

**О ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ПЕРВИЧНОГО Sr - ИЗОТОПНОГО ОТНОШЕНИЯ**

Как известно, Rb-Sr-изохронное датирование по валовым пробам позволяет установить не только возраст породы, но и характерное для нее значение первичного Sr-изотопного отношения $I = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$. В литературе по петрологии магматических пород величина I часто рассматривается в качестве однозначной генетической "метки" породы: считается, что низкое значение I , близкое к "мантийному", указывает на преимущественно мантийное происхождение субстрата, а сравнительно высокое - свидетельствует о большой доле в субстрате корового материала. Цель нашей статьи - показать некорректность такой интерпретации с точки зрения элементарной теории изотопных соотношений в двухкомпонентных смесях [1].

Субстрат магматической породы теоретически рассматривается как гомогенная смесь корового (k) и мантийного (m) веществ, доля которых по массе соответственно равна f_k и $f_m = 1 - f_k$. Непосредственно перед смешиванием, длительность которого принимается пренебрежимо малой, коровый компонент имел Sr-изотопное отношение I_k и содержание стронция C_k , а мантийный - соответственно I_m и C_m . Получившаяся смесь характеризуется некоторым средним содержанием стронция C и Sr-изотопным отношением I , выполняющим в дальнейшей истории породы роль первичного отношения $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$.

Решение задачи о нахождении I по известным характеристикам компонентов смеси дается в упомянутой монографии В.М. Даценко формулой (9.9), которая в наших обозначениях имеет вид:

$$I = I_k C_k f_k / C + I_m C_m (1 - f_k) \quad (1)$$

$$\text{где } C = C_k f_k + C_m (1 - f_k) \quad (2)$$

После подстановки (2) в (1) получаем

$$I = \frac{f_k (I_k C_k / C_m - I_m) + I_m}{f_k (C_k / C_m - 1) + 1} \quad (3)$$

Решая последнее уравнение относительно f_k , приходим к следующему соотношению:

$$f_k = \frac{I}{I + (C_k / C_m)(I_k - I)(I - I_m)} \quad (4)$$

Из формул (3) и (4) следует, что однозначная связь между измеренным первичным Sr-изотопным отношением I и долей в субстрате корового материала возможна только при постоянстве параметров I_k , I_m и отношения C_k/C_m . В действительности это условие не выполняется: как известно, I_m варьируется примерно в интервале 0,700...0,704 (в зависимости от возраста мантийного компонента), I_k - от 0,705 до 0,800 и более, C_k/C_m - от 10^{-1} до 10^3 и более. В каждом конкретном случае значение этих параметров неизвестно, поэтому только по величине I невозможно сделать однозначное заключение о доле в субстрате корового (и соответственно мантийного) материала.

Например, если первичное Sr-изотопное отношение оказалось равным 0,715, что намного больше "мантийного" отношения I_m , то из этого факта совсем не следует (как обычно полагают), что субстрат породы содержит много корового вещества. Вычисления по формуле (4) при $I = 0,715$ дает весьма широкий диапазон возможных значений f_k - от 0,013% до 100%, если в расчетах принять $I_m = 0,704$ и учесть возможные значения $I_k = 0,715... 0,800$ и $C_k/C_m = 10^{-1}... 10^3$. Следовательно, даже при $I \gg I_m$ доля корового материала в субстрате может быть меньше 1%. Это легко понять и без вычислений: если в коровом компоненте содержание стронция намного больше, чем в мантийном компоненте ($C_k/C_m \gg 1$), то в таком случае даже небольшая добавка к мантийному материалу корового способна резко изменить Sr-изотопное соотношение смеси в сторону "корового" отношения I_k .

Таким образом, если $I \gg I_m$, то это лишь указывает на большую долю в смешанном строн-

ции корового стронция, а такое возможно как при большой, так и при малой доле в смеси коровой массы - в зависимости от того, каково конкретно отношение C_k/C_m .

Аналогичным образом можно показать, что обнаружение низкого, "околломантийного" значения I ($I \gg I_m$) еще не есть доказательство отсутствия или малого количества в субстрате породы корового материала. Пусть, например, $I=0,705$. Для вычислений f_k по формуле (4) примем $I_m=0,704$ и учтем возможные значения $I_k=0,705... 0,800$ и $C_k/C_m=10^{-1}... 10^3$. В результате снова получаем широкий диапазон возможных значений f_k - от 0,001% до 100%. Случай $f_k \gg 100\%$ здесь возможен либо из-за малого содержания стронция в коровом материале ($C_k/C_m \ll 1$), либо если "коровое" изотопное отношение I_k мало отличается от "мантийного" ($I_k \gg I_m$). При этом доля корового стронция в смешанном стронции может быть и небольшой (если $C_k/C_m \ll 1$), и значительной (если $I_k \gg I_m$).

Следует отметить, что случай $I_k \gg I_m$ не является какой-то экзотикой - он просто соответствует низкому Rb/Sr-отношению в коровом компоненте субстрата и (или) небольшому возрасту этого компонента.

Таким образом, знание первичного Sr-изотопного отношения магматической породы само по себе не может накладывать строгих "генетических ограничений" на модели ее происхождения - слишком многое еще зависит от других, скрытых параметров - C_k/C_m , I_k и частично I_m , которые, как уже говорилось, в каждом конкретном случае неизвестны. Поэтому, например, нельзя считать парадоксальным и тем более принципиально ошибочным сообщение о том, что "коровые по условиям образования граниты могут не обладать "коровыми" Sr-изотопными характеристиками" (Даценко, 1997). Иными словами, если $f_k \gg 100\%$, то при этом может быть $I \gg I_m$. Такой случай вполне возможен и объясним с точки зрения рассмотренной теории, хотя он и противоречит "обычной" (некорректной) интерпретации первичного Sr-изотопного отношения.

Выводы

По измеренному первичному отношению I невозможно сделать однозначное заключение о соотношении в субстрате породы масс корового и мантийного вещества. Отклонение I от "мантийного" значения I_m однозначно указывает только на привнос корового стронция в смешанный стронций субстрата.

Список литературы

1. Даценко В.М. Rb-Sr-характеристики и рудоносность гранитоидов//Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала. Тезисы докладов VI Уральского петрографического совещания. Екатеринбург, 1997. Ч.2. С.157-159.
2. Фор Г. Основы изотопной геологии. М.:Мир, 1989. 590с.