

15. Puchtel I.S., Arndt N.T., Hofmann A.W., Haase K.M., Kroner A., Kulikov V.S., Kulikova V.V., Garbe-Schonberg C.-D., Nemchin A.A. Petrology of mafic lavas within the Onega plateau, central Karelia: evidence for 2.0 Ga plumerelated continental crustal growth in the Baltic Shield, *Contrib. Mineral. Petrol.* 130 (1998) 134–153.

16. Tyni M. Diamond prospecting in Finland – a review. In: Papunen H. (edit.), *Mineral deposits: Research and Exploration, Where do They Meet?* Proceedings of the 4<sup>th</sup> SGA Meeting, 1997, P. 789-791.

17. Ushkov, V.V.; Ustinov, V.N.; Smith, C.B.; Bulanova, G.P.; Lukyanova, L.I.; Wiggers de Vries, D.; Pearson, D.G. Kimozero, Karelia; a diamondiferous Palaeoproterozoic metamorphosed volcanoclastic kimberlite / 9IKC-A-00199.

## Геодинамические обстановки образования, трансформации и минерогения Уфалейского докембрийского амфиболит-гнейсового комплекса (Средний Урал)

Огородников В.Н.<sup>1</sup>, Сазонов В.Н.<sup>1</sup>, Поленов Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, e-mail: Sazonov@igg.uran.ru

<sup>2</sup>Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Из геологических и радиологических данных [1, 3, 5, 7, 9 и другие], материалов авторов и других исследователей следует, что в пределах Уфалейского амфиболит-гнейсового комплекса (рис.) проявились несколько этапов структурно-тектонических и метаморфических преобразований, каждый из которых сопровождался формированием вполне определенных магматических комплексов, которые в постмагматическую стадию продуцировали карбонатиты, пегматиты, разноформационные метасоматиты, кварц-жильные образования и др. (табл.).

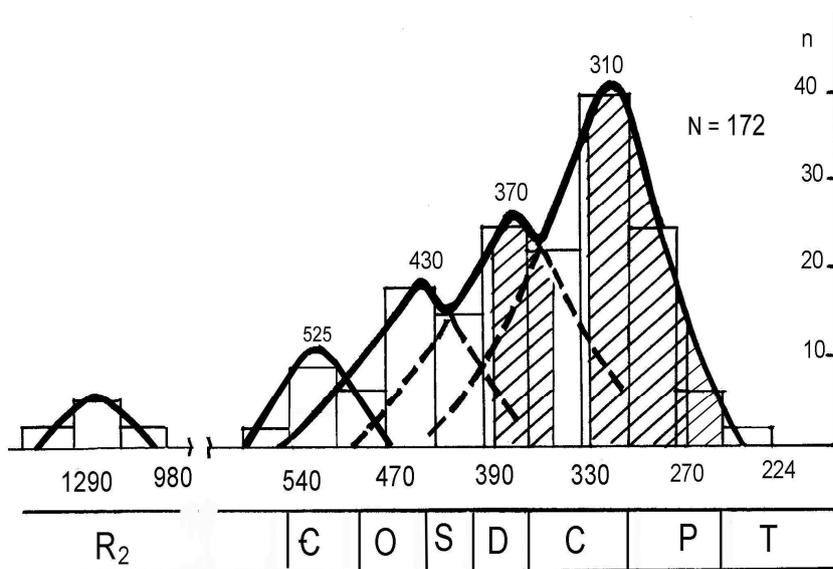
Возрастной интервал 1,35 – 0,98 млрд. лет отвечает среднерифейскому возрасту рифтогенного преобразования блока фундамента Восточно-Европейской платформы. Минерогенические особенности среднерифейских рифтогенных структур, разделяющих архейско-нижнепротерозойские глыбы-блоки (Тараташский, Александровский, Уфалейский, Сысертско-Ильменогорский) предопределяются образованием офиолитовых ассоциаций в виде разобщенных тектонизированных фрагментов и представленных сайтовским комплексом Сысертско-Ильменогорского блока, куштумгинским, куртинским и максютовским комплексами зоны Урал-Тау [4,8], породы которых вмещают ряд рудных и нерудных полезных ископаемых.

На этом этапе отмечается более интенсивная магматическая деятельность, формируется ряд крупных интрузий ультраосновного-основного состава. Они представлены стратифицированными массивами пироксенит-габбрового состава кусинско-копанского комплекса, а в районе Уфалейского блока - куртинским пироксенит-габбровым комплексом. Становление массивов сопровождается титаномагнетитово-ильменитовым оруденением.

Метаморфизм при диасхизисе связан с подъемом под большим давлением разуплотненного вещества глубинных зон мантии, внедрением и возникновением межлитосферной термальной аномалии, вызывающей высокотемпературные метаморфические преобразования комплексов кристаллического фундамента континентальной коры и верхней мантии.

Среднерифейский рифтогенный метаморфизм, соответствующий гранулитам алданской фации глубинности (парагенезисы, включающие гиперстен, диопсид, пироповый гранат), завершился процессами ультраметаморфизма [3] с образованием слюдяногорских щелочных биотитовых гнейсо-гранитов, калиевых гранитов (возраст по микроклину, биотиту 1100-1215 млн лет [7]; по цирконам из гнейсов 990-1180 млн лет [5]; различных мигматитов и анортоклазовых пегматитов с редкоземельной минерализацией, представленной иттриопидотом, с возрастом 1100-1200 млн лет [6]. На гидротермальной постмагматической стадии образуются крупно-кристаллические кальцитовые метасоматиты, не содержащие собственных редкоземельных минералов, но концентрирующих редкоземельные элементы в кальците 0,15-0,29 % TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в т.ч. 0,02-0,05 % Y, редкоземельные элементы преимущественно иттриевого состава, тогда как во вмещающих амфибол-биотитовых гнейсах сумма РЗЭ составляет 0,003-0,04%, в т.ч. 0,008-0,009 % Y, а в анортоклазовых пегматитах 0,001 % TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в т.ч. 0,0005 % Y.

МИНЕРАГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ



Гистограмма распределения значений абсолютного возраста пород Уфалейского амфиболит-гнейсового комплекса. Заштрихованные области - возраст «мягкой» (ранней) и «жесткой» (поздней) коллизий

Временная сопряженность магматитов, метаморфитов, метасоматитов и оруденения Уфалейского гнейсово-амфиболитового комплекса, образовавшихся в условиях различных геодинамических обстановок

Рифтогенная стадия (R <sub>2</sub> )	Океаническая стадия (O <sub>1</sub> )	Островодужная стадия (O <sub>2</sub> – S)	Ранняя коллизия (D <sub>2</sub> – C <sub>1</sub> )	Поздняя коллизия (C <sub>3</sub> – P <sub>1</sub> )
Магматизм				
Офиолитовый комплекс, метаморфизованные пироксениты, горнблендиты, габброиды, щелочные граниты	Дунит-гарцбургитовая серия (альпинотипная) базальтоиды толеитового состава	Дунит-клинопироксенит-габбровая серия, нефелиновые и щелочные сиениты, граносиениты, лейкократовые, магнетитовые щелочные граниты	Плагиограниты, градиориты	Нормальные микроклиновые граниты
Метаморфизм				
Глубинный гранулитовой и амфиболитовой фаций, ультра-метаморфизм	Контактный, автометаморфизм (лизардитовая и хризотиловая серпентини-зация)	Контактный, автометаморфизм	Зональный амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой фаций, ультраметаморфизм	Дислокационный, амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций
Метасоматоз и оруденение				
Титано-магнетиты, анортоклазовые пегматиты с редкоземельной минерализацией (иттроэпидот), кальцитовые карбонатиты	Антигорнитизация, хлоритизация. Хромиты, огнеупорное сырье, асбест, медные руды	Антигорнитизация, амфиболитизация, карбонатизация альпинотипных ультрабазитов с образованием магнетитовых залежей и самородного золота. Альбититы с редкоземельной минерализацией (фергуссонит, самарскит, колумбит) Карбонатизация амфиболитов с образованием магнетитовых залежей. Перекристаллизация рифейских кальцитовых карбонатитов с новообразованием магнетита, флогопита, пирротина	Слюданосные пегматиты, метасоматические железистые кварциты, тела замещения (метасоматический кварц), кварцевые жилы перекристаллизации и выполнения. Эйситизация, березитизация-лиственитизация, сопровождаемые кварцевыми жилами с сульфидами	Керамические пегматиты, метасоматические кварциты (кианитовые, графитовые, слюдяные), кальцитовые, кальцит-доломитовые карбонатиты с флогопитом, апатитом, амфиболом, рутилом, сфеном, апатитом, ксенотимом. Жилы вторично-зернистого гранулированного кварца (кыштымский, уфалейский и егустинский типы), первично-зернистого стекловидного кварца жил выполнения. Грейзенизация с образованием фенгита и молибденита

Полный раскол Восточно-Европейской платформы и подновление рифейских разрывных нарушений произошло в ордовике (480 млн лет). В истории развития Уральского палеоокеана в ордовике-силуре на Среднем-Южном Урале отчетливо проявились парные гипербазит-базитовые магматические комплексы. Ранний член таких комплексов – это стандартная офиолитовая триада (дунит-гарцбургит; габбро-базальт; кремнистые осадки), а поздний – постофиолитовая дунит-клинопироксенит-габбровая серия, нередко завершающаяся сиенитоидами, щелочными гранитоидами и карбонатными метасоматитами, которые несут акцессорную ниобий-редкометалльно-железородную минерализацию. Постмагматическая стадия, связанная со становлением сиенитоидов и щелочных гранитов, во вмещающих амфиболитах, биотитовых гнейсах, щелочных гранитах и пегматитах проявляется в виде альбитизации и флогопитизации, которая сечет аноклазовые пегматиты и кристаллы иттроэпидота среднерифейского возраста. С образованием альбититов связано появление редкоземельных, собственно иттриевых минералов – фергуссонита и колумбита.

Интервал 380-320 млн лет характеризует раннюю коллизию. В результате тангенциального сжатия Уфалейский гнейсово-амфиболитовый блок был сорван на нижних горизонтах и перемещен в верхние горизонты земной коры по таганайско-указарской шовной зоне смятия в западном направлении. Метаморфическая зональность среднепалеозойского этапа имеет отчетливую линейно-купольную форму, обусловленную развитием таганайско-указарской шовной зоны смятия со смещением теплового фокуса к востоку от нее. Главный коллизионный шов и Серебрянско-Слюдяногорская шовная зона представляли собой зону разуплотнения с широким развитием процессов гранитизации, мигматизации, многочисленных метаморфогенных жил перекристаллизации, сложенных грануломорфным кварцем, внедрения магматических масс тоналит-гранодиоритовой формации с формированием в надкровельном пространстве не вскрытых массивов многочисленных тел редкометалльных и слюдоносных, мусковитовых пегматитов с достаточно мощными и протяженными зонами метасоматического мелкозернистого кварца, а также многочисленных кварцевых жил выполнения, сложенных гигантозернистым стекловидным кварцем. Метасоматический мелкозернистый кварц тел замещения (уфалейский тип), как и кварц-мусковитовый комплекс слюдоносных пегматитов отчетливо замещает смятые в складки карбонатные метасоматиты и сечет крупные зерна магнетита в кальцит-магнетитовых карбонатитах, с новообразованием мелких октаэдров магнетита. Образуются метасоматические тела кварц-магнетитовых кварцитов. Возраст слюды из пегматитов 330-365 млн лет. С гидротермальными образованиями плагиогранитных и гранодиоритовых интрузий, зон кислотного выщелачивания, окварцевания, концентрации редкоземельных элементов обычно не происходит [2].

Усложнение в метаморфическую зональность внесла позднепалеозойская «жесткая» коллизия (320-240 млн лет), основная роль в которой была отведена Главному коллизионному шву. Движения континентов в это время привели к почти полному поглощению палеоокеанических структур, и основной теплопоток устремился в шовную зону смятия Главного коллизионного шва, сформировав вдоль него высокотемпературное, до уровня амфиболитовой фации, высокобарическое эклогит-сланцевое обрамление Уфалейского гнейсово-амфиболитового комплекса, и, метаморфизовав интенсивно дислоцированные толщи Маукско-Карабашской зоны на уровне низов амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций. В высокобарической обстановке метаморфизма формируются кварц-жилные поля гранулированного кварца, деформируются и гранулируются кварц-мусковитовые тела мусковитовых пегматитов и мигматитов. С этим этапом сопряжено возникновение гранулированного кварца за счет рекристаллизации ранних кварцевых жил стекловидного кварца, образованных в этап ранней коллизии. Наряду с жилами гранулированного кварца в зоне влияния Главного коллизионного шва картируются кварцевые жилы сложенные стекловидным, реже молочно-белым кварцем. Этот этап сопровождался становлением микроклиновых гранитов, с которыми связано образование керамических пегматитов и поздних метасоматических кальцит-доломитовых метасоматитов с ксенотимом и имеющих вновь иттриевую специализацию. В зонах развития среднерифейских карбонатитов, наложенных на аноклазовые пегматиты с иттроэпидотом, наблюдается перекристаллизация и новообразование крупных кристаллов иттроэпидота в гранулированном кварце, ксенотима, рутила, апатита, сфена. Возраст нормальных микроклиновых гранитов, керамических пегматитов, метасоматитов и карбонатитов 330-245 млн лет (см. рисунок).

Таким образом, Уфалейский амфиболит-гнейсовый комплекс – это сложное геологическое образование, претерпевшее неоднократную метаморфическую, структурно-тектоническую перестройку (трансформацию) с отчетливо проявленной разнообразной полигенной и полихронной минерализацией (оруденением). Поэтому при его дальнейшем изучении и освоении должны применяться адекватные подходы.

#### Литература

1. Белковский А.И., Краснобаев А.А., Локтина И.Н. и др. Состав, возраст домиаскитовых сиенитов и проблема возраста сиенит-миаскитовой формации Урала. // Уральский минералогический сборник, № 10, 2000. С. 132-141.
2. Геология месторождений редких элементов // Основные вопросы геохимии редкоземельных элементов и иттрия в эндогенных процессах. Труды ВИМС, вып. 15, 1962. 106 с.
3. Кейльман Г.А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра. 1974. 199 с.
4. Коротеев В.А., Зоненшайн Л.П., Парначев В.П. и др. Офиолиты Южного Урала. Свердловск, Тр. Ильмен. зап. УрО АН СССР. 1986. 80 с.
5. Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. // М., Наука, 1986. 147 с.
6. Минеев Д.А. Редкоземельный эпидот из пегматитов Среднего Урала // ДАН АН СССР, 1959, т. 127, № 4. С. 865-868.
7. Овчинников Л.Н. Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала. // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала, т.1, 1963;
8. Парначев В.П. Магматизм и осадконакопление в позднедокембрийской истории Южного Урала // Автореф. дисс. ... д.г.м.н., 1987. 38 с.
9. Шардакова Г.Ю., Шагалов Е.С., Ронкин Ю.Л. и др., Новые данные о возрасте гранитоидов нижнеуфалейского массива // Ежегодник-2004, Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 308-310.

### Карта полезных ископаемых Фенноскандии (международный проект FODD)

Eilu Pasi<sup>1</sup>, Корсакова М.А.<sup>2</sup> Мурадымов Г.Ш.<sup>2</sup> и рабочая группа FODD

<sup>1</sup>Geological Survey of Finland, Helsinki, e-mail: [pasi.eilu@gtk.fi](mailto:pasi.eilu@gtk.fi)

<sup>2</sup>ГГУП «Специализированная фирма «Минерал»,  
г. Санкт-Петербург, e-mail: [Velikanova45@mail.ru](mailto:Velikanova45@mail.ru)

В 2008 году изданием карты металлических полезных ископаемых Фенноскандинавского щита масштаба 1:200 000 была завершена работа по созданию базы данных рудных полезных ископаемых Фенноскандинавского щита масштаба 1:2000 000 (FODD). Работа выполнялась в 2006-2007 г.г. геологическими службами Финляндии, Швеции, Норвегии и России (ГГУП «СФ «Минерал» и ВСЕГЕИ) по территории, охватившей Докембрийский щит и Каледониды. Ее создание диктовалось необходимостью выявления первоочередных перспективных объектов с целью привлечения инвестиций в этот регион, обладающий значительным рудным потенциалом, но недостаточно изученный. Регион включает значительные территории, где степень промышленного освоения полезных ископаемых является крайне низкой, в то время как рудный потенциал исключительно высок. Создание базы данных в единой информационной системе и на ее основе карты, их всесторонний анализ должны стать важным рабочим инструментом для современного изучения рудных провинций.

Финляндией, как координатором работы, была разработана структура базы данных, основанная на существующих картах и публикациях по типам месторождений рудных полезных ископаемых, их запасам, размерам и прочей информации. Каждой из участвующих сторон в предложенную структуру базы данных были внесены необходимые уточнения. В результате был выбран оптимальный перечень полей. Их список из 47 позиций приводится в таблице, из них обязательными для заполнения являются 19. В каждой стране существовали свои традиции изучения рудных полезных