

Р. А. ВИНОГРАДОВА

**О СЕРПЕНТИНАХ ИЗ СКАРНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАРГОЗ  
(Восточный Саян)**

При изучении скарно-магнетитового месторождения Маргоз автором были обнаружены метасоматические серпентиновые породы и серпентин-магнетитовые руды. Своеобразие геологической позиции серпентиновых метасоматитов, развивающихся за счет мраморов и магнезиальных скарнов, а также тесная связь серпентинизации с магнетитовым оруденением заставили обратить внимание на минералогические особенности самих серпентинов, поскольку серпентины такого генезиса в литературе описаны мало.

Месторождение Маргоз, входящее в состав Краснокаменской группы железорудных месторождений в Восточном Саяне (Чернышев, 1959), приурочено к останцу кембрийских вулканогенно-осадочных пород осиновской свиты ( $Ст_2os$ ) в кровле Канзыбинского гранитоидного массива ( $Ст_3—O$ ). Широко развитые на месторождении известковые скарны (гранатовые, пироксеновые, гранат-пироксеновые) и скарно-магнетитовые руды локализованы преимущественно на контакте мраморов осиновской свиты и диоритов Канзыбинского массива.

Серпентиновые породы (и серпентин-магнетитовые руды) по сравнению со скарнами распространены незначительно. Локальное развитие их установлено в северо-западной части I рудного тела, где они наблюдаются в контакте диоритов Канзыбинского массива с пироксен-гранатовыми скарнами или мраморами осиновской свиты.

На месторождении выделяются три генерации серпентина.

Наиболее распространен серпентин I генерации, образующий массивные серпентиновые породы и серпентин-магнетитовые руды (рис. 1, а, б). Серпентиновые породы возникают главным образом при замещении мраморов, что устанавливается по реликтам этих пород в серпентине. Замещение начинается с краев зерен карбоната, затем серпентин проникает внутрь его зерен по тонким прожилкам или развивается вдоль ромбоэдрической спайности (рис. 2, а). Наряду с этим серпентиновые породы, по-видимому, возникают также за счет магнезиальных скарнов, о существовании которых могут свидетельствовать реликты пироксена (диопсида) среди серпентина, а также полные псевдоморфозы серпентина по минералу бипирамидально-призматической формы (рис. 2, б), напоминающей форму оливина или монтичеллита. В тесной ассоциации с серпентином I наблюдается мелкозернистый магнетит<sup>1</sup>, взаимоотношения между которыми указывают на почти

<sup>1</sup> Магнетит, ассоциирующий с серпентином, представляет собой II генерацию минерала. Преобладающий на месторождении магнетит I генерации ассоциирует со скарновыми минералами (гранатом и пироксеном).

одновременное их возникновение. Серпентин I генерации образует тонкозернистые агрегаты и имеет желтовато-зеленую, желтую, желтовато-коричневую и зеленую окраску.

Менее развитый серпентин II генерации отмечается в гнездах и прожилках среди серпентин-магнетитовых руд и ассоциирует с ромбододекаэдрическим магнетитом, пеннином и кальцитом. Минерал слагает игольчато-волокнистые веерообразные агрегаты серовато-зеленого цвета.

Серпентин III генерации крайне редок и встречается в гнездах среди

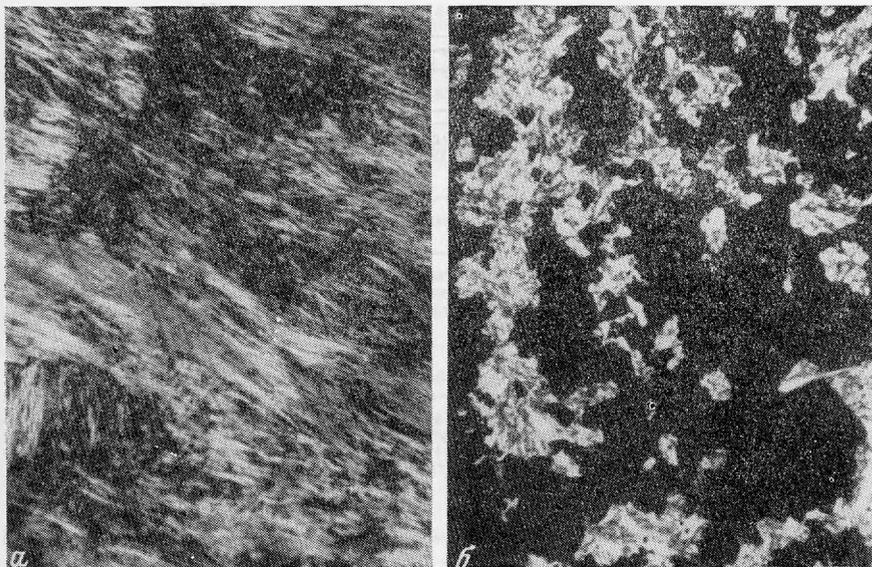


Рис. 1. Серпентин I генерации

*а* — массивная серпентиновая порода. Увел. 64; *б* — серпентин-магнетитовая руда. Увел. 32. Оба с анализатором

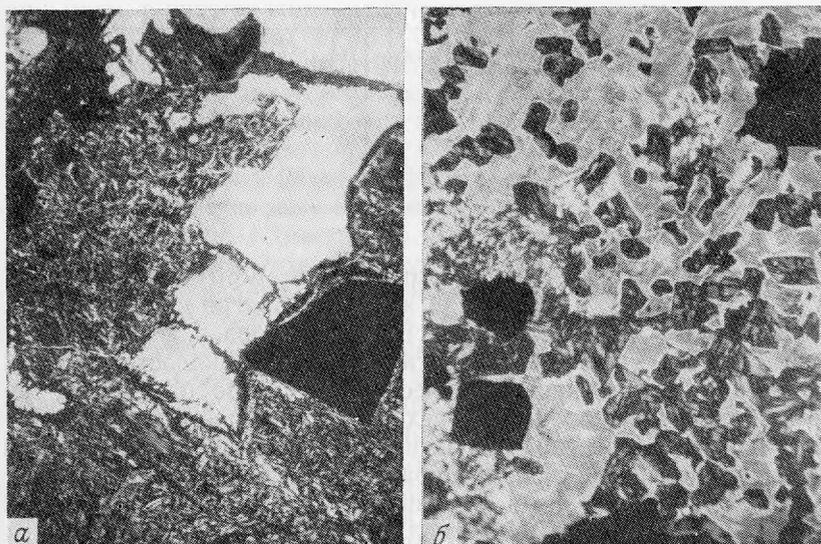


Рис. 2. Ассоциации серпентина I с ранними минералами

*а* — замещение карбоната мраморов (черное — магнетит); *б* — псевдоморфозы по минералу бипирамидально-призматической формы (белое — карбонат, черное — магнетит). Оба увел. 32, с анализатором

руды в ассоциации с апатитом и пиритом. Минерал образует грубпластинчатые агрегаты темно-зеленого цвета и интенсивно замещается тальком.

Для изучения серпентинов из месторождения Маргоз было отобрано четыре наиболее характерных в морфологическом отношении образца минерала всех трех генераций (два образца I генерации из массивной серпентиновой породы и серпентин-магнетитовой руды и по одному образцу серпентина II и III генерации). Макро- и микроскопическая характеристика их приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика серпентина из месторождения Маргоз

Данные о серпентине	Обр. 1 *	Обр. 2 **	Обр. 3 **	Обр. 4 ***
	I генерация	I генерация	II генерация	III генерация
Ассоциация	Из массивной серпентиновой породы (по мрамору)	Из кальцит-серпентин-магнетитовой руды	С кальцитом, хлоритом и ромбододекаэдрическим магнетитом из прожилка в серпентин-магнетитовой руде	С пиритом и апатитом из прожилка в серпентин-магнетитовой руде
Внешний вид	Тонкозернистый плотный серпентин желтовато-коричневого цвета	Тонкозернистый плотный серпентин серно-желтого цвета	Тонкозернистые плотные или игольчато-волокнистые (веерообразные) агрегаты серпентина бледно-зеленого цвета	Мелкозернистый, местами грубпластинчатый серпентин темно-зеленого цвета
Вид в шлифах	Разнозернистый агрегат, сложен волокнистым, чешуйчатым, баститоподобным серпентином и офитом	Мелкозернистый агрегат из волокнистого и чешуйчатого серпентина	Крупнозернистый агрегат, сложен волокнистым и в небольшом количестве чешуйчатым серпентином	Крупнопластинчатый серпентин. Характерно интенсивное замещение тальком
Оптические свойства: осность, знак	Двуосный, оптически отрицательный			
Показатели преломления	Чешуйчатые агрегаты: $n_{ср} = 1,551$	Волокнистые агрегаты: $n_g = 1,560$ ; $n_p = 1,555$ Чешуйчатые агрегаты: $n_{ср} = 1,557$	Волокнистые агрегаты: $n_g = 1,557$ ; $n_p = 1,549$	Удлиненно-пластинчатые агрегаты: $n_g = 1,585$ ; $n_p = 1,576$
Плеохроизм	Не плеохроирует, несколько желтоватый		Не плеохроирует, бесцветный	Плеохроирует: $N_g$ — зеленый $N_m$ — бледно-желтый $N_p$ — оранжево-зеленый

\* Скв. 6, глубина 42—47 м. \*\* Канава 23 (вблизи устья скв. 6). \*\*\* Скв. 6, глубина 123 м.

Как показали исследования (Zussman, 1954; Whittaker, Zussman, 1956; Zussman, Brindley, 1957; Zussman et al., 1957; Звягин и др., 1966), серпентины представляют собой сложную группу минералов, в которой имеются различные структурные и морфологические разновидности. Основой для них служит слоистая триоктаэдрическая структура (близкая к двуоктаэдрической структуре каолинита) трех основных типов (Звягин и др., 1966): 1) прямолинейные решетки — пластинчатый серпентин, однослойный (лизардит) и шестислойный; 2) волнообразно изогнутые решетки с появлением прямолинейного сверхпериода А — антигориты; 3) цилиндрические решетки — хризотилы (трубчатые кристаллы). Точная диагностика разновидностей серпентинов стала возможной лишь с применением рентгеновского изучения их порошков (Whittaker, Zussman, 1956), электронной микроскопии и электронной микродифракции (Zussman et al., 1957; Звягин и др.,

1966), а также инфракрасной спектроскопии (Brindley, Zussman, 1959). Одного оптического определения серпентина теперь уже недостаточно, что подчеркивается в некоторых работах (Артемов и др., 1964; Лашнев, 1966<sub>2</sub>).

Наши образцы помимо обычного оптического метода были изучены также рентгеновским, электронномикроскопическим, термическим и химическим методами. В результате было установлено, что все образцы представляют собой смеси нескольких структурных разновидностей серпентина (табл. 2).

Таблица 2

Результаты детального изучения образцов серпентина из месторождения Маргоз

Метод определения	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 4
Рентгеновский	Представляют смесь из хризотила, антигорита и, возможно, лизардита		Близок к антигориту	Близок к антигориту, содержит линии талька
Термический	Смесь преобладающего хризотила с антигоритом	Смесь хризотила с антигоритом	Антигорит, возможно, с незначительной примесью хризотила	Антигорит с примесью талька
Электронномикроскопический	Частицы хризотила в небольшом количестве антигорита и, возможно, лизардита		Частицы антигорита	—
Химический	Помимо главных компонентов, содержат примеси $Al_2O_3$ , $Fe_2O_3$ , $FeO$ и $MnO$			
Диагностика в целом	Смесь хризотила, лизардита (?) антигорита с преобладанием хризотила (и лизардита)		Антигорит с незначительной примесью хризотила	Железистый антигорит (дженкинсит), замещенный тальком

Рентгенограммы изученных образцов (табл. 3) оказались весьма близкими, за исключением обр. 4, в котором присутствуют интенсивные линии талька (последний фиксируется также оптическим методом и на термической кривой, см. рис. 6). По своей общей дифракционной картине все образцы должны быть отнесены к группе серпентина (Михеев, 1957). Однако ни одна из их рентгенограмм строго не соответствует эталонным рентгенограммам для главных структурных разновидностей серпентина (Whittaker, Zussman, 1956). Сопоставление полученных рентгенограмм с эталонными позволяет сделать вывод, что образцы серпентина из месторождения Маргоз представляют собой смеси из антигорита, хризотила и, возможно, лизардита с явным преобладанием антигорита, особенно в обр. 3 и 4, дифракционные картины которых наиболее близки к чистому антигориту.

Изучение образцов серпентина под электронным микроскопом позволило установить среди них пять видов морфологически различных частиц:

1) тонкоигольчатые волокнистые частицы с ровными краями, прозрачные или полупрозрачные (рис. 3, а). Форма их отпечатков удлинённая, вогнутая или выпуклая, что свидетельствует о трубчатой форме частиц;

2) более широкие удлинённо-пластинчатые частицы с характерным занозистым изломом (рис. 3, б). Форма их отпечатков брусковидная. Создается впечатление, что сами бруски и удлинённо-пластинчатые частицы состоят из множества трубочек, описанных выше;

3) пластинчато-чешуйчатые частицы, по форме нередко приближающиеся к прямоугольнику с отношением сторон 1 : 2 и 1 : 3 (рис. 4, а);

4) удлинённо-пластинчатые частицы почти правильной прямоугольной формы с ровными контурами, без занозистого излома (рис. 4, б);

5) округлые изометричного облика лепешковидные частицы (рис. 5).

Диагностика наблюдавшихся частиц была проведена путем морфологического сопоставления их со структурно изученными разновидностями серпентиновых минералов (Zussman et al., 1957). Применить метод электронной микродифракции, к сожалению, не было возможности. Такое сопоставление

Сопоставление порошкограмм образцов серпентина из месторождения Маргоз\* с эталонными порошкограммами трех главных структурных разновидностей серпентина

Обр. 1		Обр. 3		Обр. 4		Whittaker, Zussman (1956)		
						хризотил	лизардит	антигорит
<i>l</i>	$\frac{d}{n}$	<i>l</i>	$\frac{d}{n}$	<i>l</i>	$\frac{d}{n}$	$\frac{d}{n}$	$\frac{d}{n}$	$\frac{d}{n}$
—	—	—	—	10	9,201**	—	—	—
10	7,388	10	7,312	—	—	7,36	7,36	7,30
—	—	—	—	—	—	—	—	6,95
2	6,405	—	—	—	—	—	—	6,52
—	—	—	—	—	—	—	—	5,80
—	—	1	5,232	2	5,315	—	—	5,11
—	—	—	—	—	—	—	—	4,67
—	—	1	4,613	—	—	—	4,62	4,64
2	4,588	—	—	10	4,474	4,56	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	4,27
3	4,025	2	4,068	—	—	—	3,89	3,95
10	3,649	10	3,676	—	—	3,66	3,64	3,63
—	—	—	—	3	3,365	—	—	3,52
—	—	—	—	10	3,085**	—	—	—
—	—	2	2,801	1	2,855	—	2,86	2,88
—	—	—	—	1	2,727	—	—	—
—	—	—	—	—	—	2,66	2,65	2,66
—	—	—	—	—	—	2,604	2,614	2,60
—	—	—	—	—	—	—	2,590	2,57
—	—	9	2,522	—	—	2,547	2,548	2,53
—	—	—	—	2	2,492	2,500	2,495	—
2	2,461	1	2,460	—	—	2,451	2,454	2,46
—	—	—	—	—	—	—	2,438	2,42
—	—	—	—	10	2,409	—	—	2,39
—	—	1	2,364	—	—	—	2,332	2,35
—	—	—	—	—	—	2,285	2,299	—
—	—	—	—	—	—	—	2,280	—
—	—	—	—	—	—	—	—	2,24
—	—	—	—	—	—	2,212	2,214	2,21
—	—	—	—	—	—	—	—	2,169
—	—	2	2,156	1	2,155	—	—	2,153
—	—	—	—	—	—	—	2,148	—
—	—	—	—	—	—	—	—	2,127
—	—	—	—	—	—	—	—	2,113
1	2,090	—	—	1	2,071	2,093	2,094	—
—	—	—	—	—	—	—	—	2,035
2	1,940	—	—	1	1,942	1,972	1,966	—
—	—	—	—	—	—	—	—	1,879
2	1,846	—	—	1	1,840	1,828	1,830	1,832
—	—	1	1,817	—	—	—	—	1,813
—	—	1	1,776	—	—	—	1,794	1,782
6	1,769	—	—	—	—	1,746	1,748	1,755
1	1,714	1	1,729	1	1,719	—	1,737	1,738
1	1,699	—	—	—	—	—	1,695	—
—	—	—	—	3	1,676	—	—	1,680
—	—	—	—	—	—	—	1,643	1,638
—	—	—	—	—	—	—	—	1,587

Таблица 3 (окончание)

Обр. 1		Обр. 3		Обр. 4		Whittaker, Zussman (1956)		
						хризотил	лизардит	антигорит
I	$\frac{d}{n}$	I	$\frac{d}{n}$	I	$\frac{d}{n}$	$\frac{d}{n}$	$\frac{d}{n}$	$\frac{d}{n}$
—	—	3	1,564	—	—	—	—	1,563
—	—	2	1,537	—	—	—	—	1,541
10	1,533	—	—	—	—	1,531	1,534	1,534
—	—	—	—	10	1,528	—	—	1,523
—	—	—	—	—	—	—	1,503	1,509
—	—	—	—	—	—	—	—	1,497
—	—	—	—	—	—	—	—	1,480
—	—	—	—	—	—	1,464	1,460	1,468
—	—	—	—	—	—	—	—	1,462
—	—	1	1,452	—	—	—	—	1,452
1	1,449	—	—	—	—	—	—	1,448
1	1,394	—	—	1	1,396	—	1,415	—
—	—	2	1,316	3	1,319	1,319	—	—
1	1,313	—	—	—	—	1,310	1,307	—

\* Сняты на Fe-излучении с Ni-фильтром, 100 кв, 14 ма, 20 час.

\*\* Линии талька.

позволило выделить среди изученных серпентинов три структурные разновидности с соответствующей морфологией:

I. Хризотил — волокнистый, игольчатый (1), морфологически идентичный тонковолокнистому трубчатому хризотилу из Трансвааля, и удлиненно-пластинчатый (2), морфологически сопоставимый со щепковидным занозистым хризотилом из Церматта.

II. Антигорит — чешуйчатый (3), совершенно аналогичный классическому пластинчатому антигориту из Антигорио, более вытянутый,

Таблица 4

## Химический состав серпентинов из месторождения Маргос

Компоненты	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 4
	I генерация		II генерация	III генерация
SiO <sub>2</sub>	43,93	42,49	42,08	48,88
TiO <sub>2</sub>	0,24	Не опр.	0,12	0,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,48	1,87	2,19	3,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,64	1,01	2,59	4,80
FeO	0,54	Не опр.	0,54	6,46
MnO	1,29	0,80	0,21	0,30
MgO	37,20	41,50	38,53	25,04
CaO	Не обн.	0,75	Не обн.	1,62
Na <sub>2</sub> O	Следы	Не опр.	Следы	0,07
K <sub>2</sub> O	Не обн.	» »	Не обн.	0,06
H <sub>2</sub> O+	12,34	{ 11,26	13,55	7,99
H <sub>2</sub> O-	0,82		0,44	Не опр.
Сумма	100,48	99,68	100,25	99,02

Аналитик М. А. Шишкова

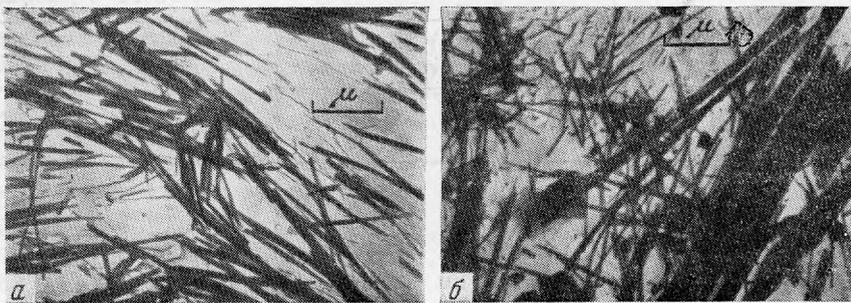


Рис. 3. Форма частиц хризотила  
*а* — игольчато-волокнистая; *б* — удлиненно-пластинчатая. Реплика с извлечением, обр. 2 и 1

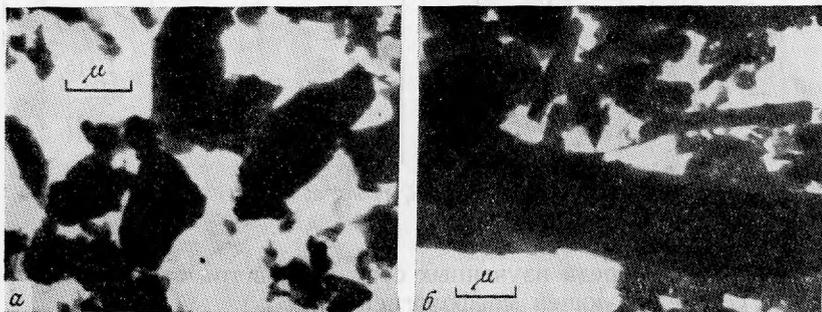


Рис. 4. Форма частиц антигорита  
*а* — пластинчато-чешуйчатая; *б* — удлиненно-пластинчатая. Реплика с частиц, обр. 3

прямоугольно-пластинчатый (4), сходный с волокнистым антигоритом (пикролитом) из Мэрилэнда.

III. Лизардит (5), выделенный без применения микродифракции, естественно, менее точно. Однако свойственные изометричным пластинкам лизардита полигональные очертания (Лашнев, 1966<sub>1</sub>) и, очевидно, вследствие этого часто наблюдаемые закругленные края (Zussman et al., 1957) отчетливо видны на нашем образце (см. рис. 5). Литературные сведения по термическому изучению серпентинов несколько разноречивы.

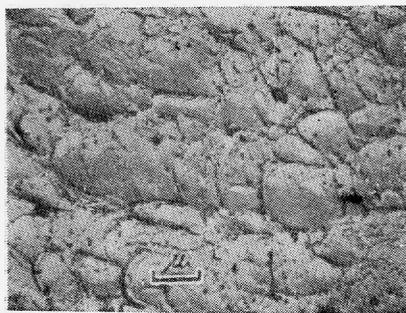


Рис. 5. Округлая, лепешковидная форма частиц серпентина, напоминающая лизардит. Одноступенчатая реплика, обр. 2

По данным ряда исследователей (Midgley, 1951; Nagy, Faust, 1956; Иванова, 1961; Глазунов, 1964), серпентины имеют термограммы двух типов: 1) с двумя термическими эффектами (следующие друг за другом эндоэффект в области 650—760° С и экзоэффект в области 790—830° С, небольшие по площади и достаточно узкие, особенно экзопик) — различные хризотилы и лизардиты; 2) с одним термическим эффектом (четко проявленный эндоэффект при температуре 770—800° С) — антигориты. Нэги и Фауст (Nagy, Faust, 1956) предположили, что природные серпентины, обычно представляющие собой смесь хризотила и антигорита,

должны иметь термограммы промежуточного типа между хризотилом и антигоритом. Однако это положение было проиллюстрировано ими лишь на одном образце серпентина, представлявшего собой смесь из 25% хризотила и 75% антигорита. На термограмме этого образца эндотермический эффект у антигорита в смеси с хризотилом проявляется при более низкой температуре ( $760^{\circ}\text{C}$ ) и, кроме того, появляется дополнительный небольшой экзоэффект, свойственный хризотилу<sup>1</sup>.

По данным Н. А. Корнилова (1961), кривые нагревания и хризотила, и антигорита имеют два термических эффекта. Хризотил в отличие от антигорита, во-первых, имеет меньшую температуру эндотермического ( $660\text{--}750^{\circ}\text{C}$ ) и экзотермического ( $810\text{--}830^{\circ}\text{C}$ ) эффектов, которая у антигорита соответственно составляет  $730\text{--}790$  и  $800\text{--}870^{\circ}\text{C}$ , и, во-вторых, характеризуется большей интенсивностью экзотермического максимума, который у антигорита выражен нерезко.

Кривые нагревания серпентина из месторождения Маргоз заметно различаются (рис. 6). Учитывая все вышесказанное о термических особенностях серпентинов, можно предположить, что серпентины I генерации (обр. 1 и 2) состоят преимущественно из хризотила или лизардита (возможно, что присутствуют одновременно оба минерала). Но наряду с хризотилом в них содержится также небольшая примесь антигорита, о чем свидетельствует несколько растянутый в обоих образцах эндозффект, а также более высокая, чем у хризотила, температура экзоэффекта в обр. 2. Игольчато-волоконистый серпентин II генерации (обр. 3) представлен в основном антигоритом. Кривая нагревания серпентина III генерации (обр. 4) совершенно аналогична кривой нагревания антигорита в смеси с тальком (Иванова, 1961).

В составе анализированных серпентинов (табл. 4) помимо главных компонентов и обычных примесей  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  установлена примесь  $\text{MnO}$ , что отличает наши образцы от большинства анализированных серпентинов (Дир и др., 1965).

Наиболее близки по составу серпентины I и II генераций (обр. 1, 2 и 3). Характерно, что повышенные количества  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , обычно отмечаемые у антигорита и связываемые с его пластинчатой формой (Bates, Mink, 1951), как раз наблюдаются в образцах, где преобладает антигорит (обр. 2 и особенно 3).

Своеобразный химический состав имеет серпентин III генерации (обр. 4). Повышение (против теоретического) количества  $\text{SiO}_2$  и понижение содержания  $\text{H}_2\text{O}^+$  в нем связаны, очевидно, с его оталькованием. Значительные же содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO}$ , установленные химическим анализом, могут наблюдаться как у серпентина, так иногда и у талька (Дир и др., 1965). Однако близость образца к антигориту дает основание

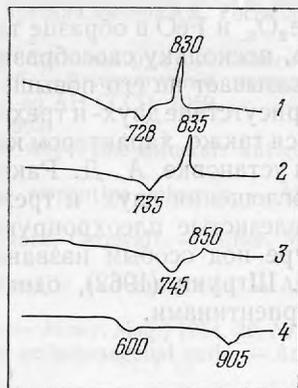


Рис. 6. Термограммы серпентина (1—4 — номера образцов)

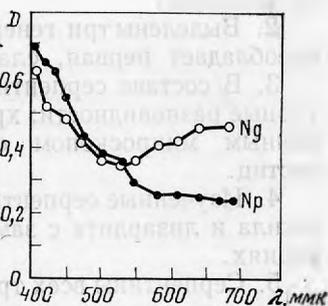


Рис. 7. Кривые спектрального поглощения серпентина III, обр. 4

<sup>1</sup> Поскольку термические кривые хризотила и лизардита сходны, очевидно, точная диагностика того или другого минерала в смеси с антигоритом по термограммам представляется затруднительной.

весь  $Al_2O_3$  рассматривать в составе серпентина (Bates, Mink, 1951). Примеси  $Fe_2O_3$  и  $FeO$  в образце также следует отнести за счет серпентина, а не талька, поскольку своеобразие оптических свойств серпентина III (см. табл. 1) указывает на его повышенную железистость (Винчелл, 1953; Трегер, 1958). Присутствие двух- и трехвалентного железа в составе серпентина подтверждается также характером кривых спектрального поглощения (рис. 7), снятых на установке А. Д. Ракчеева (1969), сопоставимых с эталонными кривыми поглощения двух- и трехвалентного железа (Меланхолин, 1946). Подобные железистые плеохроирующие серпентины (антигориты) описаны в литературе под особым названием «дженкинсит» (Винчелл, 1953; Трегер, 1958). Х. Штрунц (1962), однако, предлагает называть их просто железистыми серпентинами.

## ВЫВОДЫ

1. Серпентины слагают метасоматические серпентиниты, возникающие при замещении вмещающих мраморов и магнезиальных скарнов. При этом процесс серпентинизации на месторождении сопровождался магнетитовым оруденением.

2. Выделены три генерации серпентинов, из которых на месторождении преобладает первая, слагающая соответствующие метасоматиты и руды.

3. В составе серпентинов всех трех генераций установлены три структурные разновидности: хризотил, антигорит и лизардит, которым под электронным микроскопом соответствуют пять морфологически различных частиц.

4. Изученные серпентины представляют собой смеси из антигорита, хризотила и лизардита с заметным преобладанием антигорита в поздних генерациях.

5. Серпентины всех трех генераций содержат закисное и окисное железо, общее количество которого возрастает в поздних генерациях. Наиболее железистым является серпентин III генерации, который в связи с этим характеризуется высокими показателями преломления и плеохроизмом.

6. Интересной геохимической чертой серпентинов является примесь марганца, которая (в отличие от железа) убывает в поздних генерациях.

7. По минералогическим особенностям серпентины скарново-магнетитового месторождения Маргоз в целом очень близки серпентинам из апогипербазитовых серпентинитов (Артемов и др., 1964; Лашнев, 1966<sub>1,2</sub>).

## Литература

- Артемов В. Р., Ковалев Г. А., Кузнецова В. Н. Лизардит в перидотитах, дунитах и серпентинитах. — Записки Всес. мин. об-ва, 1964, ч. 93, вып. 3.
- Винчелл А. Н., Винчелл Г. — Оптическая минералогия. ИЛ, 1953.
- Глазунов О. М. О серпентине из юго-западных отрогов Восточного Саяна. — Изв. Томск. политехн. ин-та, 1964, 127, № 1.
- Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы, т. 3. Изд-во «Мир», 1966.
- Звягин Б. Б., Мищенко К. С., Шитов В. А. Исследования полиморфных разновидностей серпентиноподобных минералов методом дифракции электронов. — В сб. «Физические методы исслед. минералов осадочных пород». Изд-во «Наука», 1966.
- Иванова В. П. Термограммы минералов. — Записки Всес. мин. об-ва, 1961, ч. 90, вып. 1.
- Корнилов Н. А. К минералогии серпентинов. — Записки Всес. мин. об-ва, 1961, ч. 90, вып. 5.
- Лашнев И. М. О составе лизардитовых серпентинитов. — Труды Свердл. горн. ин-та, вып. 48, 1966<sub>1</sub>.
- Лашнев И. М. О разновидностях серпентиновых минералов в серпентинитах. — В сб. «2-е Уральск. петрогр. совещ.» (тезисы докладов), т. 2. Свердловск, 1966<sub>2</sub>.
- Меланхолин Н. М. Кривая поглощения окисного железа в минералах. — Записки Всес. мин. об-ва, 1946, ч. 75, вып. 2.
- Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, 1957.
- Ракчеев А. Д. Новая спектрофотометрическая установка для исследования микрокристаллов. — Докл. АН СССР, 1960, 130, № 4.

- Трегер В. Е. Таблицы оптического определения породообразующих минералов. Госгеолтехиздат, 1958.
- Чернышев Г. Б. Железорудные месторождения богатых магнетитовых руд Восточного Саяна (Краснокаменная группа месторождений). — В сб. «Железорудные месторождения Алтае-Саянской горной области», т. 1, кн. 2. Изд-во АН СССР, 1959.
- Штрунц Х. Минералогические таблицы. Госгортехиздат, 1962.
- Bates T., Mink J. F. The morphology and structure of the serpentine minerals antigorite and chrysolite. — Amer. Miner., 1951, 36, № 3—4.
- Brindley G. W., Zussman J. Infra-red absorption data for serpentine minerals. — Amer. Miner., 1959, 44, № 1—2.
- Midgley H. G. A serpentine mineral from Kennack Cove, Lizard, Cornwall. — Miner. Mag., 1951, 29, № 212.
- Nagy B., Faust G. T. Serpentine: natural mixture of chrysotile and antigorite. — Amer. Miner., 1956, 41, № 11—12.
- Zussman J. Investigation of the crystal structure of antigorite. — Miner. Mag., 1954, 30, № 227.
- Zussman J., Brindley G. W. Serpentine with 6-layer orthohexagonal cells. — Amer. Miner., 1957, 42, № 9—10.
- Zussman J., Brindley G. W., Comer J. J. Electron diffraction studies of serpentine minerals. — Amer. Miner., 1957, 42, № 3—4.
- Whittaker E. J. W., Zussman J. The characterization of serpentine minerals by X-ray diffraction. — Miner. Mag., 1956, 31, № 233.