

ПРИЗНАКИ ОБОГАЩЕННОЙ МАНТИИ В АРХЕЙСКИХ КАРБОНАТИТАХ И ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОДАХ БАЛТИЙСКОГО И ГРЕНЛАНДСКОГО ЩИТОВ

Зозуля Д. Р., Баянова Т. Б.

Геологический институт Кольского НЦ РАН, Апатиты, Россия, zozulya@geoksc.apatity.ru

Проявления щелочных пород в архее весьма незначительны и известно только несколько комплексов в кратонах Сьюперитор и Слэйв (Канадский щит), Найн (Гренландия), Йилгарн (Австралия) и Зимбабве/Танзания (Южная Африка) [1]. Породы представлены щелочными и нефелиновыми сиенитами, фойдолитами, карбонатитами, щелочными гранитами, а также лампрофирами и калиевыми вулканитами. Наиболее древние щелочные породы имеют возраст около 2.7 млрд лет. Позднепротерозойские и фанерозойские проявления щелочных пород встречаются в трех основных геодинамических структурах: 1) континентальных рифтах, 2) океанических островах, 3) зонах субдукции (тыловые области – для щелочных гранитов). В раннем докембрии отсутствуют щелочные породы, формирующиеся в виде горячих точек на океанической коре и в континентальных рифтах, и геодинамическая обстановка образования архейских щелочных пород интерпретируется как субдукционная, а их источником считается деплетированная мантия [1]. Кроме того понимается так, что формирование позднеархейских щелочных комплексов в субдукционной обстановке происходит на конечных стадиях развития зеленокаменных поясов, а деплетированный источник объясняется отсутствием метасоматических процессов в архейской мантии [1].

Карбонатитовый комплекс Сиилиярви находится в восточной Финляндии и приурочен к периферии архейского Карельского кратона. Массив пород представляет собой крутопадающее дайкообразное тело с длиной на поверхности около 16 км и максимальной шириной 1.5 км [2]. Породы массива прорывают архейские гранито-гнейсы и представлены глиммеритом (состоит главным образом из флогопита), флогопитовым карбонатитом, кальцитовым карбонатитом и их апатит-обогащенными (до 10%) разностями. Все породные разновидности обладают массивной текстурой, характеризуются средне- и крупнозернистой структурой. Флогопитовые и флогопит-содержащие разности являются первой и основной по объему интрузивной фазой. Последняя интрузивная фаза представлена протяженной (4 км) дайкой меласиенита мощностью 20-30 м. Вмещающие породы подвержены фенитизации на расстоянии до 1 км и по составу отвечают щелочным сиенитам. С массивом связано месторождение апатитовых руд [2].

Сахарйокский массив щелочных пород расположен в западной части Кейвского террейна (Кольский кратон). Террейн сложен, главным образом, позднеархейскими метавулканитами от основного до кислого состава и метаосадками, залегающими на тоналит-трондьемит-гранодиоритовом (ТТГ) фундаменте Центрально-Кольского блока, а также межформационными интрузиями позднеархейских (2650-2670 млн лет [3]) щелочных гранитов Кейвского комплекса. Сахарйокский массив залегает в пределах южной части Западнокейвского массива щелочных гранитов, является интрузией трещинного типа и сложен щелочными габброидами (эссекситами), нефелиновыми сиенитами и щелочными сиенитами [4]. Щелочная магма внедрялась по вертикальным разломам между щелочными гранитами и гнейсо-диоритами в виде протяженных, свыше 7 км, крутопадающих дайкообразных тел. Максимальной ширины (1.5-2 км) массив достигает в северной части. В западной и юго-западной части массива залегают щелочные сиениты. Нефелиновые сиениты приурочены к восточной части массива, где в пределах последних размещены крупные (размером до 80x200 м) выходы эссекситов. Нефелиновые сиениты метасоматически воздействуют на вмещающие их щелочные граниты, а так же на щелочные сиениты и эссекситы, образуя фенитовые ореолы и пегматитовые жилы. Сиениты Сахарйокского массива имеют гнейсовидную текстуру, обусловленную плоско-параллельным размещением темноцветных минералов (лепидомелан, эгирин, феррогастингсит) и которая объясняется

поздними процессами метаморфической переработки [3]. С нефелиновыми сиенитами связано комплексное Zr-REE месторождение [5].

Ранее для карбонатитов Сиилинярви был приведен возраст 2.58 млрд лет [1], а так же 2.61 млрд лет [6]. Полученные новые U-Pb возраста по цирконам и бадделеиту из карбонатита и крупного (2 см) кристалла циркона из пегматоидного тела массива Сиилинярви составляют 2613 ± 18 и 2611 ± 10 млн лет, соответственно, и уточняют время формирования массива. Для цирконов из нефелиновых сиенитов массива Сахарйок получен U-Pb возраст 2613 ± 35 млн лет, который в пределах ошибки совпадает с возрастом карбонатитов и позволяет говорить об едином позднеархейском магматическом импульсе формирования щелочных нефелиновых пород и карбонатитов Балтийского щита. Для щелочных сиенитов массива Сахарйок получен U-Pb возраст по циркону, равный 2682 ± 10 млн лет, что значительно древнее возраста формирования нефелиновых сиенитов, и в то же время он попадает в интервал возрастов, полученных для Кейвского щелочногранитного комплекса. Это дает основание считать, что щелочные сиениты являются ранней интрузивной фазой щелочногранитного комплекса.

Для Sm-Nd изотопных исследований были отобраны представительные пробы из всех разновидностей пород изучаемых массивов. Из глиммерита массива Сиилинярви были выделены минеральные фракции апатита, рихтерита и флогопита. Изохрона, построенная по минералам и породе, отвечает возрасту 2615 ± 57 млн лет, который в пределах ошибок изотопных измерений совпадает с U-Pb возрастом карбонатита.

Карбонатиты и щелочные породы массивов Сиилинярви и Сахарйок имеют высокие содержания Nd (от 50 до 300 ppm), что позволяет пренебречь возможной контаминацией соответствующей изотопной системы коровым субстратом (содержание Nd для пород ТТГ-комплекса до 20 ppm). Карбонатиты и глиммериты массива Сиилинярви характеризуются узкими пределами вариаций $\epsilon_{Nd}(T)$ (от -0.3 до -1.2). Эти изотопные данные отражают истинные характеристики мантийного источника, поскольку Sm-Nd система не была нарушена в ходе поздних процессов (подтверждается сходимостью U-Pb и Sm-Nd возрастов). Вариации $\epsilon_{Sr}(T)$ более широкие (от -2.7 до +50.5) и, по-видимому, связаны с процессами магматической дифференциации. На основании всех полученных изотопно-геохимических данных можно сделать вывод, что для первичных магм карбонатитов и глиммеритов существовал умеренно обогащенный мантийный источник (рис. 1). Аномально высокое обогащение карбонатитовой магмы несовместимыми элементами иллюстрируется распределением REE: весьма высокое отношение LREE/HREE и отсутствие Eu аномалии (рис. 2).

По данным изучения Sm-Nd изотопной системы для щелочных пород Сахарйокского массива получен относительно большой разброс значений $\epsilon_{Nd}(T)$ (от +0.5 до -3.0), что находится в соответствии с высокой степенью метаморфической переработки большинства их разновидностей. Вариации $\epsilon_{Sr}(T)$ (от +100 до +5800) объясняются длительной магматической дифференциацией. Однако, следует отметить, что наименее метаморфизованные и дифференцированные разновидности пород (щелочное габбро - эссексит) располагаются на диаграмме $\epsilon_{Sr}(T)$ - $\epsilon_{Nd}(T)$ в поле EM-2 резервуара (рис. 1), который, как предполагается, образовался путем метасоматического обогащения мантии за счет флюидов, поступавших из субдуцированных пород океанической коры и осадков. В отличие от других архейских щелочных пород сиениты Сахарйокского массива обладают высокими содержаниями некоторых несовместимых элементов и высоко-зарядных катионов (Zr (1500-4000 ppm, в оруденелых разновидностях – до 10000 ppm), Nb (200-600 ppm), Ta (10-20 ppm), Y (100-500 ppm), REE (0.1-0.3%), Rb (400-900 ppm)) и пониженными индикаторными отношениями Y/Nb и Yb/Ta (<1.2), что также характерно для производных обогащенной мантии. Таким образом, по своим геохимическим характеристикам нефелиновые сиениты массива Сахарйок соответствуют дифференциатам щелочнобазальтовых магм океанических островов (OIB-магм). Следует отметить, что близкие по возрасту вмещающие породы

Кейвского щелочногранитного комплекса являются типичными А-гранитами, которые также формируются во внутриплитных обстановках [3].

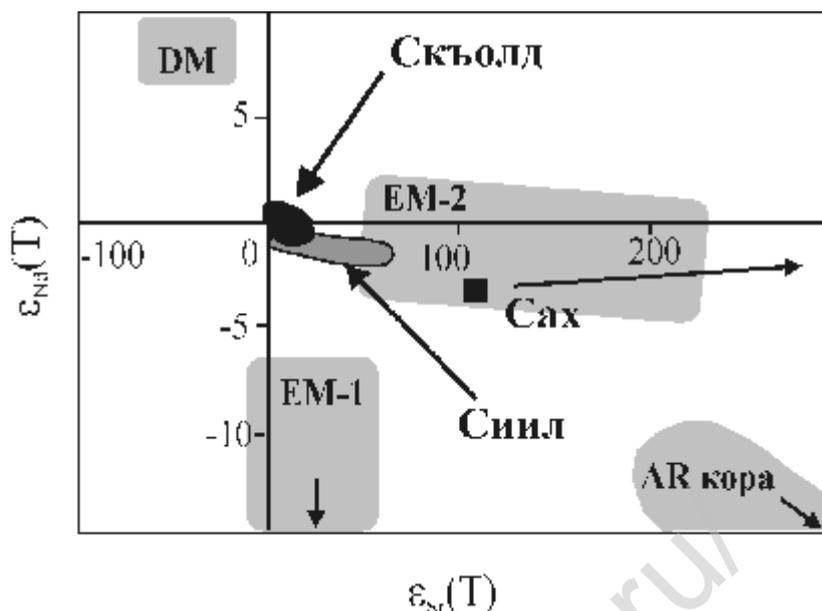


Рис. 1. Диаграмма $\epsilon_{Nd}(T)$ - $\epsilon_{Sr}(T)$ для архейских щелочных пород Балтийского и Гренландского щитов (Сах – тренд для щелочных пород Сахарйокского массива (квадрат – щелочное габбро (эссексит)); Сиил – карбонатитовый комплекс Сиилинярви; Скьолд – щелочная провинция Скьолдунген).

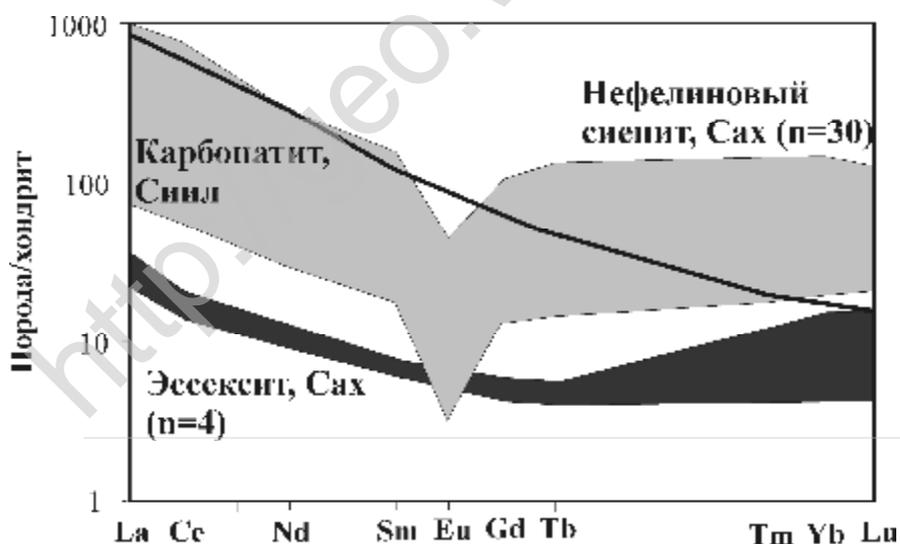


Рис. 2. Хондрит-нормализованные графики распределения REE в породах массива Сахарйок (Сах) и Сиилинярви (Сиил).

Распределение REE в нефелиновых сиенитах имеет крутой наклон (среднее значение La/Yb_n составляет 7.5 при вариациях от 1.9 до 16) и выраженный Eu-минимум (среднее значение Eu/Eu^* - 0.29) (рис. 2), что свидетельствует о значительной роли процессов фракционной кристаллизации в их происхождении и о некоторой обогащенности мантийного источника. Наиболее примитивное распределение REE характерно для эссекситов Сахарйокского массива (La/Yb_n варьирует от 2.5 до 5.7 при отсутствии Eu аномалии), что позволяет предположить первоначальный характер их магматических расплавов для всего комплекса.

Из всех известных архейских щелочных комплексов наиболее близкой к рассматриваемым породам по своим изотопно-геохимическим особенностям является щелочная провинция Ськолдунген в восточной Гренландии, кратон Найн (пироксениты, горнблендиты, монцониты, фойдолиты, карбонатиты), которая сформировалась в интервале 2.70-2.66 млрд лет [7]. Проведенный сравнительный анализ архейских щелочных пород Балтийского и Гренландского щитов показал их вероятную единую генетическую и геодинамическую эволюцию в ходе развития позднеархейского плюма с характеристиками обогащенной мантии (2.70 – 2.66 млрд лет: начальная стадия развития плюма, околохондритовый и умеренно обогащенный мантийный источник, родоначальные магмы шошонитового типа; 2.65 – 2.61 млрд лет: конечная стадия, обогащенный источник, родоначальные магмы OIB типа).

Таким образом, U-Pb датирование циркона и бадделеита, а так же Sm-Nd возраст породообразующих минералов из карбонатитов и щелочных пород массивов Сиилинарви и Сахарйок Балтийского щита надежно определяют их архейский возраст. Изучение изотопных систем Nd и Sr, а так же высокие содержания некоторых несовместимых элементов предполагают формирование этих пород из обогащенного мантийного источника, что является уникальным для архейских щелочных пород. Результаты исследования говорят о возможном едином геологическом развитии кратонов Карельский, Кольский и Найн в архее.

Работа выполнена при финансовой поддержке Приоритетных программ 4 и 8 ОНЗ РАН.

Литература

1. Blichert-Toft J., Arndt N., Ludden J. Precambrian alkaline magmatism // Lithos. 1996. V. 37. P. 97-111.
2. Puustinen K. Geology of the Siilinjärvi carbonatite complex, Finland // Bull. de la Commission geologique de Finlande. 1971. V. 249. 43p.
3. Zozulya D.R., Bayanova T.B., Eby G.N. Geology and age of the Late Archaean Keivy alkaline province, NE Baltic Shield // Journal of Geology. 2005. V. 113. № 5. P. 601-608.
4. Батиева И.Д., Бельков И.В. Сахарйокский щелочной массив, слагающие его породы и минералы. Апатиты, 1984. 134с.
5. Виноградов А.Н., Батиева И.Д., Зозуля Д.Р., Калинин В.Т., Лебедев В.Н., Маслобоев В.А., Ракаев А.И., Грицай З.Д. Комплексное редкоземельно-циркониевое оруденение Сахарйокского щелочного массива // Минеральное сырье. 2000. № 7. С.25-34.
6. Karhu J.A., Manttari I., Huhma H. Radiometric ages and isotope systematics of some Finnish carbonatites // Res. Terrae. 2001. Ser. A. V. 19. P. 8.
7. Blichert-Toft J., Rosing M., Leshner C., Chauvel C. Geochemical constraints on the origin of the late Archean Skjoldungen alkaline igneous province, SE Greenland // Journal of Petrology. 1995. № 36. P. 515-561.

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕРОЗОЙСКИХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ

Исаев В.А., Стрекозов С.Н.**, Николаев Ю.И.*, Николаев И.Ю.**

** Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела НАН Украины (УкрНИИМ), г. Донецк, Украина; ukrnimi@ukrnimi.donetsk.ua,*

*** Приазовская КГП, г.Волноваха, Украина prkgrp@rambler.ru*

В юго-восточной части Украинского кристаллического щита (УКЩ) расположен Приазовский кристаллический блок, протягивающийся на 250 км в широтном направлении и на 75-150 км - в меридиональном. В пределах блока известен Октябрьский массив щелочных