

Ю.Л.РОНКИН, А.Г.НОСКОВ, Д.З.ЖУРАВЛЕВ

Sm-Nd ИЗОТОПНАЯ СИСТЕМА СЫСЕРТСКОГО ГНЕЙСОВО-МИГМАТИТОВОГО КОМПЛЕКСА

Сысертский гнейсово-мигматитовый комплекс (СГМК) метаморфических и магматических пород представляет собой северный фрагмент более крупной структуры - Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория. Анализ развития представлений о геологическом строении этого района, а также накопленный к настоящему времени значительный объем радиологических данных позволяют выделить как минимум две принципиально различные модели эволюции Сысертско-Ильменогорской структуры.

Наибольшее распространение получила гипотеза о наличии древнего (архейско-протерозойского) возраста субстрата, который на ранних этапах своего развития испытал метаморфизм гранулитовой фации, а затем, в палеозойское время, был ремобилизован в результате регрессивного метаморфизма уровня амфиболитовой фации.

Вторая точка зрения предполагает изначальное присутствие вулканогенного (вулканогенно-осадочного?) субстрата раннепалеозойского, возможно рифей-вендского, возраста, претерпевшего одноактный прогрессивный метаморфизм в средне-позднепалеозойское время.

Наконец, многие противоречия в толковании истории развития СГМК обусловлены тем, что подавляющее большинство геологических выводов, касающихся построения модели эволюции непосредственно СГМК, основаны на разного рода региональных сопоставлениях и косвенных аналогиях.

Настоящая работа стимулирована, с одной стороны, появлением нового фактического материала в результате полевых наблюдений, с другой, - стремлением авторов к рациональной оценке применимости различных изотопных систем-геохронометров для реконструкции истории развития СГМК.

Накопленный опыт изотопно-геохронологических исследований позволяет считать целесообразным использование Sm-Nd метода для датирования основных по

составу пород (амфиболитов, амфибол-биотитовых гнейсов и сланцев), присутствующих в составе всех стратиграфических подразделений СГМК.

Sm-Nd методом были изучены следующие образцы:

1. Шумихинская свита. Проба C245/29 - амфиболит (верховья Глубочинского болота).

2. Черновская свита. Пробы C217/45 - амфибол-биотитовый гнейс (4 км на восток от оз. Сысертское), C211/50 - плагиосланец (2 км на северо-восток от оз. Сысертское).

3. Сайтовская свита. Проба C198/39 - амфиболит (10 км на восток от оз. Иткуль).

Определение изотопного состава Sm и Nd осуществлялось масс-спектрометрическим методом изотопного разбавления. Процедура химической подготовки образцов к измерению изотопного состава Sm и Nd содержала ряд последовательных операций: а) разложение проб, б) выделение суммы редких земель, в) разделение Sm и Nd, г) подготовка Sm и Nd для дальнейшего нанесения на ленту источника ионов масс-спектрометра.

Разложение проб проводили смесью плавиковой и хлорной кислот в тефлоновых автоклавах. Навеска с определенным количеством трассера $^{150}\text{Sm} + ^{149}\text{Nd}$ (исходя из оптимального соотношения 0,2 г трассера на 1 мкг неодима в навеске), выдерживалась при температуре 180°C в течение 1-2 суток. Реакционная смесь выпаривалась досуха в среде с избыточным давлением чистого азота, после чего производилось растворение в 6N HCl и повторное упаривание. Далее сухой остаток растворялся в 3 мл 2,3N HCl и центрифугировался. Полученный раствор вносился в первую хроматографическую колонку с катионом Dowex 50x8. В этой колонке осуществлялось отделение суммы РЗЭ от остальных составляющих пробы путем ступенчатого элюирования 2,3N и 4N HCl. Фракцию элюата, содержащую Nd, Sm, другие РЗЭ и следы некоторых элементов, упаривали и растворяли в 0,5 мл 0,1N HCl. Окончательное разделение Sm и Nd проводилось на второй хроматографической колонке с ди-(2этилгексил)ортофосфорной кислотой, нанесенной на инертный носитель. С целью более эффективного отделения Nd и Sm от следов щелочноземельных элементов проводили градиентное элюирование 0,1N и 0,3 N HCl. Все химические операции выполняли в чистом помещении с использованием тефлоновой и кварцевой посуды и реактивов. Уровень лабораторного фона обычно не превышал 3×10^{-10} г для Nd и 2×10^{-10} г для Sm.

Масс-спектрометрический анализ изотопного состава Sm и Nd проводился на мультиколлекторном приборе FINNIGAN MAT-262 в статическом режиме. Изотопные отношения неодима нормировались по величине $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$. Внутренняя статистика масс-спектрометрического анализа обеспечивала сходимость результатов в опыте лучше 0,002% для отношения $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$. Воспроизводимость результатов оценивалась по результатам параллельных измерений международного стандарта La Jolla. Точность определения Sm/Nd отношения вычислялась по долговременной воспроизводимости измерений стандарта BCR-1 (Columbia River Basalt) и составила 0,2% (2-Sigma). Вычисление и оценку параметров эволюционных диаграмм осуществляли с применением соответствующих регрессионных программ /4/. В возрастных расчетах использовалась константа $6,54 \times 10^{-12}$ 1/год /5/. Результаты исследования Sm-Nd системы в породах и минералах СГМК приведены в таблице и на рисунке.

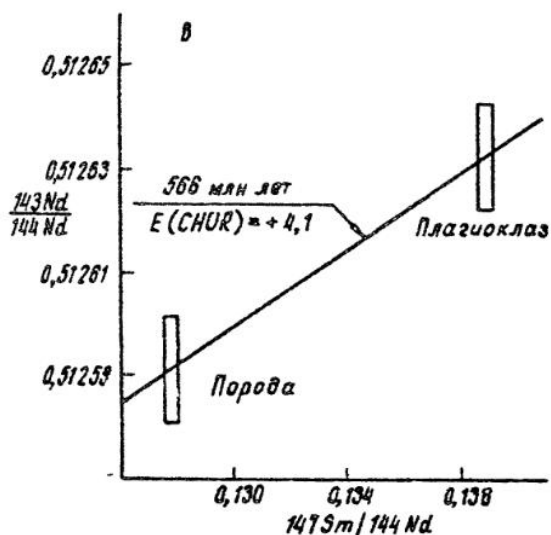
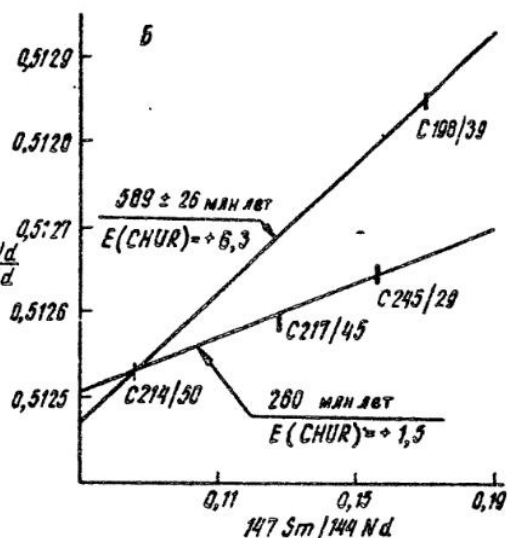
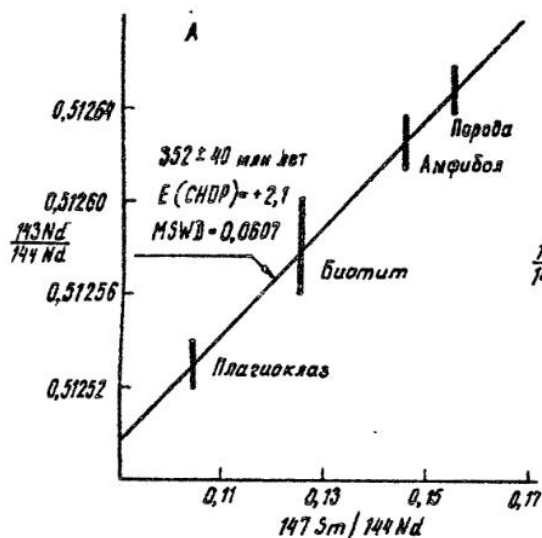
Sm-Nd изотопные данные пород и минералов СГМК

| Порода и номер пробы | Содержание, мкг/г | | $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | T _{Dm} , млрд лет |
|------------------------------------|-------------------|--------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| | Nd | Sm | | | |
| C-214/50, плагиосланец | 53,20 | 7,570 | 0,08601 | 0,512548(10) | 0,722 |
| C-198/39, амфиболит | 7,710 | 2,170 | 0,16974 | 0,512889(10) | 0,913 |
| C-245/29, плагиоклаз | 2,989 | 0,5165 | 0,10447 | 0,512529(10) | - |
| C-245/29, биотит | 1,558 | 0,3243 | 0,12581 | 0,512580(21) | - |
| C-245/29, амфибол | 24,76 | 5,9920 | 0,14627 | 0,512624(10) | - |
| C-245/29, амфиболит | 27,50 | 7,0840 | 0,15574 | 0,512648(10) | 1,33 |
| C-217/45, амфибол-биотитовый гнейс | 22,28 | 4,7100 | 0,12781 | 0,512591(10) | 1,0 |
| C-217/45, биотит | 2,076 | 0,4512 | 0,13138 | 0,512698(21) | - |
| C-217/45, плагиоклаз | 2,712 | 0,6229 | 0,13887 | 0,512632(10) | - |

Примечание. Погрешности (указаны в скобках) для $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ определены 2- σ средн. уровня; для $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ - единичного. Изотопные отношения неодима скорректированы относительно $^{148}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,241578$. Параметры для DM: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,2135$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,513151$.

Модельные датировки для пород в целом, относительно деплетированной мантии с параметрами $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,2135$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,513151$, колеблются в интервале от 0,722 до 1,33 млрд лет. Наблюдаемый размах значений T_{Dm} позволяет получить оценку максимально возможного возраста субстрата для изучаемых пород. Эта оценка основана на предположении о том, что первичные отношения изотопов неодима в исследуемых образцах не могут превышать некоторой величины, характерной для деплетированной мантии (T_{Dm}). В данном случае наибольшее рассчитанное значение T_{Dm} 1,33 соответствует амфиболиту C245/29. Рисунок отображает положение четырех фигуративных точек C214/50, C217/45, C245/29, C198/39 в координатах $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ - $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ и иллюстрирует поведению Sm-Nd изотопной системы для образцов пород в целом. Аппроксимация наблюдаемой зависимости позволяет получить два Sm-Nd возраста. Первое значение соответствует 260 млн лет при $\epsilon(\text{CHUR}) = +1,5$. (Здесь и далее в тексте CHUR имеет современные координаты: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1967$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512638$.) Аналогичные цифры 260 ± 6 и 261 ± 28 млн лет были получены нами ранее Rb-Sr изохронным методом для плагиогнейсов и гранитизированных гнейсов шумихинской свиты /1/. Кроме того, более 80% K-Ar датировок биотитов, мусковитов, амфиболов и плагиоклазов из пород шумихинской, сысертской, сайтовской, черновской толщ, выполненных позднее авторами /2/, также лежат в интервале 240-280 млн лет и интерпретируются как возраст заключительного этапа гранитизации.

Характерной особенностью графика является более высокое положение точки, соответствующей пробе C198/39, аппроксимация которой в паре с образцом C214/50 определяет возраст 589 ± 26 млн лет при $\epsilon(\text{CHUR}) = +6,3$. Близкую величину к этому дает двухточечная изохрона для пары C217/45 порода - плагиоклаз. Эти факты, а также сопоставление Sm-Nd информации с U-Pb данными по



Sm-Nd эволюционные диаграммы для пород и минералов СГМК.

А - для пробы С=245/29; Б - для пород СГМК; В - для пробы С-217/45.

аксессуарным цирконам /3/ позволяют трактовать полученные цифры как возможный возраст исходного субстрата для изученных образцов.

На этом же рисунке представлена эволюционная диаграмма для амфиболита С245/29, которая иллюстрирует наличие изохронной зависимости.

зависимости (MSWD=0,0607) для фигуративных точек плагиоклаз-биотит-амфибол-порода в целом. В данном случае Sm-Nd система испытала полную изотопную гомогенизацию, датированную возрастом 352 ± 40 млн лет при $\epsilon(\text{CHUR}) = +2,1$. Таким образом, с одной стороны, для данной пробы наблюдается изотопное равновешивание, датированное 352 млн лет, с другой, валовому составу соответствует максимальное значение TDM, что даст возможность (с учетом геологических данных) трактовать Sm-Nd датировку 352 ± 40 млн лет как метаморфизм уровня амфиболитовой фации.

Таким образом, изучение изотопной системы в породах и минералах сысертского гнейсово-мигматитового комплекса позволяет получить следующую возрастную и генетическую информацию.

1. Модельная Sm-Nd датировка (TDM) относительно деплетированной мантии и позволяет оценить цифру 1,33 млрд лет как границу максимально возможного возраста субстрата для амфиболитов.

2. 580 ± 20 млн лет (усредненная величина датировок по изохронам для фигуративных точек C217/45 порода - C217/45 плагиоклаз и C214/50 порода - C198/39 порода) - интерпретируется как возможный возраст исходного субстрата СГМК.

3. 352^{+40} млн лет - возраст амфиболитовой фации метаморфизма (проба С245/29 - порода и составляющие ее минералы).

4. 260 млн лет - возраст закрытия изотопных систем, связанный с процессами гранитизации (образцы пород в целом С214/50, С217/45, 245/29).

5. Положительные значения параметра Эпсилон (ε_{Nd}) в изученных породах предполагают минимальное участие сиалического материала в ходе эволюции сысертского гнейсово-мигматитового комплекса.

Итак, в рамках проведенного изучения поведения Sm-Nd изотопной системы гипотеза о наличии древнего (архейско-протерозойского) возраста субстрата для исследованных образцов СГМК не находит подтверждения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Краснобаев А.А., Ронкин Ю.Л., Степанов А.И., Лепихина О.П. О возрасте гранитизации и природе субстрата гнейсов Сысертско-Ильменогорского комплекса // Ежегодник-1977 / Ин-т геологии и геохимии УИЦ АН СССР. Свердловск, 1978. С.3-6.

2. Носков А.Г., Калеганов Б.А. Калий-аргоновое датирование Шумихинского комплекса и его обрамления // Ежегодник-1991 / Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1992. С.66.

3. Ронкин Ю.Л., Краснобаев А.А., Русин А.И., Носков А.Г. Изотопно-геохронологическое исследование пород и минералов Сысертского гнейсово-мигматитового комплекса. Свердловск, 1990.

4. Ludwig K.R. A Plotting and Regression Program for Radiogenic Isotope Data // United States Geol. Surv. Open-File Report 91-445. 1992. Rev. March 6. P.1-40.

5. Lugmair G.W., Marti K. Lunar initial $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$: Differential evolution of the lunar crust and mantle // Earth Planet. Scie. Letters. V.39. P.349-357.