

## Магнетити от базичните диференциати на Горскополянския, Чернозем-Разделския и Омано-Факийския плутон

Евгения Тарасова

Научноизследователски институт по полезни изкопаеми, 1505 София

*E. Tarasova — Magnetites from the basic derivatives of Gorska Poljana, Chernozem-Razdel and Oman-Fakija plutons. The basic derivatives of the studied plutons show higher content of magnetite (from 1 to 10%). The main type is late magmatic magnetite while early magmatic varieties are subordinate. The magnetites of the three plutons exhibit close fields of compositions, microhardness, unit-cell and identical mineral composition of the inclusions — products of dissolution (ilmenite and pleonaste). The close properties of the magnetites may be used as an argument in favour of the idea about the common origin of the plutons.*

Горскополянският, Чернозем-Разделският и Омано-Факийският плутон са дълбочинни членове на една вулкано-интрузивна зона (Василев, 1982). Идеята за единния произход на плутоните може да бъде проследена при сравнителното изучаване на свойствата на някои скалообразуващи и аксесорни минерали. Подходящ за такива изследвания е магматичният магнетит, чийто състав и фазова нееднородност са чувствителни индикатори на условията на кристализация на магмата. В нашия случай сме се спрели на магнетита от базичните диференциати на плутоните — обикновени и амфиболови габра и габронорити, където се наблюдават повишени съдържания на магнетит — в Горскополянския плутон от 2 до 7%, в Омано-Факийския от 1 до 8% и в Чернозем-Разделския от 2 до 10%. Досега специално внимание на този магнетит не е обръщано, независимо че и трите плутона са изучени петроложки (Борисов, 1954; Каменов, 1982; Колчева, 1970). При нашите изследвания магнетитът е изучаван с комплекс от традиционни и съвременни методи — минераграфско и петрографско изучаване, рентгенов микроанализ, рентгенофазов и рентгеноструктурен анализ, мьосбауерова спектроскопия и определяне на микротвърдостта.

### Генетични типове магнетит и фазова нееднородност

В базичните диференциати на плутоните магнетитът е представен от единични индивиди, рядко в сраствания, неравномерно впръснати в скалите. Размерите на магнетита зависят от структурата на скалата — за Горскополянския плутон са от 0,05 до 0,6 mm, за Омано-Факийския са от 0,05 до 1 mm и за Чернозем-Разделския са от 0,5 до 3 mm. В естествен шлик от габрата на Чернозем-Разделския плутон се срещат индивиди с размер до 2 cm.

Според времето на образуване по отношение на главните скалообразуващи минерали магнетитът може да се разглежда като рано- или късномагматичен. В количе-

Таблица 1

Минераложка характеристика, микропримесен състав и свойства на магнетита

| Особености на магнетита                                    | Горскополянски плутон                       | Чернозем-Разделски плутон           | Омано-Факийски плутон               |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Вместваща скала   | обикновени и амфиболови габра и габронорити | амфиболови габра и габронорити      | обикновени и амфиболови габра       |
| 2. Съдържание на магнетита                                 | от 2 до 7%                                  | от 2 до 10%                         | от 1 до 8%                          |
| 3. Размери на магнетита                                    | от 0,05 до 0,6 mm                           | от 0,5 до 3 mm                      | от 0,05 до 1 mm                     |
| 4. Генетичен тип магнетит                                  | ранномагматичен < късномагматичен           | ранномагматичен < < късномагматичен | ранномагматичен < < късномагматичен |
| 5. Количество на магнетита, съдържащ продукти от разпадане | 80%   | 70%                                 | 50%                                 |
| 6. Количество на включенията в магнетита                   | до 30%                                      | до 40%                              | до 20%                              |
| 7. Размер на илменитовите включения                        | от 0,01 до 0,2 mm                           | от 0,1 до 0,4 mm                    | от 0,01 до 0,2 mm                   |
| 8. Размер на плеонастовите включения                       | < 0,01 mm                                   | 0,01 mm                             | < 0,01 mm                           |
| 9. Елементи-примеси в магнетита (wt. %)                    |   |                                     |                                     |
| V  | до 0,87                                     | от 0,33 до 1,34                     | от 0,35 до 0,74                     |
| Ti   | от 0,17 до 4,33                             | от 0,14 до 1,13                     | до 1,06                             |
| Al   | до 2,04                                     | до 2,28                             | до 0,45                             |
| Mn   | до 0,59                                     | до 0,45                             | до 0,59                             |
| Si   | —   | —                                   | до 0,29                             |
| 10. Параметър на елементарната клетка, $a, \text{Å}$       | 8,394—8,398<br>$\pm 0,004$                  | 8,394—8,401<br>$\pm 0,005$          | 8,396—8,400<br>$\pm 0,005$          |
| 11. Микротвърдост, Н, $\text{kp/mm}^2$                     | 505—645                                     | 464—627                             | 473—595                             |

ствено отношение късномагматичният генетичен тип съществено преобладава над ранномагматичния.

В минимални количества се среща постмагматичен магнетит, чието отлагане е свързано с процеси на уралитизация, най-интензивно проявени в Чернозем-Разделския плутон, и с по-слаборазвити епидотизация и хлоритизация.

Ранномагматичният магнетит е включен в плагиоклаза и пироксена под формата на автоморфни до хипидиоморфни индивиди. Среща се в габрата на Горскополянския и Омано-Факийския плутон. Към този генетичен тип спада магнетитът, отделящ се при превръщането на ромбичния пироксен в моноклинен. Той е представен от фини иглести или мрежести индивиди, маркиращи цепителността на клинопироксена — среща се в Горскополянския и Чернозем-Разделския плутон. В базичните диференциати на същите плутони се среща магнетит, образуван при заместването на оливина от ортопироксена. В този случай се образуват мирмекитоподобни сраствания на магнетита с пироксена.

Късномагматичният магнетит се образува след главната кристализация на оливина, орто- и клинопироксена в Горскополянския и Чернозем-Разделския плутон и на клинопироксена в Омано-Факийския плутон. По морфология на образуваните индивиди магнетитът от Чернозем-Разделския плутон е предимно ксеноморфен, а в другите два плутона — предимно хипидиоморфен.

Голяма част от магнетитовите индивиди съдържа включения от илменит и плеонаст, представляващи продукти от разпадане на твърд разтвор. В магнетита от Горскополянския и Чернозем-Разделския плутон илменитът е представен от пластини, неиздържани ламели и безформени индивиди. В Чернозем-Разделския плутон се срещат и самостоятелни индивиди от илменит. В магнетита от Омано-Факийския плутон се срещат освен с изброените форми лещовидни, червеевидни и игловидни илменитови включения. Илменитът рядко е хомогенен, най-често съдържа включения от хематит. Плео-

настът се среща под формата на закономерно ориентирани силно удължени лещички или фина мрежа, а също и в стъпаловидни прерези по контакта илменит — магнетит.

Епизодично в магнетита се срещат включения от по-рано образувани сулфидни минерали, представени от изометрични индивиди от халкопирит, пиротин, пирит и милерит или от сравнения между тях.

В резултат от постмагматични хидротермални процеси по краищата на част от магнетитовите индивиди се развива спекуларит. В други случаи магнетитът се замества от титанитови корички, които изборително се връзват в илменитовите включения. Установени са случаи на заместване на илменита с рutil.

## Елементен състав на магнетита

В магнетитите от изучаваните плутони са установени елементи-примеси като: титан, ванадий, алуминий, манган, магнезий и силиций (табл. 2), които според редица автори (Кудиков а и др., 1986; Петрова и Татарский, 1975; Чернышева и др., 1981) са характерни микропримеси за високотемпературните магнетити. Главни елементи-примеси са титанът и ванадият, които имат равномерно разпределение в магнетитовите индивиди. Съдържанията на  $V_2O_3$  в магнетитите и от трите плутона са доста постоянни, докато тези на  $TiO_2$  в магнетитите от различните плутони се колебаят съществено и се отразяват на размера на полетата на съставите. От фиг. 1 се вижда, че с най-малка площ на полето на съставите е магнетитът от Омано-Факийския плутон, а

Таблица 2

Резултати от изследването на елементния състав на магнетита с рентгенов микроанализатор (в тегл. %)

| № анализ                  | № образец | $Fe_2O_3$ | $FeO$ | $V_2O_3$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $MnO$ | $MgO$ | сума   |
|---------------------------|-----------|-----------|-------|----------|---------|-----------|---------|-------|-------|--------|
| Горскополянски плутон     |           |           |       |          |         |           |         |       |       |        |
| 1                         | 1         | 52,9      | 37,0  | —        | 5,82    | 3,86      | —       | —     | —     | 99,58  |
| 2                         | 1         | 52,1      | 36,7  | —        | 5,38    | 3,31      | —       | —     | —     | 99,49  |
| 3                         | 1         | 58,8      | 35,0  | 1,11     | 3,12    | 3,52      | —       | —     | —     | 101,55 |
| 4                         | 1         | 61,2      | 32,9  | 1,28     | 1,59    | 2,75      | —       | —     | —     | 99,72  |
| 5                         | 2         | 66,7      | 30,5  | 1,00     | 0,37    | —         | —       | 0,67  | —     | 99,24  |
| 6                         | 2         | 66,7      | 30,2  | 1,01     | 0,27    | —         | —       | 0,76  | —     | 98,94  |
| 7                         | 3         | 65,2      | 32,2  | 0,96     | 2,08    | —         | —       | 0,56  | —     | 101,00 |
| 8                         | 3         | 52,8      | 36,6  | 0,94     | 7,21    | —         | —       | 0,59  | —     | 98,14  |
| 9                         | 3         | 62,4      | 30,9  | 1,02     | 2,00    | 2,77      | —       | 0,30  | 1,62  | 101,01 |
| 10                        | 3         | 61,2      | 31,1  | 1,04     | 2,42    | 3,77      | —       | 0,39  | 1,99  | 101,91 |
| 11                        | 3         | 61,9      | 31,5  | 0,98     | 2,29    | 3,09      | —       | 0,31  | 1,58  | 101,65 |
| Чернозем-Разделски плутон |           |           |       |          |         |           |         |       |       |        |
| 12                        | 4         | 65,9      | 33,2  | 1,81     | 1,51    | —         | —       | —     | —     | 102,42 |
| 13                        | 4         | 67,1      | 31,3  | 1,25     | 0,28    | —         | —       | —     | —     | 99,93  |
| 14                        | 4         | 64,5      | 32,5  | 1,77     | 1,48    | —         | —       | —     | —     | 100,25 |
| 15                        | 4         | 58,4      | 35,2  | 1,88     | 2,75    | 4,49      | —       | —     | —     | 102,72 |
| 16                        | 4         | 59,7      | 34,9  | 1,96     | 2,49    | 3,83      | —       | —     | —     | 102,88 |
| 17                        | 5         | 63,9      | 31,2  | 1,59     | 0,11    | 2,20      | —       | —     | —     | 99,00  |
| 18                        | 5         | 62,0      | 31,3  | 1,47     | 0,69    | 1,97      | —       | —     | —     | 97,40  |
| 19                        | 5         | 61,8      | 33,2  | 1,85     | 1,89    | 1,60      | —       | —     | —     | 100,34 |
| 20                        | 5         | 65,5      | 30,7  | 1,71     | 0,23    | —         | —       | —     | —     | 98,14  |
| 21                        | 5         | 64,8      | 30,8  | 1,56     | 0,52    | —         | —       | —     | —     | 97,68  |
| 22                        | 6         | 67,1      | 30,8  | 0,48     | 0,50    | —         | —       | 0,58  | —     | 99,46  |
| 23                        | 6         | 65,3      | 30,8  | 1,14     | 0,70    | —         | —       | 0,45  | —     | 98,39  |

Омано-Факийски плутон

|    |   |      |      |      |      |      |      |      |   |        |
|----|---|------|------|------|------|------|------|------|---|--------|
| 24 | 7 | 68,3 | 31,2 | 0,93 | —    | —    | —    | —    | — | 100,45 |
| 25 | 7 | 68,9 | 31,5 | 1,09 | —    | —    | —    | —    | — | 101,49 |
| 26 | 7 | 65,9 | 32,6 | 0,98 | —    | 0,85 | 0,61 | —    | — | 100,94 |
| 27 | 7 | 66,4 | 32,1 | 0,98 | —    | 0,69 | 0,55 | —    | — | 100,72 |
| 28 | 7 | 67,0 | 31,8 | 0,89 | —    | 0,82 | 0,46 | —    | — | 100,97 |
| 29 | 7 | 67,8 | 31,0 | 0,98 | —    | —    | —    | —    | — | 99,78  |
| 30 | 7 | 67,4 | 30,8 | 0,96 | —    | —    | —    | —    | — | 99,16  |
| 31 | 7 | 67,0 | 30,6 | 0,97 | —    | —    | —    | —    | — | 98,57  |
| 32 | 8 | 67,5 | 30,7 | 0,50 | 0,28 | —    | —    | 0,39 | — | 99,37  |
| 33 | 8 | 67,8 | 30,7 | 0,55 | 0,17 | —    | —    | 0,34 | — | 99,56  |
| 34 | 9 | 64,5 | 31,7 | 0,59 | 1,76 | —    | —    | 0,35 | — | 98,90  |
| 35 | 9 | 68,9 | 30,5 | 0,55 | 0,08 | —    | —    | 0,25 | — | 100,28 |

Кристалохимични формули

- 1)  $(\text{Fe}_{1,50}^{3+} \text{Fe}_{1,17}^{2+} \text{Ti}_{0,16} \text{Al}_{0,17})_3 \text{O}_4$
- 2)  $(\text{Fe}_{1,54}^{3+} \text{Fe}_{1,16}^{2+} \text{Ti}_{0,16} \text{Al}_{0,15})_3 \text{O}_4$
- 3)  $(\text{Fe}_{1,64}^{3+} \text{Fe}_{1,09}^{2+} \text{Ti}_{0,09} \text{Al}_{0,15} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 4)  $(\text{Fe}_{1,75}^{3+} \text{Fe}_{1,05}^{2+} \text{Ti}_{0,04} \text{Al}_{0,12} \text{V}_{0,04})_3 \text{O}_4$
- 5)  $(\text{Fe}_{1,95}^{3+} \text{Fe}_{0,99}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{Mn}_{0,02} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 6)  $(\text{Fe}_{1,95}^{3+} \text{Fe}_{0,98}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{Mn}_{0,03} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 7)  $(\text{Fe}_{1,85}^{3+} \text{Fe}_{1,04}^{2+} \text{Ti}_{0,06} \text{Mn}_{0,02} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 8)  $(\text{Fe}_{1,55}^{3+} \text{Fe}_{1,19}^{2+} \text{Ti}_{0,21} \text{Mn}_{0,02} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 9)  $(\text{Fe}_{1,73}^{3+} \text{Fe}_{0,96}^{2+} \text{Ti}_{0,06} \text{Mn}_{0,01} \text{V}_{0,03} \text{Al}_{0,12} \text{Mg}_{0,09})_3 \text{O}_4$
- 10)  $(\text{Fe}_{1,67}^{3+} \text{Fe}_{0,95}^{2+} \text{Ti}_{0,07} \text{Mn}_{0,01} \text{V}_{0,03} \text{Al}_{0,16} \text{Mg}_{0,11})_3 \text{O}_4$
- 11)  $(\text{Fe}_{1,71}^{3+} \text{Fe}_{0,97}^{2+} \text{Ti}_{0,06} \text{Mn}_{0,01} \text{V}_{0,03} \text{Al}_{0,13} \text{Mg}_{0,09})_3 \text{O}_4$
- 12)  $(\text{Fe}_{1,86}^{3+} \text{Fe}_{1,04}^{2+} \text{Ti}_{0,04} \text{V}_{0,06})_3 \text{O}_4$
- 13)  $(\text{Fe}_{1,94}^{3+} \text{Fe}_{1,01}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{V}_{0,04})_3 \text{O}_4$
- 14)  $(\text{Fe}_{1,86}^{3+} \text{Fe}_{1,04}^{2+} \text{Ti}_{0,04} \text{V}_{0,06})_3 \text{O}_4$
- 15)  $(\text{Fe}_{1,60}^{3+} \text{Fe}_{1,08}^{2+} \text{Ti}_{0,08} \text{Al}_{0,19} \text{V}_{0,05})_3 \text{O}_4$
- 16)  $(\text{Fe}_{1,64}^{3+} \text{Fe}_{1,07}^{2+} \text{Ti}_{0,07} \text{Al}_{0,16} \text{V}_{0,06})_3 \text{O}_4$
- 17)  $(\text{Fe}_{1,84}^{3+} \text{Fe}_{1,00}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{Al}_{0,10} \text{V}_{0,06})_3 \text{O}_4$
- 18)  $(\text{Fe}_{1,82}^{3+} \text{Fe}_{1,02}^{2+} \text{Ti}_{0,02} \text{Al}_{0,09} \text{V}_{0,06})_3 \text{O}_4$
- 19)  $(\text{Fe}_{1,77}^{3+} \text{Fe}_{1,05}^{2+} \text{Ti}_{0,05} \text{Al}_{0,07} \text{V}_{0,06})_3 \text{O}_4$
- 20)  $(\text{Fe}_{1,93}^{3+} \text{Fe}_{1,01}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{V}_{0,05})_3 \text{O}_4$
- 21)  $(\text{Fe}_{1,92}^{3+} \text{Fe}_{1,02}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{V}_{0,05})_3 \text{O}_4$
- 22)  $(\text{Fe}_{1,96}^{3+} \text{Fe}_{1,00}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{Mn}_{0,02} \text{V}_{0,01})_3 \text{O}_4$
- 23)  $(\text{Fe}_{1,92}^{3+} \text{Fe}_{1,91}^{2+} \text{Ti}_{0,02} \text{Mn}_{0,01} \text{V}_{0,04})_3 \text{O}_4$
- 24)  $(\text{Fe}_{1,97}^{3+} \text{Fe}_{1,00}^{2+} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 25)  $(\text{Fe}_{1,97}^{3+} \text{Fe}_{1,00}^{2+} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 26)  $(\text{Fe}_{1,89}^{3+} \text{Fe}_{1,02}^{2+} \text{Al}_{0,04} \text{V}_{0,03} \text{Si}_{0,02})_3 \text{O}_4$
- 27)  $(\text{Fe}_{1,90}^{3+} \text{Fe}_{1,02}^{2+} \text{Al}_{0,03} \text{V}_{0,03} \text{Si}_{0,02})_3 \text{O}_4$
- 28)  $(\text{Fe}_{1,90}^{3+} \text{Fe}_{1,02}^{2+} \text{Al}_{0,04} \text{V}_{0,02} \text{Si}_{0,02})_3 \text{O}_4$
- 29)  $(\text{Fe}_{1,97}^{3+} \text{Fe}_{1,00}^{2+} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 30)  $(\text{Fe}_{1,97}^{3+} \text{Fe}_{1,00}^{2+} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 31)  $(\text{Fe}_{1,97}^{3+} \text{Fe}_{1,00}^{2+} \text{V}_{0,03})_3 \text{O}_4$
- 32)  $(\text{Fe}_{1,97}^{3+} \text{Fe}_{1,00}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{Mn}_{0,01} \text{V}_{0,01})_3 \text{O}_4$
- 33)  $(\text{Fe}_{1,97}^{3+} \text{Fe}_{0,99}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{Mn}_{0,01} \text{V}_{0,02})_3 \text{O}_4$
- 34)  $(\text{Fe}_{1,84}^{3+} \text{Fe}_{1,03}^{2+} \text{Ti}_{0,05} \text{Mn}_{0,02} \text{V}_{0,02})_3 \text{O}_4$
- 35)  $(\text{Fe}_{1,98}^{3+} \text{Fe}_{0,98}^{2+} \text{Ti}_{0,01} \text{Mn}_{0,02} \text{V}_{0,02})_3 \text{O}_4$

Образци 2, 3, 8 и 9 са предоставени от Д. Океанова. Анализи 1—4, 9—21, 24—31 са извършени в ИМП, БАН, а 5—8, 22—23 и 32—35 — в ГПЛИ. Желязото е разделено на  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$  след преизчисляване на кристалохимичните формули

най-силно удължено е това на магнетита от Горскополянския плутон. Площта на полетата добре се обвързва с количеството на ранномагматичния магнетит, чието съдържание в Горскополянския плутон в сравнение с количеството на този генетичен тип в другите два плутона е най-голямо.

По своя микропримесен състав илменитовите включения в магнетита се характеризират с повишени съдържания на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  и  $\text{MgO}$ , т. е. на хематитов, пирофанитов и гейкилитов компонент (табл. 3).

Наблюдава се селективно обогатяване на магнетита с титан и ванадий, а на илменитовите включения с манган.

Таблица 3

Резултати от изследването на елементния състав на илменита с рентгенов микроанализатор (в тегл. %)

| № анализ                  | № образец | TiO <sub>2</sub> | FeO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | MgO  | V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | сума   |
|---------------------------|-----------|------------------|------|--------------------------------|------|------|-------------------------------|--------|
| Горскополянски плутон     |           |                  |      |                                |      |      |                               |        |
| 1                         | 3         | 52,2             | 35,3 | 4,91                           | 1,29 | 6,02 | —                             | 99,72  |
| 2                         | 3         | 53,5             | 36,1 | 3,46                           | 1,23 | 5,99 | —                             | 100,28 |
| Чернозем-Разделски плутон |           |                  |      |                                |      |      |                               |        |
| 3                         | 6         | 48,6             | 36,9 | 9,81                           | 4,07 | —    | 0,35                          | 99,73  |
| Омано-Факийски плутон     |           |                  |      |                                |      |      |                               |        |
| 4                         | 7         | 47,4             | 34,8 | 9,83                           | 7,77 | —    | —                             | 99,80  |
| 5                         | 9         | 51,8             | 45,6 | —                              | 2,75 | —    | —                             | 100,15 |
| 6                         | 9         | 44,8             | 35,0 | 12,88                          | 7,68 | —    | —                             | 100,36 |

#### Кристалохимични формули

- 1)  $(\text{Ti}_{0,95}\text{Fe}_{0,71}^{2+}\text{Fe}_{0,10}^{3+}\text{Mn}_{0,02}\text{Mg}_{0,22})_2\text{O}_3$
- 2)  $(\text{Ti}_{0,97}\text{Fe}_{0,73}^{2+}\text{Fe}_{0,07}^{3+}\text{Mn}_{0,02}\text{Mg}_{0,21})_2\text{O}_3$
- 3)  $(\text{Ti}_{0,90}\text{Fe}_{0,81}^{2+}\text{Fe}_{0,19}^{3+}\text{Mn}_{0,09}\text{V}_{0,01})_2\text{O}_3$
- 4)  $(\text{Ti}_{0,90}\text{Fe}_{0,74}^{2+}\text{Fe}_{0,19}^{3+}\text{Mn}_{0,17})_2\text{O}_3$
- 5)  $(\text{Ti}_{1,02}\text{Fe}_{0,92}^{2+}\text{Mn}_{0,06})$
- 6)  $(\text{Ti}_{0,88}\text{Fe}_{0,71}^{2+}\text{Fe}_{0,24}^{3+}\text{Mn}_{0,17})_2\text{O}_3$

Номерацията на образците е както в табл. 2. Анализи 1, 2 и 4 са извършени в ИПМ, БАН, а 3 и 6 — в ГПЛИ. Желязото е разделено на Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> след преизчисляване на кристалохимичните формули

## Мьосбауерови спектри и размер на елементарната клетка на магнетита

Влизането на изоморфни примеси в октаедрични позиции в структурата на магнетита се отразява на формата на мьосбауеровите спектри на минерала (Гончарови др., 1982; Стебновска я, 1985). За чистия магнетит отношението на площите на първите линии на А- и В-сериите на двата сикстиплета ( $S_{1A}/S_{1B}$ ) е 0,5. За изучаваните магнетити от базичните диференциати на трите плутона, в които основни елементи-примеси са титанът, ванадият и алуминият, отношението на площите на първите линии в спектрите се колебае от 0,60 до 0,75. Повишените стойности на отношението свидетелствуват за изоморфното участие на тези микропримеси в структурата на магнетита.

Параметрите на елементарната клетка ( $a$ ) на изучаваните магнетити са близки — от 8,394 до 8,401 Å (табл. 1), и почти не се различават от параметъра на елементарната клетка на чистия магнетит, което може да се обясни с компенсиращото влияние на изоморфно съдържашите се в магнетита микропримеси с различни йонни радиуси.

## Микротвърдост на магнетита

Магнетитите от магмен тип находища се характеризират с повишена микротвърдост в сравнение с магнетитите от друг тип находища (Лебедева, 1977). Колебанията на

микротвърдостта зависят от микропримесния състав на магнетита и съответно от температурата на кристализация на минерала — при по-ниски температури кристализират магнетити с по-малка твърдост (Б а к л а е в и Б о ч а р н и к о в а, 1978; Ш а н г и р е е в а, 1975).

С най-висока микротвърдост се характеризира магнетитът от Горскополянския плутон — колебае се в интервала от 505 до 645  $\text{kp/mm}^2$  (43 измервания в три образца), като 90% от измерванията са в границите от 548 до 630  $\text{kp/mm}^2$ . Интервалите на микротвърдостта на магнетитите от другите два плутона са доста близки — за Чернозем-Разделския микротвърдостта варира от 464 до 627  $\text{kp/mm}^2$  (42 измервания в пет образца) при 90% от измерванията в интервала 464—575  $\text{kp/mm}^2$ , а за Омано-Факийския — от 473 до 595  $\text{kp/mm}^2$  (43 измервания в три образца) при 95% от измерванията в интервала 485—563  $\text{kp/mm}^2$ . На диаграмата на вариационните криви (фиг. 2) на микротвърдостта се вижда, че тези на магнетита от Чернозем-Разделския и Горскополянския плутон са с неясно изразен максимум, а тази на магнетита от Омано-Факийския плутон е с добре изразен максимум на срещане.

Поради малките размери на хомогенните илменитови включения са извършени ограничено количество измервания на микротвърдостта на илменита. С най-висока микротвърдост е илменитът от Омано-Факийския плутон — от 707 до 888  $\text{kp/mm}^2$  (8 измервания в два образца), а с най-ниска е илменитът от Чернозем-Разделския плутон — от 681 до 762  $\text{kp/mm}^2$  (13 измервания в четири образца). Микротвърдостта на илменита от Горскополянския плутон се колебае от 681 до 824  $\text{kp/mm}^2$  (8 измервания в два образца). В сравнение с описаните от Е м е л и н а и др. (1980) и Л е б е д е в а (1977) изучаваните от нас илменити се характеризират с повишена твърдост, вероятно свързана с високите съдържания на хематитов компонент.

## Обсъждане на резултатите

Между магнетитите от базичните диференциати на Горскополянския, Омано-Факийския и Чернозем-Разделския плутон като типични представители на високотемпературните магнетити съществуват много прилики. И за трите плутона преобладаващ генетичен тип е късномагматичният. Характерни елементи-примеси за всички магнетити са титанът и ванадият, значително се препокриват полетата на съставите и интервалите на микротвърдостта на магнетитите, незначителни са колебанията в параметъра на елементарните клетки на магнетитите от различните плутони.

Особено чувствителен към условията на кристализация на минерала е неговият състав. В магнетитите и от трите плутона постоянно се срещат фини включения от палеонаст и по-груби от илменит+хематит. Известно е, че във високотемпературни условия съществуват твърди разтвори между минералите от шпинеловата група — магнетит, плеонаст, улвошпинел и др. При понижаване на температурата от еднофазов магнетитов шпинел най-рано се отделя плеонастът (П а т н и с и М а к К о н н е л л, 1983; П о л т а в е ц, 1983), а най-късно улвошпинелът поради различната стабилност на съществуващите твърди разтвори. В нашия случай в магнетитите и от трите плутона се наблюдава илменит, а не улвошпинел. Доказано е (П а т н и с и М а к К о н н е л л, 1983), че илменитът има ограничена разтворимост в магнетита, с която не може да се обясни голямото количество илменитови включения в магнетита. Според Х и с и н а (1987) и П а т н и с и М а к К о н н е л л (1983) отделянето на илменит вместо улвошпинел при разпадане на високотемпературен шпинелов разтвор е възможно при окисляване в твърдо състояние, при което се изменя стехиометрията на твърдия разтвор и вместо фаза с кубична кислородна опаковка — улвошпинел, се отделя илменит, притежаващ плътна хексагонална опаковка от кислородни атоми. Присъствието на хематитови включения в илменита е резултат от разпадане на твърд илменит-хематитов разтвор.

Близкият елементарен състав, микротвърдостта, параметърът на елементарната клет-

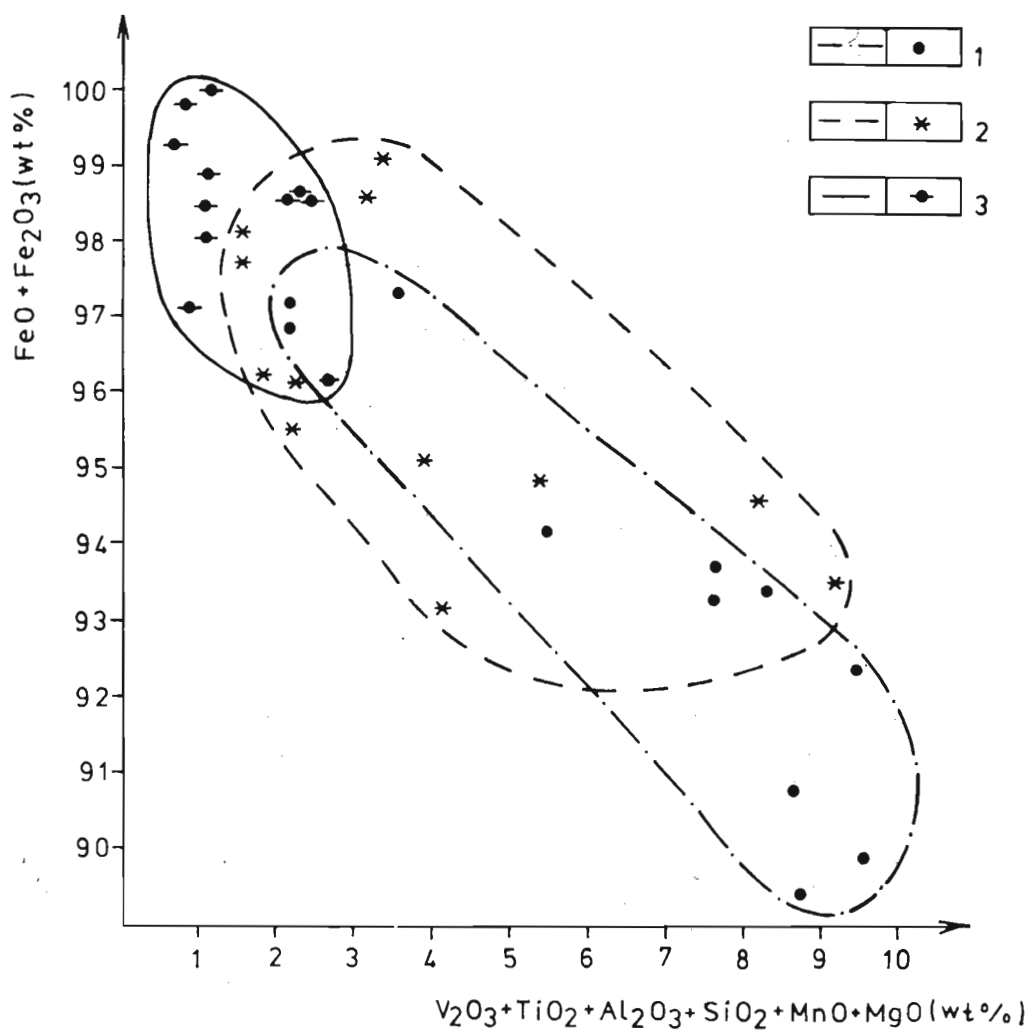
ка, еднаквият фазов състав на магнетитите и от трите плутона свидетелствуват за близките условия на кристализация на минерала, което потвърждава идеята на Василев (1982) за принадлежността на трите плутона към една рудно-магматична формация.

Независимо от многото близки свойства на магнетитите от изучаваните плутони те носят и свои специфични черти, отразяващи конкретните условия на кристализация на магмата. Така например магнетитът от Чернозем-Разделския плутон се характеризира с най-едри индивиди и с най-големи размери на включенията, което свидетелствува за по-бавната кристализация на минерала и е косвено доказателство за по-големите обеми на базичните тела от този плутон. Различните количествени съотношения между ранно- и късномагматичния магнетит в трите плутона отразяват различните окислително-редукционни условия на кристализация на магмите.

## Л и т е р а т у р а

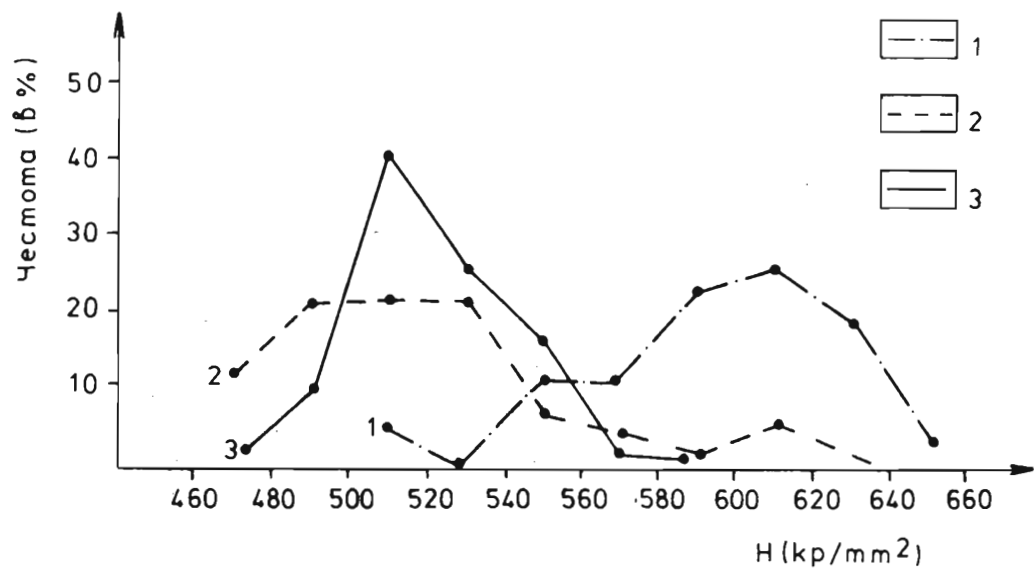
- Баклаев, Я. П., Т. Д. Бочарникова. 1978. Зависимость изменения состава и некоторых свойств магнетитов от условий их образования. — В: *Скарново-магнетитовые месторождения Урала*. Свердловск, 82—92.
- Борисов, И. 1954. Младите интрузии и контактният метаморфизъм в района между селата Омана и Факля (Северозападна Странджа планина) — *Год. Соф. унив. Биол.-геол.-геогр. фак.*, кн. 2 — *геол.*, 48, 93—149.
- Василев, Л. 1982. Средногорска зона — обща структурно-геологическа, петрологическа и металлогеническа характеристика. — В: *Путеводител екскурсии I, Восточное Средногорие. Междунар. минер. асоц.*, XIII съезд, Варна, 1—19.
- Гончаров, Г. Н., М. Л. Зорина, С. М. Сухаржевский. 1982. *Спектроскопические методы в геохимии*. Л., ЛГУ, 291 с.
- Емелина, Л. Н., Г. А. Митенков, П. А. Иоффе. 1980. Манганоильменит в медно-никелевых рудах Октябрьского месторождения (Норильский рудный район). — *Зап. Всесоюз. минер. общ.*, 109, 6, 713—719.
- Каменов, Б. 1982. Петрология на Горскополянския плутон. — *Год. Соф. унив. Геол.-геогр. фак.*, кн. 2 — *геол.*, 72, 101—156.
- Колчева, Кр. 1970. Върху петрохимията на Черноземско-Разделския плутон. — *Год. Соф. унив. Геол.-геогр. фак.*, кн. 1 — *геол.*, 62, 235—257.
- Кудикова, Л. А., Д. А. Доминиковская, В. С. Малов. 1986. Особенности магнетита Новосельского месторождения. — В: *Новые данные о минералах*, 33, 134—140.
- Лебедева, С. И. 1977. *Микротвердость минералов*. М., Недра, 118 с.
- Патнис, А., Д. Мак-Коннелл. 1983. *Основные черты поведения минералов*. М., Мир, 302 с.
- Петрова, Л. В., В. Б. Татарский. 1975. Кремнисто-кальциевый магнетит Коршуновского месторождения. — *Зап. Всесоюз. минер. общ.*, 103, 3, 301—310.
- Полтавец, Ю. А. 1983. О влиянии элементов-примесей на поле устойчивости окислов и магнетит-ильменитовое равновесие. — В: *Экспериментальные исследования эндогенного рудообразования*. М., Наука, 195—205.
- Стебновская, Ю. М. 1985. *Магнетиты железорудных месторождений*. Киев., Наукова думка, 103 с.
- Чернышева, Л. В., Г. А. Смелянская, Г. М. Зайцева. 1981. *Типоморфизм магнетита и его использование при поисках и оценке рудных месторождений*. М., Недра, 234 с.
- Хисина, Н. Р. 1987. *Субсолидусные превращения твердых растворов породообразующих минералов*. М., Наука, 207 с.
- Шангиреева, Р. Д. 1975. Особенности магнетитов метасоматических руд железорудных месторождений Тургай. — В: *Метасоматизм и рудообразование*. М., Недра, 206—209.

(Постъпила на 14. VII. 1989 г.)



Фиг. 1. Полета на съставите на магнетити от базичните диференциати на Горскополянския (1), Чернозем-Разделския (2) и Омано-Факийския (3) плутон





Фиг. 2. Вариационни криви на микротвърдостта на магнетити от Горскополянския (1), Чернозем-Разделския (2) и Омано-Факийския (3) плутон