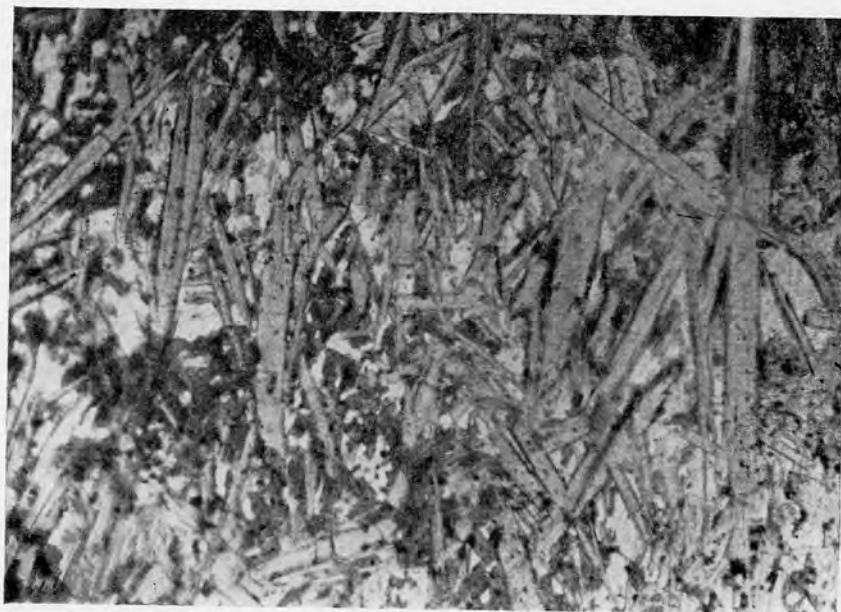


Рис. 4. Гольмквиститовый сланец непосредственного экзоконтакта. Без анализатора. Увел. 20.

пиротин и халькопирит. В зоне мелкозернистого пегматита турмалин нередко замещает сподумен. В преобладающем большинстве случаев турмалин во всех перечисленных породах имеет правильные ограничения, хотя образуется одним из последних.

Отмеченное выше пятнистое или полизональное строение минерала свидетельствует о неравновесных условиях концентрации вещества в период его образования. Это, как уже не раз подчеркивалось, указывает на неравновесные условия формирования экзо- и эндоконтактных зон.

ГРАНАТ-СПЕССАРТИН

Гранат редко встречается во вмещающих и околожильных породах; он является специфическим минералом пегматитов и широко распространен в приконтактных их зонах. Внешние свойства и светопреломление граната во всех этих породах близки; под микроскопом гранат вмещающих пород слабо окрашен. Наибольший показатель преломления определен у граната вмещающих пород, наименьший — у граната пегматита. Гранат эндо- и экзоконтактных пород имеет промежуточный показатель преломления (табл. 3). Согласно данным спектральных анализов (табл. 4), гранат приконтактных пород тоже является промежуточным. В нем сравнительно с гранатом вмещающих пород возрастает содержание Mg, Ca, Al, Mn, появляются Be, Zn, Sr, Y, Ag, Sn. Сравнительно с гранатом пегматита, в нем меньше Be, Ti, Ga, Ag, Sn, больше Mg, Ca, есть Y, Zr, но нет Sc и V.

Любопытно, что бесцветный в тонких срезах гранат пегматита содержит больше Mn, чем розовый в тонких сечениях гранат вмещающих пород (поэтому окраску минерала нельзя непосредственно связывать с количеством в нем Mn).

Во всех породах гранат идиоморфен и обычно имеет хорошую огранку, хотя в большинстве случаев образовался позже окружающих его минералов. Только в зоне эндоконтакта среди агрегатов кварца иногда отмечаются неправильные кристаллы граната, как бы растворенные и замещенные кварцем. Такого рода явления свидетельствуют о процессах перекристаллизации в зоне эндоконтакта.

АПАТИТ

Апатит редок во вмещающих и околожильных породах. Он сосредоточивается преимущественно в эндоконтакте. Во внутренних зонах пегматита апатит тоже редок. Апатит перечисленных пород обладает различными оптическими свойствами (табл. 3). Особенно интересен апатит краевой аплитовидной зоны. Здесь он голубой, как и в других зонах пегматита, но показатели преломления его еще близки белому апатиту вмещающих и околожильных пород, а также мест, непосредственно расположенных в экзо- и эндоконтактах. По направлению от вмещающих пород к центральным зонам пегматита исчезают аномальные для апатита явления двусности. В голубом апатите приконтактных зон, сравнительно с апатитом центральных зон пегматита, отсутствуют Be, Co, Ba, Ni, Cu, Pb, Bi, меньше содержится Mn и Fe (табл. 4).

Во вмещающих и околожильных породах округлые зерна апатита находятся среди агрегатов темноцветных минералов. В эндоконтакте и в самом пегматите округлый апатит ассоциирует с полевыми шпатами и кварцем. Для эндоконтакта весьма характерна цементация апатитом агрегата мелких различно ориентированных его зерен. Здесь же наблюдаются

графические структуры срастания апатита и кварца, а также ассоциация апатита с более поздним кварцем. Эти соотношения говорят о повторном импульсе образования апатита и последующем его растворении. Подобные явления происходили в стадию автометасоматоза и свидетельствуют о сложном процессе формирования эндоконтактных зон.

МУСКОВИТ

Мусковит представляет собою специфический минерал пегматита и его приконтактных зон. Во вмещающих и околожильных породах он не встречается. В пегматитах различаются более ранний мусковит эндоконтакта и центральных зон, а также более поздний мусковит, развитый в приконтактных (и центральных) зонах. Оптические свойства минерала непостоянны (табл. 3). В раннем мусковите от эндоконтакта к центру жил возрастают светопреломление и угол оптических осей. В позднем мусковите светопреломление наибольшее, а углы оптических осей промежуточные. В раннем мусковите эндоконтакта, сравнительно с ранним мусковитом центральных зон пегматита меньше Li и Be, есть Zn, Pb, но нет Ba и Tl. В обоих мусковитах наблюдаются Na, Ca, V, Mn, Cu, Ga, Sr, Sn (табл. 4). В позднем мусковите увеличивается содержание Fe, Li, Sn, Tl, Be и появляется Rb.

В некоторых микроксенолитах зоны эндоконтакта отмечается развитие мусковита по биотиту и роговой обманке. В плагиоаплите эндоконтакта мусковит развивается по биотиту или образует изолированные листочки. В аплите и мелкозернистом пегматите он занимает промежутки между кварцем, плагиоклазом, сподуменом. Иногда вокруг позднего мусковита, по границе его с другими минералами, образуется реакционная каемка кварца. Наличие двух генераций мусковита в пределах приконтактных зон пегматита свидетельствует о наложении процессов минералообразования в стадию автометасоматоза.

ВЫВОДЫ

Приведенное описание минералов, входящих в состав вмещающих пород, пегматитов и экзо- и эндоконтактных образований на границе жил, позволяет сделать следующие выводы.

I

1. Среди минералов изученных пород выделяются:
 - а) встречающиеся во всех породах (проходящие): плагиоклаз, гранат, апатит;
 - б) встречающиеся в трех из них: в околожильных породах, эндоконтакте и в самом пегматите — турмалин, или же во вмещающих, и околожильных и эндоконтактных породах — биотит, клиноцоизит и эпидот;
 - в) встречающиеся в двух группах горных пород: в околожильных и эндоконтакте — гольмквистит, во вмещающих и околожильных — роговая обманка, в эндоконтакте и в пегматите — мусковит.
2. Одноименные минералы, находящиеся в различных породах и разных парагенезисах, отличаются строением и соотношением с другими минералами.
3. Одноименные минералы, встречающиеся в различных зонах на разном удалении от контакта, отличаются оптическими константами, а следовательно, и составом. Некоторые минералы, находящиеся в зоне кон-

такта, по свойствам и составу являются промежуточными между их аналогами из вмещающих пород и пегматитов.

4. В минералах приконтактных зон происходит накопление элементов, свойственных как вмещающим породам, так и пегматитам.

5. Минералы экзо- и эндоконтактов характеризуются резкой неравномерностью состава (зональность, пятнистость) и прерывистой кристаллизацией (взаимные нарастания и прорастания минералов).

6. Гольмквистит хотя и является тиноморфным минералом зоны контакта литиевых пегматитов и основных пород, но главные особенности их взаимодействия выражаются прежде всего в изменении состава всех других минералов.

Таким образом, реакционные взаимоотношения пегматитового расплава с основными породами отнюдь не ограничиваются образованием новых минералов: турмалина, гольмквистита, биотита и кварца в экзоконтакте, а биотита, турмалина, гольмквистита, апатита, халькопирита и пирротина в эндоконтакте. Эти реакционные взаимоотношения выражены преимущественно и в гораздо большем масштабе в изменении свойств и состава ряда обычных породообразующих минералов.

II

По мере приближения к контакту под действием контактово-метасоматических процессов в основных породах изменяется состав минералов: плагиоклаза, клиноцоизит-эпидота, биотита, роговой обманки, а также новообразований — турмалина и гольмквистита. В пегматите, по мере приближения к контакту, в результате ассимиляции пегматитовым расплавом вещества боковых пород изменяется состав плагиоклаза и возрастает содержание турмалина, биотита, граната, халькопирита, пирротина, апатита. Минералы пегматита, образующиеся в последующую стадию автометасоматоза, — апатит, мусковит, гольмквистит, часть кварца и турмалина, — тоже закономерно изменяют свой состав по мере приближения к контакту.

Благодаря неравновесности условий, при которых формировались эндо- и экзоконтактные породы, наложению и ритмичности в минералообразовании, чередованию периодов дифференциальных подвижек с периодами постоянного давления — представляется весьма трудным дать общую схему порядка кристаллизации минералов. Для отдельных групп минералов последовательность образования разбиралась выше, при их описании.

III

Вокруг жил сподуменовых пегматитов наблюдается ореол рассеяния некоторых элементов. Дальше всего от контакта фиксируются Na, K, Li, B, Sn, по приближению к нему их количество возрастает. Ближе к контакту и в непосредственном контакте, кроме них, спектральными анализами минералов и дополнительными анализами горных пород выявлены: P, F, Pb, Be, Tl, Ag, Y, Mo, Bi. Ореолы рассеяния редких элементов наряду с гольмквиститом играют роль поисковых признаков, особенно при выявлении слепых жил.

IV

Такие минералы, как турмалин, гранат, магнетит, апатит, сфен, биотит, мусковит, являются приконтактовыми не только для сподуменовых пегматитов и основных пород. Они свойственны зонам контактов гранит-

ных пегматитов других типов, аплитов и гранитов с вмещающими их породами основного ряда. Для эндоконтактов гранитов с вмещающими основными породами характерно повышение основности плагиоклаза и возрастание его содержания, уменьшение количества кварца и повышение железистости биотита и т. д. Для экзоконтактов вмещающих пород характерны биотитизация и окварцевание, понижение основности плагиоклаза и возрастание железистости цветных минералов и т. д. Указанные явления приводятся обычно как одно из доказательств интрузивного генезиса гранитов. Они во многом напоминают описанные изменения свойств минералов и их содержания в зоне контакта сподуменовых пегматитов и основных пород. Это лишний раз подтверждает принадлежность сподуменовых пегматитов к производным гранитной магмы и позволяет использовать данные по особенностям их взаимодействия с основными породами в качестве одного из аргументов в пользу их первично-магматической природы.

ЛИТЕРАТУРА

- Гинзбург А. И. и Гинзбург И. В. О гольмквистите. Докл. АН СССР LXXIV, № 6, 1951.
Кузнецов В. И. К вопросу о генезисе гранитных пегматитов. ДАН СССР, XCVI, № 1, 1954.
Derry D. R. Lithium-Bearing Pegmatites in Northern Quebec. Econ. Geol., 45, No 2, 1950.
Sundius N. Die chemische Zusammensetzung des Holmquistits. Geol. Fören. Förhandl., 69, H. 1, 1947.