

УДК 550.4

ГЕОХИМИЯ

С. Б. Абовян, Л. Ф. Борисенко

Новые данные о вторичном магнетите из ультрабазитов
 Армянской ССР

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Магакьяном 22/1 1971)

Специфические условия образования минералов оказывают существенное влияние на концентрацию в них элементов-примесей, что, например, характерно для магнетита и титаномагнетита эндогенных месторождений различных генетических типов (1-3). Еще отчетливее эту зависимость состава минералов от их генезиса можно увидеть на примере вторичного магнетита из серпентинизированных ультрабазитов.

Нами были изучены некоторые особенности распределения элементов-примесей во вторичном магнетите и характер его распространения в ультрабазитах Шоржинского, Жил-Сатанахачского, Каранман-Зодского и других массивов Армянской ССР. Среди ультраосновных пород указанных массивов наибольшее распространение имеют перидотиты (гарцбургиты и лерцолиты); ими занято около 90% всей площади ультрабазитов. Менее распространены дуниты (7%) и пироксениты (5%). Как правило, перидотиты и дуниты сильно серпентинизированы. Количество серпентина в них составляет не менее 40—50%. Часто встречаются участки сложенные почти одним серпентином: лизардитом, хризотилом, антигоритом, реже серпофитом.

Изученные ультрабазиты почти всегда содержат вторичный магнетит, количество которого зависит от степени серпентинизации этих пород (4). В частично серпентинизированных ультраосновных породах вторичного магнетита примерно в три раза меньше, чем в серпентинитах (табл. 1). Кроме того, на общее количество вторичного магнетита в породе влияет ее минеральный состав. Наибольшее среднее содержание вторичного магнетита характерно для серпентинитов, развивавшихся по дуниту (24300 г/т). В аногарцбургитовых и лерцолитовых серпентинитах его содержания меньше и составляет 18400 и 15000 г/т соответственно.

Вторичный магнетит встречается в виде отдельных пылевидных выделений, или их скоплений неправильной формы, или тонких проводни-

ков, окружающих неполностью замещенные серпентином зерна оливина. Реже он располагается по спайности в пироксенах. Полученная рентгенограмма порошка (аналитик Р. Н. Александрова) показывает, что единственной фазой рудного минерала, выделенного из протолок серпентинитов или серпентинизированных дунитов и перидотитов, является магнетит.

Таблица 1

Количество вторичного магнетита в ультрабазитах, (г/т)

Породы	Число проб	Количество магнетита	% серпентинизации породы
Дунит серпентинизированный	4	8000	40—60
Аподунитовый серпентинит	5	24300	100
Гарцбургит серпентинизированный	6	6200	40—60
Апогарцбургитовый серпентинит	4	18400	100
Лерцолит серпентинизированный	4	5190	40—60
Аполерцолитовый серпентинит	2	15000	100

Согласно результатам количественных спектральных и химических анализов вторичный магнетит характеризуется относительно невысокими содержаниями Ti, V, Mn, Cu, Ga, Sc (табл. 2), значительно меньшими по сравнению с концентрациями этих же элементов в акцессорном титаномагнетите (первичном) из габбро тех же массивов. Наоборот, в распределении Cr, Ni, Co наблюдается обратная картина: их содержания во вторичном магнетите, в особенности из аподунитовых серпентинитов, значительно выше, чем в титаномагнетите из габбро. Характерно, что концентрации некоторых элементов-примесей во вторичном магнетите из серпентинизированных перидотитов и алоперидотитовых серпентинитов имеют промежуточные значения между их содержаниями во вторичном магнетите из дунитов и в титаномагнетите из габбро. Наиболее отчетливо это проявлено у Ti, V, Mn и менее четко у Cr и Co.

Как известно, при серпентинизации для большинства ультрабазитовых массивов характерны изохимические процессы, при которых концентрации главных породобразующих и второстепенных компонентов остаются без существенных изменений (5-6). При этом вторичный магнетит образуется за счет железа, содержащегося в оливине и пироксенах. Как показали наши исследования, редкие и малые элементы накапливаются в магнетите, главным образом, также за счет этих силикатов. Действительно, если провести сравнение концентрации элементов-примесей в оливине, пироксенах и вторичном магнетите из дунитов и перидотитов (табл. 2, 3), то довольно ясно видна зависимость содержаний Sc, Ti, V, Cr, Ni, Co, Mn, Ga в последнем минерале от петрографического состава пород, подвергшихся серпентинизации. Концентрации второстепенных элементов в магнетите серпентинизированных дунитов и перидотитов близки к их содержаниям в оливине и пироксенах этих же пород. Исключение составляет лишь Cr и Zn. Содержание Cr в оливине примерно равно 0,04—0,05%, цинка 0,004%, а в пироксенах обнаружено 0,4—

0,5% Cr и 0,003% Zn, тогда как во вторичном магнетите установлено 0,71—0,85% Cr и 0,05—0,06% Zn. Вероятно, в процессе серпентинизации часть хрома пошла в состав вторичного магнетита за счет замещения акцессорных хромшпиннеллов. Возможность такого замещения была показана на примере ультрабазитов Урала (9). Цинк же скорее всего частично был принесен вместе с серпентинизирующими растворами.

Более высокие концентрации Ti, V, Mn, Ga во вторичном магнетите из перидотитов по сравнению с магнетитом из дунитов обусловлены повышенными их концентрациями в подвергшихся замещению пироксенах. Так как ромбический пироксен в исследованных породах более распространен, чем моноклинный, то и средние содержания элементов-примесей во вторичном магнетите перидотитов ближе к их концентрациям в ортопироксенах. Так, ромбический пироксен перидотитов содержит в среднем 0,053% Ti, 0,015% V, 0,017% Mn, а среднее содержание этих же элементов во вторичном магнетите, выделенном из этих пород, соответственно составляет 0,047%; 0,013% и 0,22%. С другой стороны вторичный магнетит из апоперидотитовых серпентинитов содержит меньше Co, чем вторичный магнетит из аподунитовых серпентинитов. Это, в свою очередь, объясняется тем, что в пироксенах концентрации Co меньше, чем в оливинах (табл. 3). Таким образом, в процессе серпентинизации ультрабазитов главная масса редких и малых элементов, содержащихся во вторичном магнетите, унаследовалась из подвергшихся замещению железомagneзиальных силикатов и отчасти хромшпиннеллов.

Если теперь рассмотреть магнетит с учетом специфических особенностей его основного состава и структуры, то в первую очередь необходимо отметить, что этот минерал относится к типу инвертированных шпиннеллей и имеет структурную формулу



Большая часть рассмотренных редких и малых элементов имеет размеры ионов и заряды (10), позволяющие им в значительных количествах замещать Fe^{2+} или Fe^{3+} . Полученные искусственные соединения типа FeV_2O_4 , GaFeGaO_4 , GaZnGaO_4 и другие (11, 12), а также природные минералы с высокими концентрациями Zn (франклинит), Mn (якобит), Ni (треворит), Mg (магнезиоферрит), V (кульсонит), подтверждают реальность замещений такого рода. Кроме того повышенные содержания титана, ванадия, магния, хрома были установлены в титаномагнетите из ультрабазитов и базитов многих массивов Урала (2, 7 и др.).

Однако, несмотря на широкие возможности для изоморфных замещений, концентрации элементов-примесей во вторичном магнетите из ультрабазитов Армянской ССР, как правило, не поднимаются выше их содержания в силикатах. Аналогичные данные были получены нами для вторичного магнетита из серпентинитов Баженовского массива (Урал), в котором оказалось 0,011—0,012% V, 0,13—0,16% Mn, 0,075% Cr, 0,16% Ni, 0,0003% Sc и 1,2—1,4% Mg. Приведенные примеры показывают, что

Таблица 2

Содержание элементов примесей в магнетите и титаномагнетите (вес. %)о)

Минерал и порода	Число проб	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
Вторичный магнетит из серпентинизированного дунита и аподунитового серпентинита	5	0,0003	0,019	0,008	0,85	0,08	0,048	0,19	0,006	0,049	Не обнаружено
Вторичный магнетит из серпентинизированного перидотита и апоперидотитового серпентинита	3	0,0007	0,047	0,013	0,71	0,22	0,012	—	0,006	0,058	Не обнаружено
Титаномагнетит (первичный) из габбро	6	0,0015	4,20	0,15	0,10	0,37	0,011	0,12	0,022	0,038	0,0026

Таблица 3

Содержание элементов-примесей в оливине и пироксенах (вес. %)о)

Минерал, порода	Число проб	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
Оливин из дунитов	4	Не обнаружено	0,012	—	0,049	0,13	0,035	0,30	0,006	0,0042	Не обнаружено
Оливин из перидотитов	1	Не обнаружено	—	—	0,042	0,10	0,042	0,56	0,0013	—	Не обнаружено
Ромбический пироксен из перидотитов	8	0,0006	0,053	0,013	0,43	0,17	0,016	0,12	0,0038	0,0029	Не обнаружено
Моноклинный пироксен из перидотитов	3	0,017*	0,29	0,039	0,70	0,08	0,005	0,058	0,0053	—	0,0001

* Среднее из 20 проб

характерные особенности состава и структуры магнетита не всегда широко используются в природных образованиях для различного рода изоморфных замещений. Другими словами, основной химический состав минерала и его структура являются хотя и важными, но далеко не единственными факторами, определяющими степень концентрации второстепенных элементов в минерале. Пример вторичного магнетита из серпентинизированных ультрабазитов показывает, что условия его образования относятся к одним из определяющих факторов, оказывающих существенное влияние на состав минерала. Вероятнее всего исследованный магнетит образовался без значительного дополнительного привноса большей части элементов-примесей (Ti, V, Cr, Ni, Co, Mn, Cu, Sc), а относительно низкие концентрации в нем большинства этих элементов целиком (или почти целиком) определялись особенностями первичного состава подвергшихся серпентинизации ультрабазитов.

Институт геологических наук АН Армянской ССР
Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии
редких элементов МГ и АН СССР

Ս. Բ. ԱՐՈՎՅԱՆ, Լ. Յ. ԲՈՐԻՍՆԿՈ

Նոր տվյալներ հալկական ՍՍՀ ուլտրաբազիտների
երկրորդական մագնետիտի մասին

Ուսումնասիրված են երկրորդական մագնետիտի մեջ էլեմենտ խառնուրդների տեղաբաշխման որոշ առանձնահատկությունները և նրա տարածման բնույթը Հալկական ՍՍՀ Շորժայի, Զիլ-Սատանախաչի, Կարախիման-Գոգի և այլ զանգվածների ուլտրաբազիտներում: Երկրորդական մագնետիտի քանակը կախված է ուլտրաբազիտների սերպենտինացման աստիճանից և սկզբնական միներալոգիական կազմից:

Ուսումնասիրված երկրորդական մագնետիտը բնութագրվում է Ti-ի, V-ի, Mn-ի, Cu-ի, Ga-ի, Sc-ի համեմատաբար ցածր և Cr-ի, Ni-ի, Co-ի ավելի բարձր պարունակությամբ՝ համեմատած նույն զանգվածների զարբերների մագնետիտում (սկզբնական) այդ նույն էլեմենտների կոնցենտրացիայի հետ: Վերահիշյալ էլեմենտների մեծ մասն ունի իոնների և լիցքերի շափեր, որը հնարավորություն է տալիս զգալի քանակով տեղակայել Fe^{2+} և Fe^{3+} մագնետիտում: Երկրորդական էլեմենտների կոնցենտրացման աստիճանը որոշվում է զիսավորապես միներալների ստրուկտուրայով և կազմով, որոնց քայքայման հաշվին առաջացել է երկրորդական մագնետիտը:

Պարզվում է, որ ուսումնասիրվող մագնետիտը գոյացել է առանց էլեմենտ-խառնուրդների (Ti, V, Cr, Ni, Co, Mn, Cu, Sc) մեծ մասի լրացուցիչ ներբերման, իսկ այդ էլեմենտների գերակշռող մասի հարաբերական ցածր պարունակությունը պայմանավորված է սերպենտինացված ուլտրաբազիտների սկզբնական կազմի առանձնահատկություններով:

ЛИТЕРАТУРА — ЧИТАТЕЛЬСТВО

- 1 И. А. Киселева, А. А. Митусев, Геология рудн. месторожд., т. 9, № 6, 1967. 2 Л. Ф. Борисенко, С. И. Лебедева, Г. Н. Сердобова, Геология рудн. месторожд., т. 10, № 4, 1968. 3 М. Т. Бояджиан, Г. М. Мкотчян, Геология рудн. месторожд., т. 11, № 2, 1969. 4 С. Б. Абовян, «Изв. АН Арм. ССР», Науки о Земле, т. 22, № 3, (1969). 5 Н. В. Бутырин, Дуниты Урала как сырье для огнеупорной промышленности, Тр. 2-го совещания по огнеупорным материалам, Изд. АН СССР, 1941. 6 Д. С. Штейнберг, Новые данные о серпентинизации дунитов и перidotитов Урала, Межд. геол. конгресс, XXI сессия, Проблема 13. Докл. Сов. геологов, Изд. АН СССР, 1960. 7 Л. Ф. Борисенко, Редкие и малые элементы в гипербазитах Урала, «Наука», 1966. 8 Д. С. Штейнберг, И. А. Малахов, Л. Д. Булкин, И. С. Чашухин, Итоги изучения серпентинизации ультрабазитов Урала, Тр. II-го Уральск. Петрогр. Совещ., т. II, 1969. 9 Л. Д. Булкин, Некоторые новые данные о поведении окислов железа при серпентинизации, Тр. II-го Уральск. Петрогр. Совещ., т. II, 1969. 10 J. Green, Bull. Geol. Soc. Amer., v. 70, 9, 1959. 11 M. Lensen, Ann. Chim., v 4, 1960. 12 А. Н. Винчелл, Г. Винчелл, Оптические свойства искусственных минералов, Изд. «Мир», 1967.