

Н. А. ГРИГОРЬЕВ

## О ПОВЕДЕНИИ БЕРИЛЛИЯ ПРИ ВЫВЕТРИВАНИИ АКТИНОЛИТА

(Представлено академиком Н. М. Страховым 19 VI 1970)

Считается, что Be способен не только мигрировать в поверхностных и подземных водах в растворенном состоянии, но и концентрироваться при осаждении из вод<sup>(1)</sup>. В последнее время в углях установлены содержания BeO, аналогичные таковым в собственно бериллиевых месторождениях<sup>(2)</sup>. До 0,04% BeO изредка отмечается в фосфоритах. Таким образом, получает подтверждение мнение Ю. Е. Баранова<sup>(3)</sup> и др. о возможности промышленного получения Be из гипергенных образований. Однако для определения перспектив открытия промышленных концентраций в зоне гипергенеза необходимо знать, какая часть Be, содержащегося в гипогенных породах, растворяется при выветривании в водах. Практически весь Be гипогенных пород находится в порообразующих минералах<sup>(4)</sup>. Поведение его при выветривании минералов-носителей до последнего времени оставалось не изученным. Нами установлено, что при выветривании полевых шпатов и мусковита значительная часть Be переходит в воды, а остальная не сорбируется, как считалось ранее, а прочно связывается в составе образующих глинистых агрегатов<sup>(5)</sup>. По имеющимся данным, в амфиболсодержащих гранитоидах Be максимально концентрируется в амфиболах. При содержании амфиболов 10—15% последние становятся минералами-носителями Be<sup>(6, 7)</sup>. Таким образом, поведение этого элемента при выветривании некоторых распространенных горных пород в значительной мере определяется поведением при выветривании амфиболов. Ниже приводятся первые результаты изучения этого процесса на примере актинолита из реакционной оторочки пегматитовой жилы.

Крупная жила слабо дифференцированного гранитного пегматита залегает среди метаморфизованных пород основного и ультраосновного состава. От вмещающих пород она отделена реакционной оторочкой из двух отчетливо выраженных зон: внутренней — биотитовой, мощностью до 20 см, и внешней — тальковой, мощностью до 30 см. На границе между этими зонами обычны разобщенные линзочки актинолита мощностью в несколько сантиметров и длиной до 20—30 см. Сложены они на 70—90% иглами актинолита длиной до 2—3 см и до 1—2 мм в поперечном сечении и на 10—30% несколько уплощенными сростками кристалликов биотита с поперечником 1—3 мм. В корах выветривания актинолит замещается нонтронитом, биотит — флогопитом. При этом актинолит выветривается значительно интенсивнее биотита.

Образец для исследования взят с глубины 15 м, из нижней части коры выветривания, где биотит находится в почти свежем состоянии. Состав образца: актинолит 75, нонтронит 5, биотит 20%. Для получения мономинеральных фракций образец делили на классы естественной крупности отмывкой в воде. Просмотр в иммерсии, термовесовые анализы, выполненные с точностью до 0,1%, рентгеноструктурные и химические анализы показали, что класс крупностью меньше 2 м представлен нонтронитом, классы крупностью 2—50 м — нонтронитом и актинолитом, более крупные — актинолитом и биотитом. Монофракции биотита и актинолита выделены из класса крупностью 0,16—0,25 мм путем многократных делений в тяжелых жидкостях и отчасти при помощи магнитов. Анализы показали, что актинолит представлен маложелезистой разновидностью, близ-

кой к тремолиту (табл. 1). Оптические свойства:  $N_g$  1,632,  $N_m$  1,627,  $N_p$  1,617,  $N_g < C-22^\circ$ . Удельный вес большинства наиболее чистых зерен 3,02—3,10. Дебаеграмма обычная. На термограмме очень слабый эндотермический эффект при  $800^\circ$ . Нонтронит тонкокристаллический, по химическому составу (табл. 1) близок к нонтрониту, развивающемуся по амфиболу в коре выветривания габбро, описанной И. И. Гинзбургом и И. А. Руквишниковой (\*), несмотря на то, что наш актинолит по химическому составу существенно отличается от амфибола, описанного этими авторами. На дифрактограмме очень сильный широкий рефлекс с максимумом около  $14,5 \text{ \AA}$  и ряд слабых широких рефлексов, среди которых наиболее

Таблица 1

Химический состав амфиболов и образующихся по ним нонтронитов (%)

| Компонент                      | Актинолит | Нонтронит |          | Амфибол<br>(*) | Нонтронит<br>(*) |
|--------------------------------|-----------|-----------|----------|----------------|------------------|
|                                |           | 2—6 $\mu$ | <2 $\mu$ |                |                  |
| SiO <sub>2</sub>               | 56,78     | 46,40     | 41,15    | 48,46          | 42,42            |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,03      | 0,13      | 0,07     | 0,00           | —                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,08      | 8,75      | 8,32     | 15,16          | 9,54             |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | —         | —         | —        | 0,22           | 0,60             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,72      | 18,98     | —        | 2,21           | 15,35            |
| FeO                            | 4,10      | 0,28      | —        | 2,17           | 0,41             |
| Fe <sub>общ</sub> *            | 5,27      | 19,25     | 21,80    | —              | —                |
| MnO                            | 0,20      | —         | —        | 0,00           | 0,00             |
| CaO                            | 12,71     | 3,94      | 3,25     | 8,20           | 0,00             |
| MgO                            | 21,62     | 5,80      | 2,63     | 23,14          | 5,27             |
| NiO                            | —         | —         | —        | 0,19           | 1,84             |
| K <sub>2</sub> O               | 0,10      | 0,50      | —        | —              | 0,32             |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,40      | 0,14      | —        | —              | 0,00             |
| CO <sub>2</sub>                | 0,05      | —         | —        | —              | —                |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 1,30      | 9,35      | 8,65     | 1,18           | 6,48             |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | —         | 5,40      | 13,33    | 0,24           | 17,04            |
| Сумма                          | 99,09     | 99,67     | 99,20    | 101,17         | 99,27            |
| BeO                            | 0,0045    | 0,0111    | 0,0104   | —              | —                |

\* В пересчете на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

четкий с максимумом  $4,56 \text{ \AA}$ . При анализе в камере диаметром 57,3 мм, кроме отмеченных, фиксируются характерные для нонтронита отражения: 2,80 (1), 2,58 (7), 1,720 (5), 1,510 (10), 1,305 (5ш), 1,262 (5). При нагревании отделение воды идет от 20 до  $750^\circ$ , причем до  $150^\circ$  отделяется 15 % ее; кроме того, потери веса заметно повышаются при  $400-600^\circ$  (3,5 %).

От монофракции актинолита и классов мельче  $40 \mu$  квартовались навески. Истертые в пудру, они выдерживались при периодическом взбалтывании 3—4 часа в HCl, разбавленной водой 1:1. Отмывку вели на фильтрах до нейтральной реакции промывной воды. От всех выделенных классов, обработанных и не обработанных HCl, квартовались две пробы для количественных спектральных анализов на BeO. За содержание BeO принималось среднее по данным анализа этих двух проб. Для проб, содержащих нонтронит, вводилась поправка на потери веса при прокаливании перед анализом ( $400^\circ$ ).

Содержания BeO в актинолите, обработанном в HCl, оказалось такое же, как и в необработанном (табл. 2). В классах, содержащих нонтронит, заметно систематическое уменьшение содержания BeO после обработки в HCl. Следовательно в нонтроните есть некоторое количество слабо связанного Be, вероятно сорбированного.

В нонтроните по сравнению с актинолитом значительно меньше элементов, подвижных в зоне гипергенеза, — Mg, Ca, Si — и больше малопод-



вижных — Al, Fe, Ti (табл. 1). Ве занимает промежуточное положение между этими двумя группами элементов. Его содержание возрастает от актинолита к нонтрониту, но в значительно меньшей степени, чем содержание Al, Fe и Ti. Расчет, проведенный в предположении о неподвижности Al при нонтронитизации актинолита, показывает вынос половины Fe и Ti. Это не соответствует существующим представлениям о подвижности последних при выветривании в окислительной обстановке (см. FeO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Таблица 2

Содержание ВеО в актинолите, продуктах его выветривания и биотите (%)

| Естественная крупность, $\mu$ | Минералы             | ВеО до обраб. в HCl | ВеО после обработки |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| 10—40                         | Актинолит            | 0,0045              | 0,0047              |
| 6—10                          | Нонтронит, актинолит | 0,0022              | 0,0083              |
| 2—6                           | » »                  | 0,0112              | 0,0073              |
| <2                            | » »                  | 0,0111              | Не опр.             |
|                               | Нонтронит            | 0,0104              | 0,0089              |
|                               | Биотит               | 0,0110              | Не опр.             |

в табл. 1). Возможно, в данном случае часть Al была захвачена из подземных вод, в которых он частично растворяется при выветривании полевых шпатов<sup>(9)</sup>. Расчет баланса Ве в нонтроните проведен в двух вариантах: в предположении о неподвижности Al и выносе половины Fe и в предположении о неподвижности Fe и привносе Al. Несмотря на существенные различия полученных цифр, величина выноса Ве (%) в обоих случаях оказалась значительной:

|                      | Прочно связ. Ве | Сорбиров. Ве | Вынос Ве |
|----------------------|-----------------|--------------|----------|
| Элемент-свидетель Al | 26              | 4            | 70       |
| Элемент-свидетель Fe | 48              | 8            | 44       |

В действительности, выносилось, вероятно, около половины Ве, а вторая половина в основном прочно связывалась в составе нонтронита и отчасти сорбировалась. Полученные данные свидетельствуют о том, что в естественных условиях изоморфная и сорбционная емкости нонтронита в отношении Ве ограничены, и следовательно, можно ожидать значительных величин выноса этого элемента при нонтронитизации амфиболов, содержащих около 0.005% ВеО и более.

Институт геологии и геохимии  
Уральского филиала Академии наук СССР  
Свердловск

Поступило  
17 VI 1970

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> П. В. Покровский, Н. А. Григорьев, К. А. Поташко, Тр. Инст. геол. УФАИ СССР, 70, 205 (1965). <sup>2</sup> В. И. Данчев, Н. П. Стрелянов и др., Литол. и полезн. ископ., № 5, 69 (1969). <sup>3</sup> Ю. Е. Баранов, В кн. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов, 3, М., 1966. <sup>4</sup> А. А. Беус, В кн. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов, 1, М., 1964. <sup>5</sup> Н. А. Григорьев, ДАН, 191, № 5, 1146 (1970). <sup>6</sup> З. И. Петрова, Л. Л. Петров, Геохимия, № 5, 629 (1965). <sup>7</sup> Л. В. Таусон, М. И. Кузмин и др., Геохимия, № 8, 952 (1969). <sup>8</sup> И. И. Гинзбург, И. А. Руквишников, Минералы древней коры выветривания Урала, М., 1951. <sup>9</sup> А. И. Перельман, ДАН, 103, № 4, 669 (1955).