По-видимому, единственное объяснение наблюдаемого эффекта состоит в том, что в трехкомпонентной смеси корового, примитивного и обедненного мантийного вещества обедненный компонент, испытавший в прошлом частичное плавление, чаще всего оказывается петрогенетически бесплодным. Иными словами, как правило, в формировании расплавов принимают участие примитивная мантия и вещество субдуктированной коры, температура плавления которых ниже, чем у мантии обедненной. Отсюда следует, что в корово-мантийных смесях перечисленные три компонента сохраняют изотопные различия и обычно не гомогенизируются.

Таким образом в интервале 4.1-1.6 млрд лет доля субдуктируемого корового вещества в петрогенетически наиболее продуктивной корово-мантийной смеси остается неизменной, что можно расценивать как следствие преимущественного постоянства в соотношении между двумя процессами: между генерацией вещества океанической коры и его возвратом в мантию. После 1.6 млрд лет либо прогрессивно падают темпы субдукции, либо подключается (или усиливается) подток примитивного вещества из нижней мантии. Последнее возможно как вследствие трансформации двухъярусной конвекции в одноярусную, так и за счет более активного поступления нижнемантийного вещества в виде плюмов.

Рис. позволяет вернуться к обсуждению еще одного феномена, выявляемого в Sm-Nd изотопной систематике мантийных магматических пород, к пульсации изотопного состава неодама в такт с мегациклическим изменением геодинамической активности. Такая пульсация отражает изменение интенсивности смешения корового и мантийного вещества в разной степени обедненного относительно РМ. При этом отсутствие эффектов, связанных с участием контрастного по E_{Nd} корового вещества в первых двух мегациклах с кульминационными стадиями 3.6 и 2.7 млрд. лет (рис.а), наводит на мысль о том, что активное проникновение такого вещества в мантию, обусловленное субдукцией, стало возможным только в следующем мегацикле, начинающемся с 2.4 млрд. лет. Скорее всего, такая особенность отражает ограниченную распространенность развитого гранитного слоя и практически полное отсутствие вклада соответствующего ему компонента в субдуктируемое вещество осадочных пород океанической коры, хотя результаты статистического обобщения для коровых пород (рис.б), свидетельствует о том, что такое вещество в первые два мегацикла уже существовало.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Pushkarev Yu. The Bulk Silicate Earth as MORB source and isotope geochemical approach to the origin of D»-layer // Abstracts of Goldschmidt Conference, Copenhagen, Denmark, June 5-11, 2004, A559.
2. Костицын Ю.А. Sm-Nd и Lu-Hf изотопные системы Земли: отвечают ли они хондритам? // Петрология. 2004. Т.12. №5. С. 451-466.
3. 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. P.336-339.
4. Pushkarev Y.D. The nature of super-large ore deposits: a conception of crust-mantle interaction within the mantle // Mineral Deposits: Processes to Processing. Balkema, Rotterdam, 1999. P.1345-1348.

ЭКЛОГИТСОДЕРЖАЩИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ В УРАЛЬСКОМ ОРОГЕНЕ: ТИПИЗАЦИЯ, СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ, ВОЗРАСТ

Пыстин А. М.

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В последние годы на Урале, Казахстане, Скандинавии, Центральной Европе и других регионах получен значительный объем радиогеохронологических данных по эклогитам. Большинство возрастных датировок, установленных разными методами, укладывается в интервал 430-240 млн. лет. На этом основании многие исследователи ограничивают указанным выше интервалом время формирования эклогитсодержащих породных ассоциаций, начиная с процессов кристаллизации высокобарических парагенезисов в зонах субдукции и заканчивая эксгумацией эклогитов в коллизионный и постколлизионный этапы развития складчато-орогенных поясов. Учитывая, что в наиболее хорошо изученных поясах каледонид и герцинид установленные значения возраста эклогитов часто близки к возрасту орогения, предполагается, что породы, претерпевшие высокобарический метаморфизм были сначала погружены на большие глубины (возможно, более 100 км), а затем быстро подняты (эксгумированы) на приповерхностные уровни. Причина физических сил, способствовавших быстрому поднятию только что субдуктированных пород, остается неясной.

На Урале основные проявления высокобарических метаморфитов образуют так называемый высокобарический пояс, который прослеживается вдоль Главного Уральского глубинного разлома (ГУГР) от р. Щурья на севере до р. Урал на юге на расстоянии 2000 км. Их образование обычно связывается с историей

формирования уралитов. Тем не менее, обращает на себя внимание тот факт, что эклогиты – наиболее высокотемпературные разновидности высокобарических метаморфитов, распределены в пределах пояса локально. Они встречаются только в трех докембрийских комплексах: марункеуском на севере Полярного Урала, неркаюском в южной части Полярного Урала и максютовском на Южном Урале. Эклогитсодержащие комплексы обнажаются в виде узких, вытянутых вдоль ГУГРа тектонических блоков, наиболее крупный из которых, максютовский имеет протяженность около 200 км.

Несколько особняком находятся салдинский и белорецкий эклогитсодержащие комплексы, связь которых с зоной ГУГР не прослеживается. Первый из них находится на Среднем Урале, слагает небольшой террейн в пределах палеоокеанического сектора Урала. Второй расположен в восточной части Башкирского мегантиклинория.

По геологическим данным, а именно, приуроченности эклогитов к наиболее ранним структурам метаморфических комплексов (резко дискордантным по отношению к «уральским складкам»), можно утверждать, что по крайней мере в некоторых эклогитсодержащих комплексах Урала, относящихся к нижнедокембрийским образованиям (неркаюском, марункеуском и, возможно, максютовском), высокобарический метаморфизм проявился в дорифейское время. Соответствующие значения возраста (1,70-1,86 млрд. лет), полученные термоизохронным Pb-Pb методом, давно известны для марункеуского и максютовского комплексов.

А.В. Андреичевым [1, 6] получены Pb-Sr и Sm-Nd датировки эклогитов хребта Марун-Кеу на Полярном Урале. Изучались породы, в различной степени измененные процессами гранитизации и мусковитизации. В результате было установлено, что эклогиты, в наименьшей степени подверженные вторичным изменениям, имеют изотопный возраст 1,54-1,51 млрд. лет. С учетом термоизохронного Pb-Pb возраста цирконов в этих породах верхний возрастной предел их образования может быть поднят до 1,7 млрд. лет назад. Последующие метаморфические преобразования эклогитов и пород рамы приурочены к интервалу 800-600 млн. лет. Гранитизированные и мусковитизированные эклогиты дают большой разброс возрастных датировок с максимумом на уровне 360 млн. лет.

U-Pb датировки цирконов и рутилов максютовского комплекса (Южный Урал) получены А.А. Краснобаевым и его коллегами [3]. Авторами статьи предполагается следующий вариант интерпретации возрастных определений. Датировка цирконов 1800 ± 20 млн. лет соответствует возрасту источника сноса терригенного материала. Определение 1517 ± 140 млн. лет, полученное для рутилов из эклогитов, может рассматриваться как возрастной показатель раннего этапа метаморфизма основных пород, цирконы и рутилы с возрастом 1216 ± 93 , 547 ± 40 , 443 ± 21 , 352 ± 22 млн. лет фиксирует сложную многоэтапную историю эволюции максютовского комплекса. При этом цифра 547 ± 40 млн. лет, полученная по рутилу, трактуется как время кристаллизации эклогитов. Учитывая согласованность зон эклогитизации с наиболее ранними структурными элементами максютовского комплекса (также, как в марункеуском и неркаюском комплексах), можно предположить, что времени проявления высокобарического и высокотемпературного метаморфизма точнее отвечает возрастное значение 1517 ± 140 млн. лет, а принимая во внимание термоизохронные Pb-Pb датировки, это событие могло иметь место на рубеже около 1,86 млрд. лет назад.

Геохронологическое обоснование позднедокембрийского возраста высокобарического метаморфизма имеется для белорецкого [2, 5] и салдинского [4] комплексов. При этом, для салдинского комплекса предлагаются различные трактовки полученных возрастных определений. По мнению А.А. Краснобаева и В.А. Давыдова [4] изохронный U-Pb возраст цирконов – 2195 ± 68 млрд. лет отвечает времени проявления раннего этапа метаморфизма амфиболитовой фации, а возрастное значение 581 ± 14 млн. лет фиксирует высокобарические и высокотемпературные процессы, с которыми была связана кристаллизация гранулитов и эклогитоподобных пород. Другое мнение высказывает А.И. Русин [8]. Он считает, что именно наиболее древняя цифра отвечает времени проявления высокобарического метаморфизма. Для белорецкого комплекса имеются K-Ar датировки слюды из пород, вмещающих эклогиты. Отмечается большой разброс возрастных значений (от 530 до 702 млн. лет), что в целом не противоречит выводу о вендском возрасте метаморфизма [5]. Однако следует иметь в виду, что анализы сделаны по слюдам, поэтому нельзя исключать, что отмеченные датировки фиксируют время проявления постэклогитовых метаморфических событий. Более того У.А. Гласмачером с коллегами [9] получена Pb/Pb датировка зерен циркона из эклогитов белорецкого комплекса – 1360 млн. лет.

В целом на основе накопленных к настоящему времени геохронологических данных по уральским эклогитам можно выделить три основных возрастных уровня образования (и изменения) высокобарических метаморфических пород: более 1500, 800-550 и 390-240 млн. лет.

В настоящее время большинство исследователей считают, что условия для кристаллизации метаморфических эклогитов могут быть реализованы только в зонах субдукции. С этим можно согласиться, но при этом кажется маловероятным факт неоднократного проявления высокобарического метаморфизма в одних и тех же комплексах более 1000 млн. лет. Возможно, что только древнейшие датировки эклогитов (более 1500 млн. лет) фиксируют время кристаллизации этих пород в зонах субдукции. По нашим данным, осно-

ванным на U-Pb датировках единичных цирконов, в нижнедокембрийских комплексах Урала проявился метаморфизм гранулитовой фации в возрастном интервале 2,12-1,88 млрд. лет назад [7]. Учитывая большую вероятность комплементарного ирразвития высоко- и низкоградиентных метаморфических процессов, этим интервалом можно ограничить верхний возрастной предел образования рассматриваемых эклогитов.

Неопротерозойские и палеозойские возрастные значения маркируют время проявления коллизионных и постколлизионных процессов более поздних этапов геодинамического развития. С ними связано перемещение эклогитсодержащих комплексов в верхние уровни земной коры.

В позднем рифее – венде, возможно, могли реализоваться условия для образования эклогитоподобных пород и относительно низкобарических эклогитов в зонах коллизии континентальных плит (или террейнов). Высокобарические метаморфические образования палеозойского возраста, скорее всего, на современном эрозионном уровне представлены только низкотемпературными породами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреичев В.Л. К-Ag, Pb-Sr, Sm-Nd и Pb-Pb изотопно-геохронологические системы в эклогитах Марункеуского блока (Полярный Урал). Сыктывкар: Геопринт, 2003. 26 с.
2. Галиева А.Р. Геология, петрология и условия образования эклогитов и вмещающих их пород белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал). Автореф. канд. дисс. Сыктывкар, 2004. 19 с.
3. Краснобаев А.А., Давыдов В.А., Ленных В.И. и др. Возраст цирконов и рутилов максютовского комплекса (предварительные данные) // Ежегодник – 1995 Ин-та геологии и геохимии. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. С. 13-16.
4. Краснобаев А.А., Давыдов В.А. Цирконовая геохронология салдинского метаморфического комплекса (Средний Урал) // Докл. АН, 2003, Т. 393, № 3. С. 388-392.
5. Метаморфическая геология западного склона Южного Урала / А. А. Алексеев, Г. В. Алексеева, А. Р. Галиева, Е. А. Тимофеева. Уфа: Гилем, 2006. 212 с.
6. Новые данные о докембрийском возрасте эклогитов Марункеу (Полярный Урал) / В. Л. Андреичев, Ю. Л. Ронкин, П. А. Серов и др. ДАН, 2007. Т. 413. № 4. С. 503-506.
7. Пыстина Ю. И., Пыстин А. М. Цирконовая летопись Уральского докембрия. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 168 с.
8. Русин А.И. Метаморфические комплексы Урала и проблема эволюции метаморфизма в полном цикле развития литосферы подвижных поясов. Автореф. докт. дис. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 46 с.
9. Gasmacher U.A., Bauer W., Giese U. et al. The metamorphic complex of Beloretzk, SW Urals, Russia – a terrane with a polyphase Meso- to Neoproterozoic thermo-dynamic evolution // Precambrian Research. 2001. V. 110. P. 185-213.

СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ МАРУНКЕУСКОГО ВЫСОКОБАРИЧЕСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (Полярный Урал)

Пыстин А. М., Панфилов А. В., Вшивцев А. Н., Нейман К. С., Потапов И. Л.

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В строении марункеуского комплекса участвуют эклогиты, симплектит-эклогиты и апоэклогитовые амфиболиты в ассоциации с метаультрабазитами, а также плагиогнейсы, плагиомигматиты и K-Na мигматиты. В относительно небольшом объеме, но почти повсеместно присутствуют продукты метасоматического изменения метаморфических пород: гранатиты, существенно роговообманковые породы, жилы и обособления, сложенные омфацитом, часто в ассоциации с белой слюдой. Отмечаются также пегматитовые, аплитовые и кварцевые жилы.

Вопрос о возрасте метаморфитов марункеуского комплекса и времени проявления метаморфизма эклогитовой фации остается спорным. Максимальные значения возраста пород, определенные путем K-Ag и Pb-Pb датирования минералов из эклогитов, составляют 1.70, 1.56, 1.54 млрд лет [3]. В последние годы сопоставимые значения возраста эклогитов (1.68 ± 0.07 , 1.61 ± 0.07 , 1.54 ± 0.15 , 1.54 ± 0.14 млрд лет) были получены на основе Rb-Sr и Sm-Nd изохронных систем по породе в целом и по метаморфогенным минералам, включая амфибол [1]. Однако преобладающие датировки по эклогитам ограничены интервалом 350-360 (в среднем $355,5 \pm 1,5$) млн лет [4].

Н. Г. Удовкина [3], детально изучавшая эклогиты и ассоциирующиеся с ними породы в районе Слюдяной Горки (южная часть марункеуского комплекса), отмечает, что структурные элементы здесь в основном ориентированы в северо-северо-восточном и меридиональном направлениях. По данным В. И. Ленных [2], в юго-восточном «эклогитовом» блоке марункеуского комплекса наиболее ранняя полосчатость, связанная с плагиогранитизацией эклогитов, имеет СЗ простираение (аз. $320-330^\circ$) и падает на ЮЗ под углом $40-50^\circ$. Более поздними являются зоны полосчатых мелкозернистых амфиболитовых blastsмилонитов с линзами гранат-омфацит-кварц-