

мых зон и обусловлено многократными флюидными импульсами, что фиксируется полученными изотопными датировками разных методов (от 2030 до 1450 млн. лет).

4. Получены новые данные, позволяющие диагностировать метасоматические генерации цирконов по их морфологическим особенностям, по аномально низкому Th/U отношению и высокому содержанию урана в них.

5. В методическом отношении в результате кооперации двух изотопно-геологических центров показана принципиальная возможность корректного датирования сравнительно низкотемпературных метаморфических и метасоматических пород по цирконам локальным методом SHRIMP-II, U-Pb методом по монациту, апатиту и гранату, а также Pb-LS методом по пороодообразующим минералам.

Литература

1. Астафьев Б.Ю., Воинова О.А., Воинов А.С., Матуков Д.И. Геологическое строение, петрологические особенности и возраст пород имандровской серии верхнего архея (Кольский полуостров). – Геология и геодинамика архея. Материалы I Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики докембрия. СПб, 2005, с. 28–33.

2. Дейли Дж.С., Балаганский В.В., Тиммерман М.Я. и др. Первые изотопные данные о раннепротерозойских супракрустальных образованиях Терского района, Кольский полуостров. Тезисы III Всероссийского совещания “Общие вопросы расчленения докембрия”. Апатиты, 2000, с. 86–89.

3. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1: 1 000 000 (новая серия). Лист Q-(35)-37 (“Кировск”). – Объяснительная записка и комплект карт. СПб, 2004. 268 с.

4. Докембрийская геология СССР. Л.: Наука, 1988. 440 с.

5. Ранний докембрий Балтийского щита. СПб, Наука, 2005. 711 с.

6. Daly J.S., Balagansky V.V., Timmerman M.J. et al. Ion microprobe U-Pb zircon geochronology and isotopic evidence supporting a trans-crustal suture in the Lapland-Kola orogen, northern Fennoscandian Shield. - Precambrian Res., 2001. V. 105, N 2-4, p. 289–314.

Структурное положение и форма проявлений внутриплитного магматизма – как отражение геодинамической эволюции и неоднородности Баренц-региона

Балуев А.С., Пржиялговский Е.С., Терехов Е.Н.

Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: baluev@ilran.ru, tereh@ilran.ru

Современная территория Баренц-региона [8], сложенная континентальной литосферой на стыке Атлантического и Арктического океанических сегментов, состоит из разновозрастных доменов. Большая часть региона представлена Балтийским щитом, который является кристаллическим основанием Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Подобно тому, как Балтийский щит наращивался путем присоединения к наиболее древнему Карело-Кольскому фрагменту складчатых образований свекофеннид и дальсландия (свеконорвежский сегмент), а затем и каледонид, так и плитная часть ВЕП расширялась за счет присоединения к ней Тимано-Печорской и Свальбардской плит. Формирование коры Баренц-региона происходило таким путем, что его площадь постепенно увеличивалась, а мощности отдельных частей его осадочного чехла неуклонно росли. Проявления магматизма при этом являются чутким индикатором динамических условий формирования земной коры. В силу этого, нами предпринята попытка на примере состава пород и особенно формы магматических тел расшифровать динамические условия, которые контролировали формирование его отдельных элементов и всей структуры Баренц-региона в целом.

Важнейшим геологическим событием на Балтийском щите, во многом определившим его эволюцию явилось формирование Лапландско-Беломорского и Ладожско-Южно-Финского подвижных поясов, которое произошло за счет вывода к поверхности глубинных пород в обстановке растяжения. Процессы декомпрессии, сопровождающие эксгумацию крупных масс пород, предопределили образование большого количества флюидов, что привело к формированию разноглубинных метасоматитов, в том числе и в будущих магматических источниках (например, девонских), а также

постскладчатых интрузий. Постскладчатые или посторогенные магматические образования (граниты, щелочные габбро, лампрофиры, лампроиты и кимберлиты) с возрастом 1.8-1.7 млрд. лет ознаменовали начало принципиально нового этапа развития региона в режиме платформы. Породы, слагающие эти интрузии, имеют характерный состав с повышенными концентрациями щелочей, легких РЗЭ, бария, фосфора, что обычно интерпретируется как показатель низких степеней плавления субстрата. Постскладчатые интрузии имеют кольцевую или коническую форму, вплоть до трубок взрыва, а дайки, чрезвычайно изменчивые по форме, приурочены к взбросам. Форма тел интрузий этого комплекса указывает на условия локального приповерхностного сжатия, которое возникло после появления на поверхности метаморфических ядер в виде подвижных поясов. В это же время глубинные части литосферы (магматические источники) испытывали растяжение. Приуроченность постскладчатых и некоторых более молодых магматических тел, вплоть до неогеновых, к периферической части крупной кольцевой структуре, охватывающей фактически центральную часть щита (Балтийский нуклеар), очевидна. Однако, геодинамическая природа этой структуры во многом остается спорной.

Следующий цикл магматической активности в регионе ознаменовался появлением интрузий анортозит-рапакивигранитной ассоциации. Лополитоподобные тела этого комплекса приурочены к южной части Балтийского нуклеара и их появление предшествовало формированию авлакогенов на ВЕП [2]. Характерной особенностью магматизма этого этапа является бимодальность его состава, причем основные породы, в отличие от постскладчатых образований, имеют нормальную щелочность. К границе свекофенской и свеконорвежской провинции приурочены гранит-порфиры Трансскандинавского пояса, имеющие разнообразный состав и неоднозначную геодинамическую интерпретацию. Некоторые авторы сопоставляют их с гранитами рапакиви [7], с которыми они структурно объединены периферической частью Балтийского нуклеара и близки по возрасту и составу, другие рассматривают их в качестве островодужного комплекса на границе разновозрастных провинций [11]. Пик выплавления пород этого комплекса приходит на интервал 1.81-1.76 млрд. лет, что соответствует времени внедрения постскладчатых интрузий восточной части щита, но отдельные эпизоды его формирования продолжаются до рубежа 1.55 млрд. лет, что соответствует уже времени образования гранитов рапакиви. Таким образом, этот комплекс своим формированием заполняет в целом амагматичный период 1.7-1.6 млрд. лет и является своеобразным «мостиком» между постскладчатыми и анорогенными мезопротерозойскими интрузиями региона.

Необычайно разнообразны магматические проявления в среднем - позднем рифее и венде. В юго-западной части щита на территории свеконорвежского сегмента эти проявления связываются с гренвильскими коллизионными событиями [1]. Но если отталкиваться от модели, согласно которой подвижные пояса докембрия являются корневыми частями рифтогенных зон, то последовательность магматической активности этого региона выглядит следующим образом. Наиболее древними интрузиями являются тела гиперитов и микроклиновых гранитов (1.6-1.5 млрд. лет), которые являются глубинными аналогами Трансскандинавского магматического пояса. Основные события – формирование анортозитов и связанных с ними чарнокитов и мангеритов (1.1-0.9 млрд. лет) [13] отвечают главной стадии растяжения и выводу к поверхности глубокометаморфизованных пород гранулитовой фации. Магматические события этого этапа в восточной части щита часто рассматриваются как отголоски гренвильских событий (в рамках парадигмы сжатия). На наш взгляд они более соответствуют моделям растяжения. Так лампроиты р-на Костомукши и Кухмо-Ленттиира (возраст 1.2 млрд. лет) мы связываем с раскрытием Онежско-Кандалакшского палеорифта. В период 1.1-0.9 млрд. лет были сформированы крупные дайки Салла и Лаанила в Финляндии, а также более мелкие тела на Кольском п-ве [1] и в северной Норвегии. Крупные размеры, состав и возраст позволяют сравнивать их с гигантской системой даек пояса Макензи в Канаде, образовавшихся при распаде Родинии [11]. Особенно следует отметить дайки и силлы толеитового состава этого же возраста, развитые вдоль Мурманского побережья, которые относятся к трапповой формации. Существование парной связи между кимберлитами (лампроитами) и траппами является довольно распространенным явлением, но геодинамическая интерпретация этого факта остается неясной [3].

Вендский магматизм также проявился в данном регионе. Это, прежде всего известный щелочной комплекс Фен в южной Норвегии, представленный трубками взрыва, эксплозивными дайками и

массивами центрального типа сложенными карбонатитами и щелочными породами, территориально приуроченные к району грабена Осло [15]. Кимберлиты р-на Каави-Куопио (ЮВ Финляндия) и щелочные породы Зимнего берега [9] также имеют этот возраст. Венд-кембрийский возраст предполагается и для некоторых щелочных даек Кандалакшского залива. Каких либо существенных структурных событий с формированием этого магматического комплекса не установлено, но территориально они приурочены к площадям, на которых в палеозое проявился щелочной магматизм, являясь, таким образом, его предвестниками.

Важнейшее магматическое событие в Баренц-регионе как по объему его продуктов, так и по разнообразию динамических обстановок произошло в девонское время. Трубки взрыва чехольной части ВЕП и массивы УЩК Балтийского щита оконтуривают ту площадь возбужденной мантии, над которой поверхностная часть коры находилась в обстановке локального сжатия [3]. На это указывает трубкообразная форма тел, сложное строение даек, обилие взрывных признаков: эруптивные брекчии (псевдоконгломераты), глубинные ксенолиты. Хибино-Контозерская тектоническая зона с элементами раздвиги возможно является следом пропагации осевой части Восточно-Баренцевского позднедевонского рифтогенного трога и поэтому выполнена щелочными породами с заметной примесью корового ассимилированного (в обстановке растяжения) материала [3]. Существованием сброса между Хибинским и Ловозерским массивами падающего на СВ и параллельному разлому Карпинского, объясняется и принципиальная разница в строении и составе этих массивов. Ввиду большой мощности отложений в Восточно-Баренцевском троге, состав его древнейших (девонских?) комплексов не ясен, но можно предполагать, что это базальты толеитового состава, которые развиты в виде даек вдоль всего Мурманского берега, являясь отголоском магматического события, связанного с его раскрытием. За пределами ВЕП девонский магматизм приурочен к комплексам метаморфических ядер, обстановка растяжения, в которой они формировались, контролировала бимодальный базальт-риолитовый вулканизм (Западная Норвегия и Шпицберген) [12]. С комплексами метаморфических ядер связана и формация древнего красного песчаника (ORS), которая маркирует обстановку растяжения по периферии Баренц-региона. Базальтовый магматизм этого времени широко проявился в Тимано-Печорском и Пайхойско-Новоземельском регионах [5]. Здесь, помимо лавовых потоков, силлов и даек формировались и редкие трубки взрыва, аналогичные трубкам взрыва Архангельской провинции, в которой также встречаются трубки базальт-долеритового состава, но уже в подчиненном количестве относительно кимберлитов и мелилититов [6]. Таким образом, в девонское время по периферии Баренц-региона широко проявился толеит-базальтовый магматизм, тогда как в его центральной части – щелочной, щелочно-ультраосновной и кимберлитовый.

Пермо-триасовый магматизм наиболее изучен в грабене Осло, где известно множество щелочных пород, тогда как в докембрийских породах обрамления встречаются долеритовые дайки этого возраста [15]. Некоторые дайки на юге Кольского п-ва (Турий мыс) также считаются пермскими. Пермский возраст предполагается и для коренного кимберлитового источника минералов спутников алмаза в Архангельской и Вологодской областях. В восточной части региона (северное Приуралье и приновоземельская часть акватории Печорского моря) в последние годы выделяются породы базальт-долеритового ряда, которые коррелируются с сибирскими траппами [5]. В связи с этим более аргументированными становятся предположения о наличии проявлений пермо-триасового щелочного магматизма в Баренц-Регионе. Это предположение базируется на известном факте о том, что по периферии огромных трапповых полей всегда развиты щелочные, кимберлитовые или неясного генезиса алмазоносные образования.

Гигантские по объему продукты магматической деятельности (океанической) юрско-мелового и раннетретичного возраста связанные с раскрытием Северной Атлантики на порядки превышают весь суммарный магматизм Баренц-региона. Синхронные им позднеюрские – раннемеловые магматиты известны на Шпицбергене, Земле Франца-Иосифа, севере Новой Земли и в восточной части Баренцева моря, но не имеют возрастных аналогов на Балтийском щите, тем самым, возможно, указывая на принципиально различную геодинамическую позицию этих территорий в мезозое. Наиболее молодыми магматическими образованиями Баренц-региона являются третичные базальты о. Западного Шпицбергена [5] и щелочные породы западной Норвегии [14], происхождение которых так же связывается с раскрытием Атлантики. Но последние пространственно приурочены

и к периферической части Балтийского нуклеара, глубинные части которого, каким-то образом влияют на формирование щелочных составов.

Таким образом, характерной чертой региона является чередование во времени и пространстве, а иногда и одновременное проявление основного магматизма нормального и щелочного рядов, что свидетельствует о разнообразии структур подвода магм, которое включает не только вертикальные дренажные зоны, но и пологие сквозьлитосферные сдвиги. Форма магматических тел при этом часто указывает на условия корового сжатия, тогда как генерация магм происходила в условиях растяжения. В той или иной степени различные районы Баренц-региона являлись ареной развития разновозрастного магматизма. Среди его продуктов преобладают породы толеитовой, субщелочной и щелочной серий, отвечающих внутриплитным ситуациям, а признаков субдукционного или коллизионного магматизма нет.

Несмотря на то, что в современный период и большую часть фанерозоя в геодинамическом аспекте Баренц-регион являлся частью единой платформы, различные его структуры по разному реагировали на глубинные магматические возбуждения в мантии, что не позволяло широко и повсеместно проявляться какому либо одному типу магматических комплексов. Одной из центральных структур Баренц-региона, контролирующей разновозрастные проявления щелочного магматизма, является, несомненно, периферическая часть Балтийского нуклеара.

Работа выполнена при поддержке Программы ОНЗ РАН №14 и гранта № 06-05-64848.

Литература

1. Арзамасцев А. А., Монтеро П., Травин А. В., Арзамасцева Л. В., Беа Ф., Федотов Ж. А. Проявления свеко-норвежского (Гренвилльского) этапа эндогенной активности в северо-восточной части Балтийского щита // ДАН 2006. Т. 410. №3. С. 361–365.
2. Балуев А. С., Глуховский М. З., Моралев В. М. Тектонические условия формирования массивов анортосит-рапакиви-гранитной формации на Восточно-Европейской и Сибирской платформах // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1997. № 2. С. 3–15.
3. Балуев А. С., Терехов Е. Н. Разноглубинные ксенолиты из девонских интрузий Кольского полуострова – ключ к расшифровке палеодинамических условий проявления щелочного магматизма // ДАН. 2006. Т. 406. № 5. С. 651–655.
4. Белов С. В., Бурмистров А. А., Фролов А. А. Тектоническая позиция, тектонофизические условия формирования и рудоносность массивов ультраосновных щелочных пород и карбонатитов // Отечественная Геология. 1999. № 1. Р. 24–32.
5. Кораго Е. А. Реконструкция ареалов распространения магматических формаций в Баренцево-Северокарском регионе (БКР) // Тр. НИИГА-ВНИИОкеанология. 2004. Т. 204. С. 176–187.
6. Парсаданян К. С. Природа петрохимической и геохимической неоднородности ультрамафитов и базальтов Архангельской области // ДАН. 1996. Т. 351. № 1. С. 103–108.
7. Левковский Р. З. Рапакиви. Л., Недра, 1975. 223 с.
8. Строение литосферы российской части Баренц-региона / Под ред. Н. В. Шарова и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 318 с.
9. Щукин В. С., Саблуков С. М., Саблукова Л. И и др. Поздневендский аэральный щелочной вулканизм рифтогенного типа в Зимнебережном кимберлитовом районе (Архангельская алмазоносная провинция) // Тр. Межд. сем. «Глубинный магматизм, магматические источники и проблемы плюмов» Из-во Иркутского ГТУ. 2002. С. 151–165.
10. Ярмолюк В. В., Коваленко В. И. Позднерифейский раскол Сибири и Лаврентии в проявлениях внутриплитного магматизма // ДАН. 2001. Т. 379. № 1. С. 94–98.
11. Ahall K. I., Larson S. A. Growth-related 1,85–1,55 Ga magmatism in the Baltic Shield; a review addressing the tectonic characteristics of Svecofennian, TIB 1-related, and Gothian events. // GFF. 2000. V. 122. P. 193–206.
12. Andersen T. B., Jamtveit B. Uplift of deep crust during orogenic extensional collapse: A model based on field studies in the Sogn-Sunnfjord region of Western Norway. Tectonics. 1990. V. 9. № 5. P. 1097–1101.
13. Duchense J. C., Wilmar E., Demaiffe D. and Hertogen J. Monzonorites from Rogaland (Southwest Norway): a Series of Rocks Coeval but not Comagmatic with Massif-Type Anortosites // Precambrian Res. 1989. 45. P. 111–128.
14. Prestvik T., Torske T., Sundvoll B., Karlsson H. Petrology of early Tertiary nephelinites off mid-Norway. Additional evidence for an enriched endmember of the ancestral Iceland plume // Lithos. 1999. V. 46. P. 317–330.
15. Verschure R. H., Majer C., Andriessen P. A. et. al. Dating explosive volcanism perforating the Precambrian basement in Southern Norway // Norges geol. Unders. 1983. 380. P. 35–49.