

## ВЛИЯНИЕ pH МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАГНЕТИТОВ

Н. Ф. СТОЛБОВА

(Представлена научным семинаром кафедры петрографии)

Изучая геологию и минералогия Лебедского скарново-золоторудного месторождения (Горный Алтай) и используя ряд критериев, мы выделили многочисленные минеральные ассоциации, проследили смену одних другими в пространстве и во времени. Минеральные ассоциации, формирующиеся при одинаковых условиях температур (по данным гомогенизации газовой-жидких включений), были объединены в стадии: доскарнового метасоматоза, скарновую стадию, стадию перекристаллизации, гидротермальную кварцевую и гидротермальную карбонатную (Столбова, 1970). Учитывая особенности минеральных ассоциаций, сменяющих друг друга во времени, а именно химизм замещения одних минералов другими, изменение условного потенциала ионизации у последовательно образующихся минералов, а также pH суспензий отдельных минералов и их ассоциаций, мы смогли проследить эволюцию pH постмагматического раствора от стадии к стадии (Столбова, 1970).

### Данные химического

| Магнетиты                                             | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   |
|-------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|
| I. Скарновая стадия<br>(среднее из пяти)              | 1,34             | 0,86                           | 24,71 |
| II. Стадия перекристаллизации<br>(среднее из четырех) | 1,00             | 0,53                           | 28,63 |

### Результаты спектрального полуколичественного

| Магнетиты                    | Содержание элементов-примесей |     |     |     |      |      |      |
|------------------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
|                              | Ti                            | V   | Cr  | Ni  | Ba   | Sr   | Mn   |
| I Скарновая стадия           | 2800                          | 310 | 400 | 133 | 1500 | 1000 | 8090 |
| II Стадия перекристаллизации | 100                           | 40  | —   | 60  | 200  | 1000 | 2470 |
| III Кварцевая стадия         | 50                            | —   | —   | —   | 1000 | 1000 | 100  |
| IV Карбонатная стадия        | —                             | —   | —   | —   | —    | 600  | 130  |

Общие ее черты таковы. К концу скарновой стадии происходит постепенное уменьшение щелочности растворов. Оно временно прекращается и даже несколько увеличивается в стадию перекристаллизации. В гидротермальную кварцевую стадию идет увеличение щелочности растворов, которое прекращается к ее концу. В конце постмагматического процесса в гидротермально-карбонатную стадию обнаруживается тенденция к нейтрализации растворов.

На всех, кроме первой, стадиях постмагматического процесса, обнаруживающих разный режим кислотности-щелочности, формируются магнетиты (Столбова, 1970). По ряду свойств эти магнетиты резко различимы (характерные их особенности представлены в табл. 2). В связи с этим возникает вопрос: влияет ли pH минералообразующей среды на химический состав магнетитов и на состав их элементов-примесей?

Чтобы ответить на поставленный вопрос, мы обратились к данным химических анализов магнетитов, к имеющимся спектральным полуквантитативным анализам и рассмотрели их с учетом кислотно-основных свойств обнаруженных компонентов. Последние, как известно, определяются величинами электроотрицательности, которые приведены в работе А. Е. Поваренных (1962).

Ниже приведены табл. 1, 2 с данными химических и спектральных анализов магнетитов. Из них видно, что как петрогенные компоненты магнетитов, так и элементы-примеси в них изменяют от стадии к стадии свое количественное значение. Набор элементов-примесей изменяет еще и свой качественный состав.

Чтобы проследить количественные изменения элементов от их кислотно-основных свойств, воспользуемся графическими построениями. Расположим по оси абсцисс петрогенные компоненты, обнаруженные в магнетитах I и II, в порядке их возрастающей электроотрицательности, т. е. в порядке их убывающей основности. По оси ординат отложим величины, отражающие количественные изменения петрогенных компонентов в магнетитах I и II. Количественные изменения определяются по формуле

Таблица 1

анализа магнетитов

| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO   | MgO   | MnO  | V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Сумма |
|--------------------------------|------------------|-------|-------|------|-------------------------------|--------------------------------|-------|
| 70,34                          | 0,07             | 0,067 | 0,072 | 0,18 | 0,02                          | 0,046                          | 97,65 |
| 68,16                          | 0,06             | 0,23  | 0,78  | 0,19 | 0,017                         | 0,022                          | 98,78 |

Таблица 2

анализа магнетитов в вес % 100,000

в магнетитах (среднее из пяти)

| Co  | Ga  | Ge | Cu   | Zn    | Pb  | As   | Ag  | W   | Bi | Zr |
|-----|-----|----|------|-------|-----|------|-----|-----|----|----|
| 100 | 100 | 33 | 1600 | 566   | 332 | —    | —   | —   | —  | —  |
| 100 | 80  | 40 | 900  | 2400  | 40  | —    | —   | —   | 20 | 20 |
| 50  | —   | 50 | 2500 | 1500  | —   | —    | —   | —   | —  | —  |
| 500 | —   | 60 | —    | 42500 | 130 | 4600 | 230 | 100 | —  | —  |

$$P_i^{\text{II}} - P_i^{\text{I}} \left| \frac{P_i^{\text{II}} + P_i^{\text{I}}}{2} \right|,$$

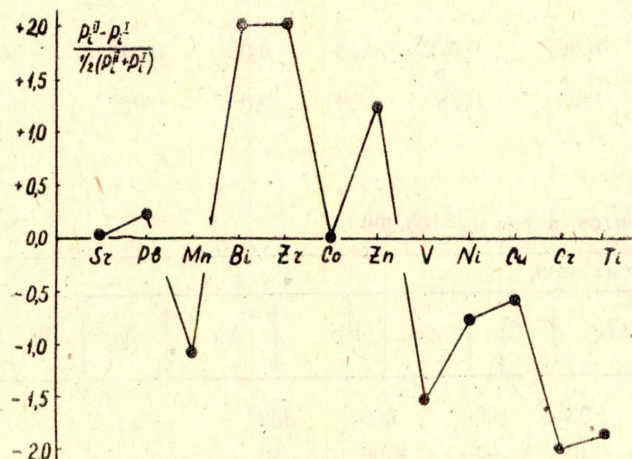
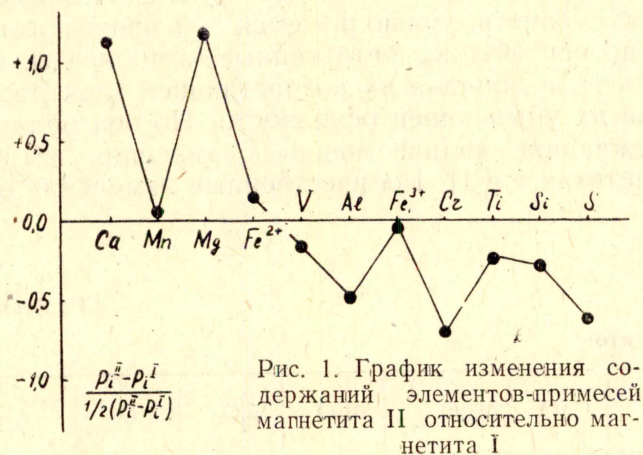
где  $P_i^{\text{I}}$  и  $P_i^{\text{II}}$  — содержания  $i$ -го элемента в магнетите I и магнетите II соответственно.

Зависимость, получившаяся на графике 1, свидетельствует о том, что в магнетите II по отношению к магнетиту I больше сильных оснований, меньше слабых. Это может указывать соответственно на большую активность этих компонентов в растворе и, следовательно, на возрастающую щелочность раствора.

Рассмотрим в той же зависимости изменения содержаний элементов-примесей в магнетите I и II. Для этого на графике по оси абсцисс расположим элементы-примеси в порядке их возрастающей электроотрицательности, а по оси ординат отложим величины количественных изменений содержаний элементов-примесей магнетита II относительно магнетита I. Получившаяся зависимость представлена на графике 2. Она так же, как и предыдущая, указывает на возрастающую щелочность раствора.

Результаты анализа двух графиков аналогичны и хорошо согласуются с тем положением, что формирование магнетита II происходит в условиях возрастающей щелочности.

Попробуем в таких же зависимостях проследить изменение содержаний элементов-примесей в магнетите III относительно магнетита II и магнетита IV относительно магнетита III. Они представлены на графиках 3 и 4.



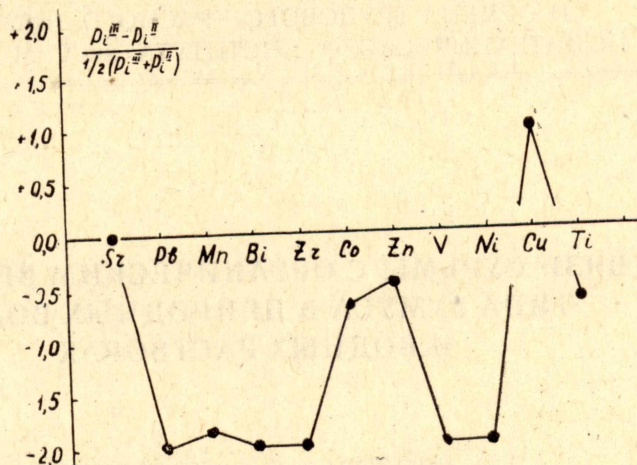


Рис. 3. График изменения содержаний элементов-примесей магнетита III относительно магнетита II

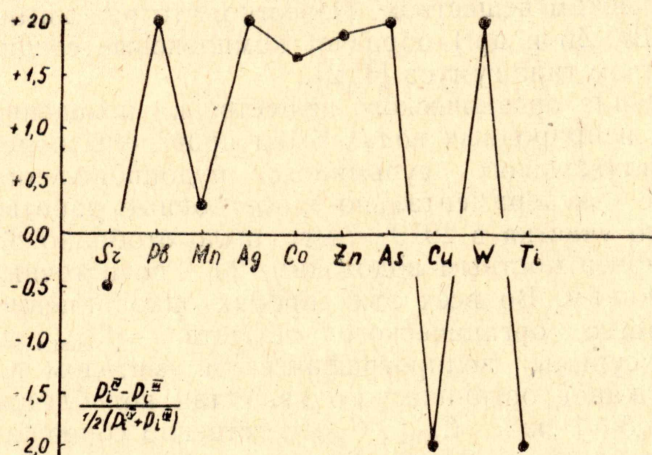


Рис. 4. График изменения содержаний элементов-примесей магнетита IV относительно магнетита III

Изменения содержаний элементов-примесей, как видно из графиков, таковы, что свидетельствуют об увеличении роли компонентов с более кислотными свойствами во время формирования магнетита III и об их уменьшении при формировании магнетита IV. Это также хорошо согласуется с другими данными об изменении режима pH в сторону увеличения щелочности в кварцевую стадию и ее уменьшении в карбонатную.

Таким образом, первая попытка проследить влияние pH минералообразующей среды на особенности химического состава и состава элементов-примесей оказалась положительной. Из изложенного вытекает, что изменение режима pH в сторону увеличения щелочности приводит к увеличению содержания в решетке минерала элементов с более основными свойствами, к задержке в них элементов-примесей также с более основными свойствами и наоборот.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Е. Поваренных. Об использовании электроотрицательности элементов в кристаллохимии и минералогии. Записки украинского отделения Всесоюз. минер. общества. Вып. 1, Киев, 1962.
2. Н. Ф. Столбова. Минералогия и генезис Лебедской золотоносной скарновой зоны. Диссертация на соиск. уч. степени кандидата геол.-мин. наук. Томск, ТПИ, 1970.