

О. В. ГОРБАЧЕВ

## ОТНОШЕНИЕ ПАР БЛИЗКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АМФИБОЛИТАХ В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 19 XI 1971)

Амфиболиты, как результат метаморфизма магматических пород основного состава (ортоамфиболиты) и первично-осадочных пород мергелисто-глинистого ряда (параамфиболиты), являются типичными и широко распространенными составляющими кристаллических щитов и оснований платформ<sup>(1)</sup>. Естественно, что установление их первичной природы — одна из актуальных проблем в исследовании докембрийского породо- и рудообразования<sup>(2)</sup>.

Происхождению амфиболитов посвящена обширная литература, тем не менее ряд вопросов, касающихся возможности использования геохимических методов применительно к данной проблеме, требует дальнейшей разработки. Так, в литературе широко освещается возможность использования с этой целью абсолютных концентраций ряда элементов-примесей и их корреляционных связей<sup>(3)</sup>, однако не меньший интерес представляет рассмотрение парных отношений ряда химических элементов.

Вследствие различий в степени изоморфизма в осадочном и магматическом циклах, а также многих других причин (различие форм миграции, концентрации и т. п.) величина отношений  $Sr:Ba$ ,  $Fe:V$ ,  $Mg:Li$ ,  $Ca:Sr$  и т. п. для габброидов и осадочных пород глинистого ряда может существенно различаться.

**Стронций — барий.** В силу различий характера изоморфизма ( $Sr-Ca$ ,  $Ba-K$ ) в ряду магматических пород величина отношения  $Sr:Ba$  достигает максимума в породах основного состава, варьируя от 30<sup>(4)</sup> до 1,1<sup>(5)</sup>. Средняя величина этого отношения в основных породах составляет 1,4–1,5<sup>(6)</sup>. В осадочных породах, близких по химическому составу к амфиболитам (аргиллиты, алевролиты), это отношение соответственно равно 0,5 и 0,7, составляя в среднем для глинистых пород 0,5<sup>(6)</sup>. Таким образом, повышенное содержание стронция и величина отношения  $Sr:Ba$  больше единицы должны быть типичны для ортоамфиболитов, обратные же соотношения — для параамфиболитов.

**Железо — ванадий.** В магматических породах основного состава ванадий присутствует исключительно в рассеянной форме, и величина его отношения к железу, с которым он тесно связан, достаточно постоянна (300–500). В осадочном цикле концентрация ванадия по отношению к железу в глинистых породах существенно выше<sup>(7)</sup>. Отсюда следует, что величина отношения  $Fe:V$  в целом для ортоамфиболитов должна быть выше, чем для параамфиболитов.

**Магний — литий.** Литий изоморфно связан с магнием<sup>(8)</sup>, и величина отношения  $Mg:Li$  закономерно меняется в ряду магматических пород от 5000 в ультраосновных породах до 70 в гранитах, составляя в основных породах 2000–3000<sup>(6, 8)</sup>. В глинистых сланцах величина этого отношения 280–350<sup>(8)</sup>. Так как при региональном метаморфизме глинистых пород не происходит выноса лития<sup>(10)</sup>, величина этого отношения может представлять интерес при решении вопроса о первичной природе амфиболитов.

Таблица 1 \*

| Типы пород                                                                          | Sr : Ba | Fe : V | Mg : Li | Ca : Sr | Nb : Ta | Ni : Co |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Параамфиболиты полмостундровской свиты (Pt <sub>1</sub> ), комплекс Полмос-Порос ** | 0,6     | 204    | 552     | 512     | 8,0     | 1,33    |
| Ортоамфиболиты сландево́й части комплекса Кейв **                                   | 2,2     | 300    | 1872    | 115     | 12,4    | 2,84    |
| Основные породы, базальты <sup>(6)</sup>                                            | 1,5     | 428    | 3000    | 153     | 41      | 3,6     |
| Доломитистые глины, заунгузская свита, Центральная Туркмения ***                    | 0,4     | 195    | 728     | 260     | 8,5     | 3,4     |

\* Определения Fe, Mg, Ca сделаны в ходе полного силикатного анализа, Sr, Ba, V, Ni, Co — количественным спектральным анализом, Nb, Ta — количественным химическим анализом, Li — фотометрией пламени. Анализы выполнены в Центральной геохимической лаборатории Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов.

\*\* По данным анализа 16 проб (каждая выборка).

\*\*\* По данным анализа 7 проб.

Кальций — стронций. Средняя величина содержания кальция и степень изоморфной смесимости Ca и Sr в осадочных породах глинистого ряда существенно меньше, чем в основных магматических породах <sup>(6)</sup>, поэтому величины отношения Ca : Sr в параамфиболитах могут быть существенно выше, чем в ортоамфиболитах.

Кроме перечисленных, могут быть рассмотрены отношения Nb : Ta и Ni : Co. Величина первого, по средним данным, существенно различается для базальтоидов и глинистых пород — это 41 и 8 соответственно <sup>(6)</sup>. Величина отношения Ni : Co неоднократно рекомендовалась <sup>(9, 11)</sup> в качестве одного из критериев при установлении первичной природы амфиболитов.

Для проверки возможности использования указанных парных отношений при решении вопроса о первичной природе амфиболитов было проведено геохимическое опробование амфиболитов двух докембрийских комплексов: Полмос-Порос и Кейв на Кольском полуострове. По своим геолого-структурным, литологическим и петрографическим признакам (тонкая слоистость, чередование с гнейсами, наличие макро- и микроритмичности, элементов косой слоистости, гелицитовых структур и т. д.) амфиболиты, слагающие полмостундровскую свиту комплекса Полмос-Порос, диагностируются как параамфиболиты <sup>(12)</sup>. В то же время наличие массивных текстур и реликтовых офитовых структур, четкие контакты и секущее залегание позволяют рассматривать большую часть амфиболитов комплекса Кейв в качестве орто-пород <sup>(13)</sup>.

Ниже приведены результаты сопоставления перечисленных выше парных отношений в пара- и ортоамфиболитах комплексов Полмос-Порос и Кейв с данными по величине этих отношений в магматических и осадочных аналогах амфиболитов (табл. 1). Поскольку амфиболиты в целом по своему химическому составу наиболее близки к среднему базальту, представляется правомерным сопоставление их геохимических особенностей со средними данными для основных магматических пород <sup>(6)</sup>. Вместе с тем, сравнение амфиболитов со средними данными по осадочным породам глинистого ряда, по-видимому, неправомерно в связи с широкими вариациями состава этих пород. В качестве примера осадочного эквивалента параамфиболитов нами рассматриваются красноцветные доломитистые глины заунгузской свиты (Центральная Туркмения), которые как было показано ранее <sup>(14)</sup>, наиболее приближаются по химическому составу к амфиболитам.

Как видно из табл. 1, величины парных отношений Sr : Ba, Fe : V, Mg : Li, Ca : Sr существенно различаются для пара- и ортоамфиболитов,

причем по порядку этих величин параамфиболиты полмостундровской свиты близки к глинистым породам, а ортоамфиболиты района Кейв выявляют геохимическую близость к магматическим породам основного состава. Менее четко это фиксируется для отношения Nb:Ta.

Отношения Ni:Co в осадочных и магматических аналогах амфиболитов имеют близкие значения.

Это позволяет предположить, что наряду с другими геохимическими параметрами (абсолютные концентрации элементов-примесей и характер их корреляционной зависимости) при решении вопроса о первичной природе амфиболитов могут быть использованы парные отношения. Так, величина отношений  $Sr:Ba > 1$ ,  $Fe:V > 250$ ,  $Mg:Li > 1000$  и  $Ca:Sr < 200$ , по-видимому, может свидетельствовать о формировании амфиболитов за счет магматических пород (ортоамфиболиты), в то время как обратные отношения более присущи параамфиболитам.

Поскольку величины отношения Ni:Co в осадочных и магматических аналогах амфиболитов близки, оно не может быть использовано при диагностике первичной природы амфиболитов. Вопрос о возможности использования отношения Nb:Ta, видимо, нельзя еще считать решенным.

Проведению исследований и подготовке настоящей статьи в значительной мере способствовало научное руководство акад. А. В. Сидоренко. Ряд ценных советов при обсуждении результатов был получен автором от В. А. Тенякова и О. М. Розена. Автор пользуется случаем выразить всем им свою глубокую признательность.

Всесоюзный научно-исследовательский  
институт минерального сырья

Поступило  
9 XI 1971

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Поддерварт, Земная кора, ИЛ, 1957. <sup>2</sup> А. В. Сидоренко, В сборн. Проблемы осадочной геологии докембрия, в. 2, 1967. <sup>3</sup> В. Е. Leake, J. Petrol., 5, Part 2 (1964). <sup>4</sup> S. R. Nockolds, R. L. Mitchell, Trans. Roy. Soc. Edinburg, 61 (1948). <sup>5</sup> Г. В. Нестеренко, Н. С. Авилова, Н. П. Смирнова, Геохимия, № 10 (1964). <sup>6</sup> А. П. Вилоград, Геохимия, № 7 (1962). <sup>7</sup> K. Rankama, Th. Sahama, Geochemistry, Chicago, 1950. <sup>8</sup> Э. Л. Хорстман, В кн. Геохимия редких элементов, ИЛ, 1959. <sup>9</sup> A. Dziedziec, Inst. Geol. Biuletyn Pologne, 1967, p. 243. <sup>10</sup> D. M. Shaw, Bull. Geol. Soc. Am., 65, № 12, Part 1 (1954). <sup>11</sup> В. А. Рудник, В кн. Вопросы петрохимии, Л., 1969. <sup>12</sup> А. В. Сидоренко, О. И. Лулева, К вопросу о литологическом изучении метаморфических толщ, Изд. АН СССР, 1961. <sup>13</sup> Д. Д. Мирская, Петрология метабазитов района Кейв (Кольский п-ов), 1968. <sup>14</sup> А. В. Сидоренко, В. А. Теняков и др., ДАН, 182, № 4 (1968).