

пробега продольной и поперечной волн, и минимальной удельной массовой активностью (в среднем 16 Бк/кг против 34,6 Бк/кг в карбонатных породах и 91,5-611 Бк/кг в углеродистых метапелитах).

Метаосадочные породы суйсарской и заонежской свит резко различаются по содержанию некарбонатного углерода (Снк). В первых Снк=0,1-0,5%, в последних Снк меняется от 1,5-4,0% до 7,0-23%, в отдельных разностях концентрации Снк достигают 30,0-55,0%. Спектральный анализ углеродистых осадочных пород показал высокие, в некоторых случаях аномальные содержания естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ). В осадках заонежской свиты содержания Th (3-27 г/т) и U (4-23 г/т) на порядок выше, чем в суйсарской свите (Th 1,6-6,0 г/т, U и 0,1-1,5 г/т). Встречаются ураноносные высокорadioактивные разности (с Th/U>2). Базальты и долериты людиковия характеризуются низкими содержаниями ЕРЭ (Th 1,6 г/т; U 0,7 г/т; K<sub>2</sub>O 0,5%).

В составе глубокосорбированных газов в углеродистых осадочных породах (по данным газовой хроматографии, в пересчете на безвоздушный состав) преобладают N<sub>2</sub> (0,5-18,0 см<sup>3</sup>/кг) и CO<sub>2</sub> (7,0-21,0 см<sup>3</sup>/кг); присутствуют углеводороды (0,02-4,8 см<sup>3</sup>/кг) – преимущественно метан (0,01-3,9 см<sup>3</sup>/кг) и H<sub>2</sub> (0-1,8 см<sup>3</sup>/кг). Концентрации углеводородов в заонежской свите на один-два порядка выше, чем в суйсарской.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ранний докембрий Балтийского щита. СПб.: Наука, 2005. 711 с.
2. Проблемы стратиграфии нижнего протерозоя Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1989. 159 с.

## ПАРАДОКСЫ ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МАНТИЙНОГО ВЕЩЕСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПЕТРОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МАНТИЙНЫХ КСЕНОЛИТОВ

Никитина Л.П.<sup>1</sup>, Пушкарёв Ю.Д.<sup>1</sup>, Вревский А.Б.<sup>1</sup>, Богомолов Е.С.<sup>1</sup>, Крымский Р.Ш.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, г. Санкт-Петербург, lpn@ln 10839.spb.edu; ydcanon@rambler.ru

<sup>2</sup>ВСГЕИ, г. Санкт-Петербург

Изучение изотопного состава мантийных магматических производных является эффективным способом оценки состава геосфер Земли. На основе такого подхода была разработана Sr-Nd изотопно-геохимическая систематика мантийного вещества, согласно которой выделены три главные его разновидности: мантия примитивная, отождествлявшаяся с веществом хондритового однородного резервуара – CHUR, мантия обедненная, определяемая как источник базальтов срединно-океанических хребтов -MORB, и мантия обогащенная – вещество, в котором отношение Sm/Nd ниже хондритового. Эта систематика около 30 лет использовалась при разработке многочисленных моделей развития системы «кора-мантия». Однако со временем стали накапливаться признаки противоречивости подобной классификации. Наиболее четко они были сформулированы Ю.А.Костицын [1], убедительно показавшим на основе анализа Sm-Nd изотопной систематики мантийных вулканитов, что никакого однородного хондритового резервуара, в действительности не существует и что источником MORB является примитивная мантия (PM). Однако на этом издержки общепринятой классификации мантийного вещества не исчерпываются, и выполненное нами изучение мантийных ксенолитов вскрывает новые противоречия.

Определение химического состава мантийных ксенолитов позволяет выявить степень их обедненности/обогащенности относительно состава примитивной мантии по содержанию магнефильных элементов. Такое прямое изучение состава источников мантийного вещества в сочетании с особенностями распределения в них редкоземельных элементов дает возможность оценить надежность идентификации источника мантийных производных по продуцируемому им изотопному составу неодима. В итоге выявляются парадоксы, позволяющие поставить под сомнение достоверность выполненных ранее изотопно-геохимических реконструкций по идентификации источников мантийного вещества на основе изотопного состава их производных.

(1) Результаты изотопно-геохимического изучения мантийных ксенолитов, которые, судя по петрохимическим характеристикам никогда не принимали участия в процессе корообразования, не подвергались мантийному метасоматозу и не испытывали частичного плавления, и следовательно идентичны по составу примитивной мантии (ПМ), свидетельствуют о том, что изотопный состав неодима и стронция таких ксенолитов соответствует источнику MORB. Этот вывод подтверждает корректность независимой оценки величины Sm/Nd в PM по толеитам MORB [1] и в свою очередь подтверждается результатами особо прецизионных исследований изотопной системы <sup>142</sup>Nd - <sup>146</sup>Sm для Земли, Луны и Марса [2]. Таким образом, выясняется, что общепринятые в изотопной систематике характеристики мантии обедненной, действительно, соответствуют мантии примитивной. Отсюда, такие мантийные производные как карбонатиты (как и все остальные магматические породы с ENd<+10), которые до сих пор считались производными мантии деплетированной, на самом деле возникли за счет мантии обогащенной.

(2) Другая парадоксальная ситуация состоит в том, что вопреки существующим представлениям в подавляющем большинстве обедненных мантийных ксенолитов величина Sm/Nd отношения не выше, а ниже, чем в

примитивной мантии. Причем она проявляет тенденцию к прогрессирующему понижению с повышением степени дифференциального плавления. Объяснение этого эффекта простой контаминацией веществом вмещающих базальтов не согласуется с балансными расчетами, так же, как и в работе [3]. При этом концентрация и самария, и неодима с уменьшением степени плавления закономерно возрастает, но практически не заходит за их содержание в примитивной мантии. Если предполагать, что такое увеличение концентрации РЗЭ связано с контаминацией редкоземельными элементами из вмещающих базальтов, то придется делать маловероятное допущение, что такая контаминация веществом, на два порядка более богатого лантаном по сравнению с РМ, в подавляющем большинстве случаев останавливается на составе РМ или до него. Дополнительные возможности объяснения этого феномена открывает селективная контаминация РЗЭ, связанная с развитием пленочных фосфатов. Мы исследуем этот парадокс на основе различных подходов и в частности в связи с особенностью поведения Sm и Nd, при котором только самарий имеет две разные формы валентности, а также с позиций изменения коэффициентов распределения этих двух элементов при разных давлениях.

(3) Заведомо обедненные магмафильными элементами мантийные ксенолиты нередко проявляют значительный дефицит REE (до двух порядков величины) по сравнению с составом РМ при том, что отношение Sm/Nd в них ниже хондритового. Такое вещество, как и его магматические производные, будет мечено отрицательными значениями ENd, создавая иллюзию мантийного источника, обогащенного высоко несовместимыми элементами.

(4) Часто толеиты MORB имеют величину Sm/Nd существенно более высокую по сравнению с хондритовой. Очевидно, что, если такие заведомо обогащенные производные мантийного вещества не покинут мантийный резервуар и через какое-то время подвергнутся повторному плавлению, они будут генерировать расплавы с изотопным составом неодима, соответствующим обедненному источнику вещества.

Из всего этого следует, что особенности распределения редкоземельных элементов, скорее всего, не связаны универсальной зависимостью с содержанием главных петрогенных элементов. Соответственно неодимовые изотопные характеристики не несут надежной информации о петрохимической обедненности или обогащенности мантийного вещества, обусловленной его участием в корообразовании, а отражают лишь конечный результат перераспределения РЗЭ в разнообразных мантийных процессах.

*Гранты РФФИ № 08-05-00861-а и № 07-05-00527-а*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Костицын Ю.А. Sm-Nd и Lu-Hf изотопные системы Земли: отвечают ли они хондритам? // Петрология. 2004. Т.12. №5. С. 451-466.
2. Caro G., B.Bourdon, A.N.Xalliday, G.Quitte Super-chondritic Sm/Nd ratios in Mars, the Earth and the Moon // Nature, 2008. Vol.452. №20.
3. Stosch H.G., Lugmair G.W., Kovalenko V.L. Spinel peridotite xenoliths from the Tariat Depression, Mongolia. II: Geochemistry and N and Sr isotopic composition and their implications for the evolution of the subcontinental lithosphere // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1996. Vol.50 P. 2601-2614.

### ВОЛНЫ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ И МИГРАЦИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЗЕМНОЙ КОРЕ ФЕННОСКАНДИИ

**Никонов А.А.**

Институт физики Земли РАН, г. Москва, nikonov@ifz.ru

Фенноскандия (каледониды Норвегии и Фенноскандинавский щит – ФЩ) с поперечником в направлении СЗ–ЮВ 1200-1500 км может рассматриваться как единый домен с точки зрения сейсмичности и действующего регионального поля напряжений. Основные сейсмические события в регионе известны за последние 500-700 лет, каталоги умеренных и слабых тектонических землетрясений вполне представительны за последние 200-300 лет. Это позволяет выявить основные черты сейсмичности региона (домена) в указанных пространственно-временных рамках. Эти черты следующие: 1) умеренный по выделенной сейсмической энергии уровень сейсмичности в ряду сейсмически активных регионов; 2) общее уменьшение числа и энергии сейсмических событий от континентального склона на северо-западе региона (на границе с бассейном Северного моря) к юго-востоку, вплоть до практически полного сейсмического спокойствия в полосе на Северо-Польской равнине, Мазурско-Белорусском поднятии и в северо-западных районах Европейской России; 3) чередование полос («зон») общего СВ–ЮЗ простираения повышенной и пониженной сейсмичности при общем снижении её уровня с СЗ к ЮВ, т.е. с удалением от внешней границы ФЩ [1-4].

Стационарное региональное поле напряжений согласно исследованиям ряда авторов с использованием прямых измерений в горных выработках в породах фундамента и определений механизмов очагов коровых землетря-