

УДК 549.731.13:552.321.6/470.5/

МИНЕРАЛОГИЯ

И. С. ЧАЩУХИН, Б. А. ЮНИКОВ

О СОСТАВЕ МАГНЕТИТОВ ИЗ СЕРПЕНТИНИТОВ УРАЛА

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 10 VII 1974)

Известно, что магнетит широко распространен в серпентинитах. Содержание его колеблется в больших пределах, в среднем составляя около 5% при максимальных количествах 15% ⁽¹⁾. Выделение магнетита связано с аллометаморфическими стадиями серпентинизации — антигоритизацией, гамма-хризотиллизацией ^(2, 3).

Нами было предпринято изучение химизма магнетитов из ультрабазитов Урала, претерпевших различные стадии серпентинизации. Всего изучен 21 образец из 12 массивов. Магнетит слагает либо прожилки мощностью от тысячных долей до 1 мм, редко до 1 см, либо клиновидные, приспособленные к очертаниям серпентина зерна размером до 0,1 мм. В подавляющей части образцов магнетит оптически однороден при увеличении микроскопа до 1000X.

В целях получения достоверных данных содержания компонентов, характерных для минералов-примесей, — Mg, Cr, Ni и Al определены рентгеноспектральным анализом на приборе JXA-5 (аналитики Г. А. Сандлер и В. Е. Масленников). Определения проведены способом шагового сканиро-

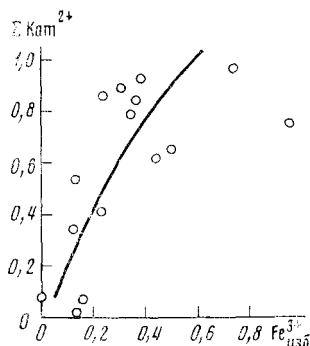


Рис. 1

Рис. 1. Соотношение суммы двухвалентных катионов Mg, Ni и Mn и количества избыточных катионов трехвалентного железа в магнетитах

Рис. 2. Распределение суммарного железа в пересчете на FeO (1), MgO (2), Cr₂O₃ (3) и NiO (4) вкост жилки магнетита. Обр. Д-353

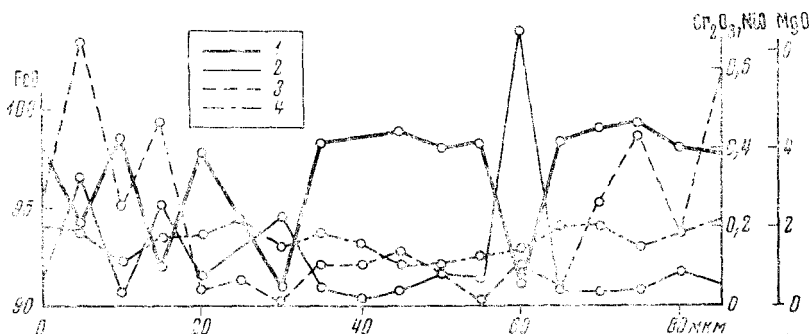


Рис. 2

Таблица 1

Химический состав и параметры элементарной ячейки магнетитов из уральских серпентинитов

	Обр. С-403		Обр. Д-353		Обр. 2301		Обр. 328		Обр. 5627		Обр. 1396	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Аналитические данные (вес.%)												
SiO ₂	10,25	—	12,26	—	5,88	—	2,63	—	3,96	—	3,65	—
TiO ₂	0,23	0,31	0,16	0,23	0,12	0,15	0,09	0,10	0,15	0,17	0,35	0,35
Al ₂ O ₃	—	0,005	1,15	0,18	1,76	0,005	0,08	0,005	0,69	0,005	2,01	0,005
Cr ₂ O ₃	—	4,57	2,17	0,17	1,82	0,001	Не обн.	Не обн.	1,37	0,52	2,92	0,001
Fe ₂ O ₃	55,38	72,14	49,50	73,29	58,30	71,29	65,28	69,54	60,63	69,38	55,29	68,53
FeO	15,96	21,20	16,52	23,62	21,55	25,51	28,37	30,14	25,14	28,30	24,78	30,71
MgO	11,49	1,52	11,86	1,73	7,78	2,18	2,54	0,001	4,86	0,92	4,41	0,001
CaO	—	—	0,03	—	0,06	—	Не обн.	Не обн.	0,04	—	—	—
MnO	—	—	0,39	0,59	0,28	0,35	0,12	0,12	0,22	0,25	0,22	0,22
NiO	0,26	0,26	0,25	0,14	0,38	0,47	0,025	0,025	0,28	0,32	0,09	0,09
CoO	—	—	0,038	0,05	0,038	0,047	0,06	0,07	0,038	0,04	0,055	0,06
П. и. п.	5,71	—	4,87	—	2,53	—	1,12	—	1,71	—	0,036	0,04
Сумма	93,97	100,00	99,20	100,00	99,80	100,00	100,38	100,00	99,14	100,60	93,72	100,00

Пересчет на минералы (мол.%)

2FeO·TiO ₂	0,82	0,65	0,45	0,22	0,45	1,15
FeO·Al ₂ O ₃	—	0,43	—	—	—	—
MgO·Cr ₂ O ₃	6,17	0,22	—	—	0,68	—
MgO·Fe ₂ O ₃	1,65	9,03	12,28	—	4,31	—
MnO·Fe ₂ O ₃	—	1,72	1,12	0,22	0,91	0,69
NiO·Fe ₂ O ₃	0,82	0,43	1,34	—	0,91	0,23
FeO·Fe ₂ O ₃	59,06	68,82	78,35	93,94	88,65	96,08
γ-Fe ₂ O ₃	31,48	18,71	6,47	5,62	4,09	1,84

Количество катионов в пересчете на 32 (O)

Ti ⁴⁺	0,07	0,05	0,04	0,02	0,04	0,09
Al	—	0,07	—	—	—	—
Cr ³⁺	1,06	0,04	—	—	0,11	—
Fe ³⁺	15,82	16,57	16,19	16,12	13,93	15,33
Fe ²⁺	5,16	5,92	6,45	7,76	7,24	7,91
Mg	0,67	0,78	1,00	—	0,40	—
Mn	—	0,14	0,09	0,02	0,07	0,06
Ni	0,07	0,04	0,11	—	0,07	0,02
Сумма	22,85	23,61	23,88	23,92	23,91	23,41
Fe ³⁺ _{изб}	0,95	0,87	0,38	0,14	0,13	0

Параметры элементарной ячейки (Å)

a _{измер}	8,389	8,390	8,392	8,397	8,395	8,399
a _{расч}	8,389	8,392	8,393	8,375	8,395	8,397

Примечание. Анализы выполнены в химико-спектральной лаборатории, аналитики — Т. И. Филинкова, Г. И. Торчикова и Н. П. Нагаева. 1 — химические анализы магнитных фракций, 2 — анализы магнетитов с учетом рентгеноспектральных данных и после вычета минералов-примесей. Обр. С-403 — магнетит из аподунитового γ-хризотил-лизардитового серпентинита, Сарановский массив, Средний Урал; обр. Д-353 — магнетит из апогардбургитового γ-хризотиллизардитового серпентинита, Джетыгаринский массив, Южный Урал; обр. 2301 — магнетит из апогардбургитового γ-хризотилового серпентинита, Баженовский массив, Средний Урал, скв. № 1, пл. 402 м; обр. 328 — магнетит из отороченной жилы хризотил-асбеста. Баженовский массив, Средний Урал, Центральный рудник, карьер II; обр. 5627 — магнетит из апогардбургитового антигоритового серпентинита, Полевской массив, Средний Урал, скв. № 2084, пл. 65 м; обр. 1396 — магнетит из аподунитового брусит-антигоритового серпентинита, Нижне-Татильский массив, Средний Урал, 1200 м к западу от г. Большая Шурниха.

вания через 5 мкм вкрест жилок магнетита с тем, чтобы учесть неравномерность распределения компонентов. В каждом образце сделано 20—30 определений. Для всех образцов измерены параметры элементарной ячейки магнетитов с погрешностью ±(0,001—0,002) Å.

Химические анализы показали практически постоянное присутствие в составе магнетитов Mg, Cr, Ni, Mn, Co, Ti и избыточного количества Fe³⁺ (табл. 1). Глинозем обнаружен только в одном образце в количестве 0,18%.

Т а б л и ц а 2

Колебания содержаний элементов-примесей в магнетитах (вес. %) *

	Обр. С-403	Обр. Д-353	Обр. 2332	Обр. 3885	Обр. У-36
MgO	<u>0,64—3,53</u> 1,52	<u>0,66—6,20</u> 1,73	<u>0,66—1,85</u> 0,95	<u>0,19—2,23</u> 1,22	<u>0,67—2,37</u> 1,07
Cr ₂ O ₃	<u>0,65—9,97</u> 4,57	<u>0,001—0,65</u> 0,17	<u>0,007—1,23</u> 0,76	—	<u>0,001—2,80</u> 1,00
NiO	<u>0,19—0,31</u> 0,26	<u>0,004—0,21</u> 0,14	—	—	<u>0,20—0,29</u> 0,23

* Под чертой — средние значения.

Сопоставление измеренного и рассчитанного по химическому составу параметров элементарной ячейки магнетитов показало их близость (табл. 1), — разни́ца между ними не выходит за пределы погрешностей определений. Таким образом, по составу магнетиты из изученных образцов представлены серией твердых растворов FeFe_2O_4 с рядом шпинелидов, главные из которых — маггемит, магнезиоферрит и магнезиохромит.

На существование в природе твердых растворов Fe_3O_4 — $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ указывал Е. Баста (*). По его мнению, конечные члены этой серии развиты крайне редко, а рудные минералы, называемые «магнетитом», обычно содержат маггемитовый компонент.

Вхождение избыточных количеств катионов трехвалентного железа в структуру магнетита сопровождается увеличением содержаний двухвалентных катионов — магния, никеля и марганца (см. рис. 1). Причиной такой закономерности может быть дефектность структуры твердых растворов с участием маггемита, способствующая вхождению двухвалентных катионов в кристаллическую решетку магнетита.

Данные рентгеноспектрального сканирования показали неравномерность распределения элементов-примесей в магнетите (табл. 2, рис. 2). В то же время, улавливается закономерность распределения: к краевым частям жилков повышается содержание магния, хрома и никеля и уменьшается количество железа. В том же направлении, по-видимому, увеличивается содержание маггемита.

На дифрактограмме наиболее сложного по составу образца С-403 наблюдается уширение пиков, причиной которого являются упругие микронапряжения, достигающие 1,5 кбар. Напряженное состояние образца вызвано, по-видимому, неустойчивостью твердых растворов с участием маггемита к действию внешних факторов, прежде всего температуры и давления. Эта нестабильность в ряде случаев заканчивается распадом твердого раствора.

Распад твердого раствора в обр. С-403 был получен нами экспериментально при нагревании до температуры 550°, в ходе которого выпала фаза гематита в количестве около трети объема магнетита. Контрольный обр. 1396, не содержащий маггемитового компонента, после нагревания остался оптически однородным, что исключает окисление магнетита при нагревании.

Институт геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого
Уральского научного центра
Академии наук СССР
Свердловск

Поступило
8 VII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. С. Варлаков, Сов. геол., № 2 (1973). ² Д. С. Штейнберг, И. А. Малахов, ДАН, т. 156, № 2 (1964). ³ Д. С. Штейнберг, И. С. Чашукин, М. В. Лагутина, В кн.: Проблемы петрологии гипербазитов складчатых областей, Новосибирск, 1973. ⁴ E. Z. Basta, Econ. Geol., v. 54, № 4 (1959).