

зультаты свидетельствуют, что на этапе 2.45 Карельский и Кольский домены находились в составе единого континента и не испытывали существенных раздвижений. Таким образом, установленный с помощью различных методов исследования режим растяжения не привел к разрыву щита.

Литература

1. Isley, A.E., Abbott, D.H. Plume-related mafic volcanism and the deposition of banded iron formation // J. Geophys. Res. 1999. V.104. № B7. P. 15461-15477.
2. Condie K.C. Mantle Plumes and their Record in Earth History. Cambridge University Press, 2001. 306 p.
3. Минц М.В., Глазнев В.Н., Конилов А.Н. и др. Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита: палеогеодинамика строения и эволюция континентальной коры. Труды ГИН. Вып. 503. 1996. 276 с.
4. Слабунов А.И. Геология и геодинамика Беломорского подвижного пояса Фенноскандинавского щита в архее. Автореферат докт. дисс. Москва. 2005. 45 с.
5. Арестова Н.А. Эволюция базит-ультрабазитового магматизма Балтийского щита интервала 3.4–2.4 млрд лет. Автореферат докт. дисс. С.-Петербург. ИГГД. 2004. 45 с.
6. Лобач-Жученко С.Б. 2700 млн лет – важнейший рубеж в истории архея. Петрология и геодинамика архея. Материалы I Российской конференции по проблемам геологии и геодинамики архея. С.-Петербург. 2005. С. 231–235.
7. Храмов А.Н., Федотова М.А., Писакин Б.Н., Прияткин А.А. Палеомагнетизм раннепротерозойских интрузий и связанных с ними пород Карелии и Кольского полуострова: вклад в разработку модели докембрийской эволюции Русско-Балтийского кратона // Физика Земли. 1997. № 6. С. 24–41.
8. Краснова А.Ф., Гуськова Е.Г. О геодинамике развития Водлозерского блока Карелии в свете палеомагнитных данных // Изв. АН СССР. Физика Земли, 1990. № 1 С. 103–110.
9. Mertanen S., Pesonen L. J., Huhma H., Leino M.A.N. Palaeomagnetism of Early Proterozoic layered intrusions, northern Finland. // Geol. Surv. Finland Bull., 1989. № 374. P. 1–40.
10. Храмов А.Н., Арестова Н.А., Гуськова Е.Г., Иосифиди А.Г. Палеомагнитные исследования. // В: Ред. А.Ф. Морозов, Н.И. Павленкова. Строение и динамика литосферы Восточной Европы: результаты исследований по программе ЕВРОПРОБЫ. М.: Геос. 2006. С. 182–188.
11. Mertanen S., Pesonen L. J. Drift history of the Fennoscandian Shield – palaeomagnetic evidences. In: Lehtinen M., Nurmi P.A., Ramo O.T. (Eds) Precambrian geology of Finland – Key to the evolution of the Fennoscandian Shield. Elsevier sci.B.V. Amsterdam 2006
12. Mertanen S., Vuollo J.I., Huhma H., и др. Early Paleoproterozoic-Archean dykes and gneisses in Russian Karelia of the Fennoscandian Shield – new paleomagnetic, isotope age and geochemical investigation. // Precambrian Res. 2006. V. 144. P. 239–260.
13. Библикова Е.В., Арестова Н.А., Иваников В.В. и др. Изотопная геохронология посттектонической ассоциации санукитоидов, сиенитов и гранитоидов в архее Центральной Карелии. // Петрология. 2006
14. Чекулаев В.П., Т.Б. Баянова, Н.А. Арестова, и др. О возрасте высоко-Mg гранитоидов Нюкзерского массива, Карелия // Докл. РАН. 2004. Т. 394. № 1. С. 101–104.
15. Levchenkov O.A., Levsky L.K., Nordgulen O. et al. U-Pb zircon ages from Sorvaranger, Norway, and western part of the Kola peninsula, Russia. In: (Ed.) Roberts D., Nordgulen O. Geology of the eastern Finnmark – western Kola peninsula region. Proceeding of the 1st. international Barents Symposium. 1995. P. 29–47.
16. Арестова Н.А., Гуськова Е.Г., Краснова А.Ф. Палеомагнетизм пород Шилоской структуры Южно-выгозерского зеленокаменного пояса, Восточная Карелия. Физика Земли. 2000 № 5. С. 70–75.
17. Печерский Д.М., Бураков К.С., Захаров В.С., Шарков Е.В. Поведение направления геомагнитного поля в течении остывания Мончегорского плутона // Физика Земли. 2004. № 3. С. 64–85.

Редкометалльная минерализация щелочных интрузий Кольской провинции: петрологический аспект

Арзамасцева Л.В., Арзамасцев А.А.

Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, e-mail: arzamas@geoksc.apatity.ru

Главной особенностью щелочных пород Кольской провинции являются высокие концентрации Zr, Hf, Nb, Ta, редкоземельных элементов (REE), Y, Sr и Th, которые в ряде массивов достигают промышленных значений и представляют значительный экономический интерес. Основными

минералами-концентраторами указанных элементов являются апатит, лопарит, перовскит, пироксен, эвдиалит, титанит. Большая часть микроэлементов являются изоморфными примесями, вхождение которых в кристаллическую решетку минерала контролируется содержанием этого микроэлемента в расплаве и РТ параметрами кристаллизации. Для пород Кольской щелочной провинции содержания редких металлов в минералах-концентраторах могут варьировать в пределах одного, иногда двух порядков. Задачей наших исследований являлось изучение поведения названных выше микроэлементов в щелочных ультрамафитовых сериях, и, в частности, установление причин различного распределения редкоземельных элементов в ультрамафитах карбонатитовых интрузий и Хибинского массива.

В северо-восточной части Балтийского щита с палеозойским этапом тектоно-магматической активизации связано образование щелочных интрузивных комплексов, традиционно относимых к двум сериям: щелочно-ультраосновных пород с карбонатитами и агпаитовых нефелиновых сиенитов, представленных крупнейшими плутонами Хибин и Ловозера. Вместе с тем в Хибинском и в меньшей степени в Ловозерском массивах установлена, в редуцированном виде, полная серия пород, типичная для щелочно-ультраосновных массивов провинции. В Хибинах наиболее широко представлены породы фойдолитового ряда – это кольцевая интрузия ийолит-мельтейгитов.

С целью изучения трендов эволюции щелочно-ультраосновной серии Кольской провинции было изучено распределение редкоземельных (REE) и редких элементов в минералах и породах ряда дунит - клинопироксенит - мелилитолит - мельтейгит - ийолит - нефелиновый сиенит. Геологические данные и экспериментальные исследования показывают, что формирование пород щелочно-ультраосновной серии в массивах Ковдор, Вуориярви, Африканда, Себлявр и др. обусловлено процессами фракционной кристаллизации нефелинитовых расплавов с образованием оливиновых, клинопироксеновых и мелилитовых кумулатов и комплементарных им фойдолитов и нефелиновых сиенитов. Согласно данным о поведении некогерентных элементов в магматическом процессе можно было бы предполагать, что такие элементы, как Sr, Zr, Hf, Nb, Ta, Th и REE будут накапливаться в ходе кристаллизации магм в конечных дериватах щелочно-ультраосновной серии. Однако в большинстве щелочно-ультраосновных интрузий региона конечные продукты кристаллизации, представленные ийолитами, нефелиновыми и канкринитовыми сиенитами, существенно обеднены такими элементами, как Nb, Ta, Sr, Y и REE.

Методом ICP-MS были проанализированы как валовые пробы пород, так и фракции сосуществующих перовскита, апатита, титанита, клинопироксена, мелилита, оливина, нефелина и магнетита. Полученные данные позволили выявить факторы, определяющие различное распределение REE в щелочных ультраосновных сериях и, в особенности, оценить роль аксессуарных фаз – концентраторов REE – перовскита, апатита и титанита.

Установлено, что распределение большинства микроэлементов в породах щелочно-ультраосновных массивов с карбонатитами (ковдорский тип) принципиально отличается от такового в щелочно-ультраосновной серии Хибин (хибинский тип). Так, в последовательном ряду дифференциатов ковдорского типа наблюдается обеднение REE, Y, Nb, Ta, и Sr поздних ийолитовых и нефелин-сиенитовых дериватов. В отличие от ковдорской серии, в щелочно-ультраосновных породах Хибин наблюдается принципиально иной характер распределения – наиболее поздние дифференциаты серии (ийолиты и мельтейгиты) в значительной степени обогащены REE, Y и Sr по отношению к среднему составу щелочно-ультраосновных пород провинции.

Оценки состава магм, проведенные для Кольской щелочной провинции [1], позволяют полагать, что единая для ковдорского и хибинского типов первичная магма щелочных ультрамафитов первоначально отвечала оливиновому меланефелиниту. Анализ физико-химических параметров кристаллизации расплавов показывает, что для первичных оливин-меланефелинитовых расплавов ковдорской серии была характерна ранняя кристаллизация перовскита, являющегося главным концентратором REE, а также Nb, Ta и Sr. Осаждение перовскита совместно с оливином и клинопироксеном привело к резкому обеднению редкими землями остаточной магмы и образованию деплетированных в отношении REE, Y, Nb и Ta ийолитовых и нефелин-сиенитовых дериватов (Рис.).

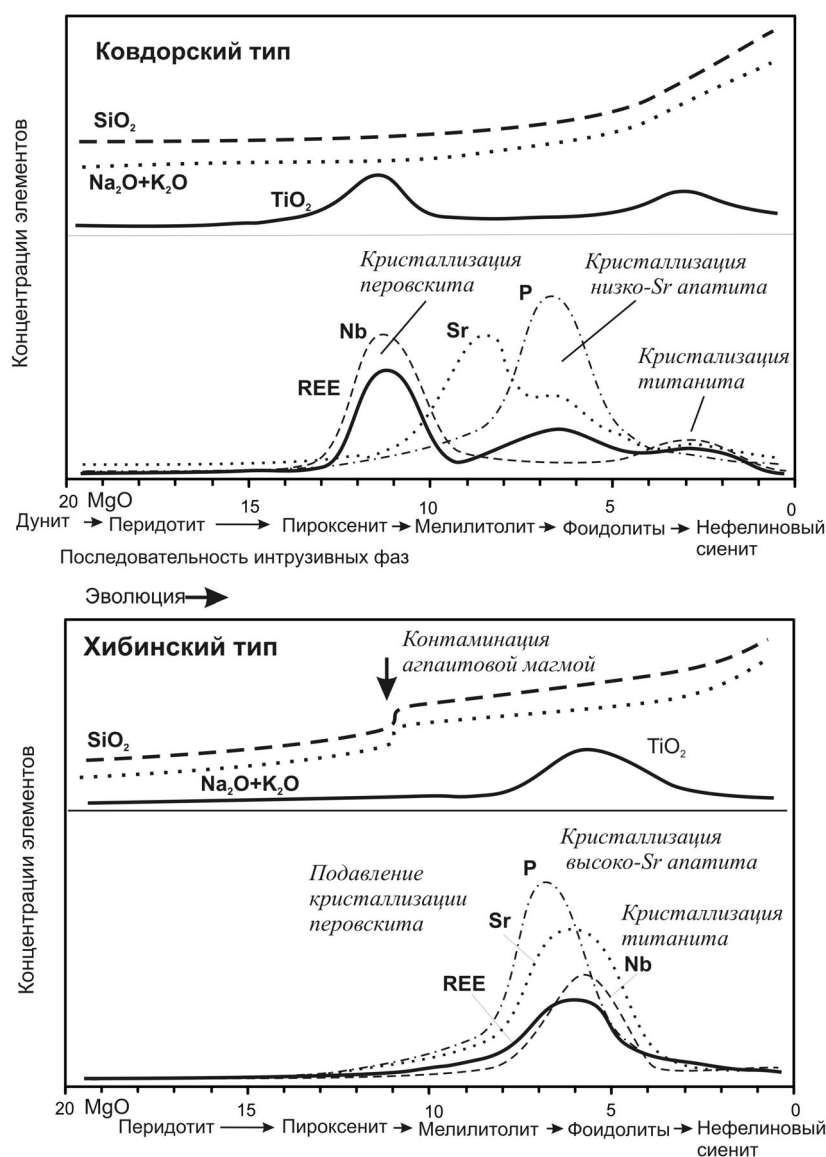


Рис. Распределение петрогенных и микроэлементов в эволюционном ряду дифференциатов щелочно-ультраосновных серий ковдорского и хибинского типов

В отличие от ковдорского типа, формирование пород щелочно-ультраосновной серии Хибин было осложнено подмешиванием к первичной оливин-меланефелинитовой магме небольших порций фонолитового расплава, что привело к изменению порядка кристаллизации REE-содержащих титанатов. Более высокие содержания кремнезема и щелочей, а также изменение режима летучих компонентов блокировали раннюю кристаллизацию перовскита и обусловили сохранение редких металлов вплоть до заключительного этапа эволюции меланефелинитового расплава. В результате в хибинских ийолит-уртитях произошло существенное обогащение содержащегося в них титанита, а также апатита. В частности, содержание SrO в хибинском апатите составляет 3-5 мас.%, что почти на порядок превышает таковые в апатите ковдорской серии.

Вариации состава минералов, кристаллизация которых происходила на разных этапах формирования пород аэгаитовых массивов, свидетельствуют о значительном перераспределении микроэлементов между сосуществующими фазами в ходе кристаллизации расплавов и последующих изменений пород. Показано, что такие элементы, как REE, Y, Zr, Hf, V, Sr, в значительном количестве присутствующие в минералах раннемагматической ассоциации, и, в первую очередь, в клинопироксене, в ходе позднемагматических процессов концентрируются в акцессорных фазах заключитель-

ной стадии кристаллизации – в Ва-лампрофиллите, эвдиалите, а также в поздних генерациях апатита и титанита. Литофильные элементы, а также Ga, сравнительно равномерно рассеянные во всех раннемагматических минералах, в ходе перекристаллизации концентрируются в единственном лейкократовом минерале постмагматической стадии – в микроклине. Полученные коэффициенты сокристаллизации для сосуществующих пар перовскит/апатит и апатит/титанит свидетельствуют о преимущественном вхождении редкоземельных элементов в состав апатита, а не титанита, что имеет определяющее значение для геохимии таких промышленно важных пород, как титанит-апатит-нефелиновые руды.

Таким образом, в числе главных факторов, обусловивших различие в накоплении редкоземельных и редких элементов в щелочных ультраосновных породах ковдорского и хибинского типов является: (1) условия кристаллизации из первичной щелочно-ультраосновной магмы главных фаз-концентраторов REE – перовскита, апатита, титанита; (2) изменение состава первичной магмы и, соответственно, порядка кристаллизации главных и акцессорных минеральных фаз в результате смешения с порциями фонолитовых расплавов, поступивших из автономного источника.

Поддержка: РФФИ (проект 06-05-64130), Программа 4 ОНЗ РАН.

Литература

1. Арзамасцев А.А., Беа Ф., Глазнев В.Н., Арзамасцева Л.В., Монтеро П. Кольская щелочная провинция в палеозое: оценка состава первичных мантийных расплавов и условий магмогенерации // Российский журнал наук о Земле. 2001. Т. 3. № 1. С. 3–24.

Плюм-литосферное взаимодействие в условиях древнего сублитосферного мантийного кила: пример Кольской щелочной провинции

Арзамасцев А.А., Глазнев В.Н.

ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты, e-mail: arzamas@geoksc.apatity.ru

Анализ результатов мультидисциплинарных работ по изучению субкратонных областей показывает присутствие под щитами мантийного "киля", имеющего мощность до 250 км. Эти области не вовлекались в конвективный кругооборот, дрейфовали вместе с литосферой и сохраняли следы эндогенных событий, происходивших в течение длительной истории щитов. Для Восточно-Европейской платформы установлено влияние древнего мегалита на характер размещения и вариации изотопно-геохимического состава кимберлитов [1]. Нами предпринята попытка оценить роль докембрийского сублитосферного кила на обширные проявления палеозойского щелочного магматизма в СВ Фенноскандии, обусловленного плюм-литосферными процессами [2].

Морфология нижней границы мантийного кила. Полученные в последние годы трехмерные геотермические модели Фенноскандинавского щита [3], согласующиеся с результатами сейсмографических исследований [4], достоверно свидетельствуют о существовании под его северо-восточной частью области относительно холодной мантии, простирающейся до глубины 240 км. Зона максимальной мощности термической литосферы пространственно приурочена к наиболее древней раннеархейской провинции щита, в краевых частях которой располагаются проявления палеозойского щелочного и кимберлитового магматизма.

Морфология верхней границы мантийного кила. Глубина кровли переходного слоя (области переходного слоя верхняя мантия – нижняя кора) в районе распространения проявлений щелочного магматизма варьирует в пределах 35–45 км, причем такие крупнейшие щелочные массивы, как Хибинь и Ловозеро пространственно приурочены к области выраженного градиента кровли переходного слоя. Проведенный анализ сейсмогеологической модели коры, с учетом данных гравитационного и магнитного полей территории, не выявил в земной коре региональные структуры северо-восточного простирания, которые могли бы контролировать проявления щелочного магматизма. Главные структурные неоднородности геофизических границ (на современном уровне изученности) имеют преобладающую субмеридиональную ориентировку.