

6. Кременецкий А.А., Юшко Н.А. SEDEX-процесс – ведущий механизм формирования ресурсного потенциала Au и U в докембрийских конгломератах и полосчатых железных рудах. Тр. Ин-та геохимии окружающей среды Вып. 5/6. Киев, 2002. С. 36–52.
7. Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования / Ред. Д.В. Рундквист. М.: ИГЕМ РАН, 2004. 430 с.
8. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. М.: Недра, 1980. 216 с.
9. Макаренко Г.Ф. Периодичность базальтов, биокризисы, структурная симметрия Земли. М.: Геоинформмарк, 1997. 98 с.
10. Макаренко Г.Ф. Планетарные горные дуги и мифы мобилизма. М.: Косминформ, 1993. 280 с.
11. Макаренко Г.Ф. Траппы в структуре материков. М.: Наука, 1983. 208 с.
12. Предовский А.А. К проблеме основных элементов тектонического развития Земли: какова альтернатива новой глобальной тектоники литосферных плит // Тр. Всерос. научн. конф. Мурманск, 2003. С. 223–225.
13. Hutchinson R.W., Viljoen R.P. Reevaluation of gold source in Witwatersrand ores // S. Afr. Geol. 1988. V 186. N 91. P 153–173.
14. Reimer T.O. Alternative model for the derivation of gold in the Witwatersrand Supergroup // J. Geol. Sc. L. 1984. V 41. P 263–272.

## **О двух типах раннедокембрийских эклогитов в Беломорском подвижном поясе (р-н с. Гридино, Карелия)**

**Володичев О.И., Слабунов А.И.**

Институт геологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, e-mail: [volod@krc.karelia.ru](mailto:volod@krc.karelia.ru), [slabunov@krc.karelia.ru](mailto:slabunov@krc.karelia.ru)

Проблемы геологии и петрологии эклогитов были актуальными постоянно на протяжении почти двухсотлетней истории их изучения. В последний период интерес к ним резко возрос [9] в связи с разработкой теории тектоники плит, в соответствии с которой эклогиты образуются при субдукционных и коллизионных процессах. Но и с принятием этой теории острой остается проблема соотношения метаморфизма эклогитов и вмещающих пород. В одних комплексах однозначно устанавливается их изофациальность, но весьма распространенной является ситуация, в которой породы, вмещающие эклогиты, имеют более низкий уровень метаморфизма. В ряде случаев это несоответствие представляется кажущимся, и по отдельным признакам во вмещающих породах восстанавливаются [11] или предполагаются [10] реликтовые минералы или парагенезисы эклогитовой фации, подвергнутые при наложенных деформациях вторичным изменениям. Многие исследователи полагают, что это явление, обусловленное различной реакцией эклогитов и вмещающих пород (за счет различной реологии) на наложенные динамометаморфические преобразования, имеют широкое распространение, и хорошим подтверждением этого является недавнее обнаружение в ряде эклогитсодержащих комплексов коэситов и алмазов не только в эклогитах, но и во вмещающих породах [7]. Другим распространенным объяснением подобного градиента является аллохтонный характер тел эклогитов в чешуйчатых, надвиговых зонах, фиксирующий значительные относительные перемещения, допускающие даже возможность тектонических внедрений фрагментов эклогитизированных пород верхней мантии в верхние горизонты земной коры [8, 12 и др.]. Весьма популярным в настоящее время является также объяснение несоответствия метаморфизма влиянием флюида в ходе коллизионного процесса. Так, во время Каледонской орогении гранулиты комплекса Берген Аркс, Норвегия подверглись частичной перекристаллизации в условиях эклогитовой фации метаморфизма лишь на участках проникновения флюида в shear-зонах [6].

Результаты исследования геологии и петрологии древнейших на Земле раннедокембрийских эклогитов, распространенных в Беломорском подвижном поясе (БПП) в районе с. Гридино, в условиях идеальной обнаженности, позволяющей наблюдать и изучать непосредственные контакты пород разного состава и возраста, их взаимоотношения и степень участия в наложенных деформациях, выявили другие возможные варианты особенностей соотношения метаморфизма тел эклогитов с вмещающими породами.

В этом районе выделены две возрастные и, вероятно, генетические группы эклогитов. Архейские эклогиты ( $T=740-865^{\circ}\text{C}$ ,  $P\geq 14-17.5$  кбар) с возрастом  $2720\pm 8$  млн. лет [2] обнаруживают большое сходство с широко распространенными в природе коровыми эклогитами в мигматизированных гнейсах (ортогнейсах). Эклогиты, вероятно, субдукционного происхождения, являются компонентом микститового комплекса интенсивно мигматизированного тектонического меланжа [13]. Уже в домигматитовый период они прошли полный цикл ретроградных преобразований (образование симплектитовых эклогитов и Grt-Cpx амфиболитов), сопровождающихся деформациями одной или нескольких (?) генераций. В процессе мигматизации меланжевого комплекса образуются энтербиты, насколько можно судить по реликтовым находкам в них гиперстена. В коллизионный период [1] они преобразованы в условиях высокобарической амфиболитовой фации в Grt-Am-Bt $\pm$ Cpx ортогнейсы, которые, таким образом, являются более молодыми образованиями, не испытывавшими в своей истории эклогитового метаморфизма.

БПП – архейская структура, продолжившая свое активное развитие в высокобарическом режиме и в палеопротерозое [1]. В районе с. Гридино выделяются, по крайней мере, три возрастные генерации палеопротерозойских эклогитов, установленные в дайках базитов разнообразного состава, обнаруживающих интрузивные контакты с менее метаморфизованными вмещающими породами. Это другой генетический тип эклогитов, отличающийся от архейского. Все эклогитизированные дайки базитов занимают секущее положение относительно архейского эклогитосодержащего комплекса, а их относительное возрастное положение устанавливается на основе взаимного пересечения.

Дайки I имеют различный состав: высоко-Fe толеитовый (Fe-Ti), толеитовый (Fe) и субщелочной (Na+K, Fe). По условиям метаморфизма часто они соответствуют высокобарической гранулитовой фации (Grt-высоко-Na Di-Pl-Am $\pm$ Opx), но в ряде случаев фиксируются эклогиты Grt-Omp (33-38% Jd);  $T=880-930^{\circ}\text{C}$ ,  $P\geq 16.5-17.5$  кбар; а также симплектитовые эклогиты.

Дайки II представлены комплексом лерцолитов-габбро-норитов [4] – богатых Mg (Mg-Cr) базитов с широко проявленными коронитовыми (друзитовыми) структурами. Процессы эклогитизации в них проявлены неравномерно как по площади, так и в пределах магматических тел. Различными являются и P-T условия эклогитизации – Grt (38-51% Prp, 12-22% Grs) – Omp (от 20-22 до 57% Jd);  $T=700-750^{\circ}\text{C}$  до  $920-990^{\circ}\text{C}$ ,  $P\geq 12-13$  до  $18-19$  кбар. Возраст этого широко проявленного в БПП комплекса по ряду определений составляет 2.43-2.44 млрд. лет. Изохронный U-Pb возраст цирконов из кианитовых симплектитовых эклогитов р-на с. Гридино, образованных по породам этой генерации, составляет  $2416.3\pm 8.1$  млн. лет [3]. Микрозондовый анализ (SHRIMP II) цирконов в двух пробах из дайки эклогитизированных габбро-норитов (вост. окраина с. Гридино) в одной пробе установил ксеногенные цирконы с возрастом 2620-2840 млн. лет и богатые U и Th цирконы с возрастом  $2393\pm 13$  млн. лет, вероятно, соответствующим сближенным во времени процессам магматической и метаморфической (эклогитовой) кристаллизации. В другой пробе, где более интенсивно проявлены процессы наложенного метаморфизма, эти две группы цирконов дополнены макропризматическими цирконами с возрастом  $1911\pm 9.5$  млн. лет.

Дайки III толеитового (Fe) и высоко-Fe толеитового (Fe-Ti) составов не содержат магматических минералов. Минеральные ассоциации в толеитовых дайках соответствуют P-T условиям высокобарической гранулитовой фации (Grt-высоко-Na Di-Pl) и эклогитовой фации (Grt-Omp с 25-32% Jd,  $T=730-750^{\circ}\text{C}$ ,  $P\geq 13.5-15$  кбар), в Fe-Ti – высокобарической амфиболитовой фации – Grt-Di с 8-9% Jd-Pl-Am, Qu;  $T=660-670^{\circ}\text{C}$ ,  $P=8-9$  кбар. Дайки Fe-Ti состава параллелизируются с коронитовыми габбро БПП и долеритами Карельского кратона с возрастом 2.1 млрд. лет [5].

Результаты проведенного комплекса геологических и структурно-метаморфических исследований в системе эклогитизированные дайки базитов разного возраста и состава с четкими интрузивными контактами – вмещающие породы с синхронными и несинхронными проявлениями метаморфизма в ряде конкретных случаев и по району в целом, позволяют прийти к заключению, что метаморфизм в дайках, нередко достигающий условий эклогитовой фации, проявлялся в разных магматических камерах автономно на фоне менее метаморфизованных вмещающих пород, степень метаморфизма которых в этот период не превышает  $650-700^{\circ}\text{C}$  и  $P=7-8$ , редко до  $9-10$  кбар. При этом какие-либо признаки одноактного палеопротерозойского эклогитового метаморфизма с последующим преобразованием эклогитовой минерализации во вмещающих породах не обнаружены. Такое

соотношение степени метаморфизма в дайках и во вмещающих породах не находит пока достаточно обоснованного объяснения. Вполне удовлетворительной могла быть модель автоклавной кристаллизации. Однако, современные теоретические и экспериментальные исследования отрицают возможность проявления этого процесса в природе. В этом случае наиболее вероятным представляется связь процессов эклогитизации с магматическим процессом на позднемагматической стадии его развития. Но и это положение требует дальнейшего более глубокого петрологического изучения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 06-05-64876).*

### Литература

1. Володичев О.И. Беломорский комплекс Карелии. Л.: Наука, 1990. 245 с.
2. Володичев О.И., Слабунов А.И., Бибикина Е.В. и др. Архейские эклогиты Беломорского подвижного пояса (Балтийский щит) // Петрология. 2004. Т. 12, № 6. С. 609-631.
3. Слабунов А.И., Володичев О.И., Бибикина Е.В. U-Pb геохронология, Nd систематика и петрология раннепротерозойских эклогитов Беломорского подвижного пояса (Балтийский щит) // Материалы II Российской конференции по изотопной геохронологии «Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза». СПб, 2003. С. 465-467
4. Степанов В.С. Основной магматизм докембрия Западного Беломорья. Л.: Наука, 1981. 216 с.
5. Степанова А.В., Ларионов А.Н., Бибикина Е.В. и др. Раннепротерозойский (2.1 млрд. лет) Fe-толеитовый магматизм Беломорской провинции Балтийского щита: геохимия, геохронология // Доклады РАН. 2003. Т. 390, № 4. С. 528-532.
6. Austrheim H. & Griffin W. Shear deformation and eclogite formation within granulite – facies anorthosite of the Bergen Arcs, Western Norway // Chemical Geol. 1985. 50. P. 267-281.
7. Chopin C. Ultrahigh-pressure metamorphism: tracing continental crust into the mantle // Earth and Planetary Science Letters. 2003. 212. P. 1-14.
8. Eskola P. On the eclogites of Norway. Skr. Vidensk. Selsk. Christiania. Mat.-Nat. 1921. K. 1. 8. P. 1-118.
9. Godard G. Eclogites and their geodynamic interpretation: a history // Journal of Geodynamics. 2001. № 32. P. 165-203.
10. Griffin W.L. “On the eclogites of Norway” – 65 years later // Mineralogical Magazine. 1987. V. 51. № 361. P. 333-343.
11. Heinrich C.A. Kyanite-eclogite to amphibolite facies evolution of hydrous mafic and plutonic rocks. Adula Nappe, Central Alps // Contrib. to Miner. and Petrology. 1982. 81. P. 30-38.
12. Lappin M.A., Smith D.C. Mantle-equilibrated eclogite pods from the basal gneisses in the Selje district, Western Norway // Journal of Petrology. 1978. № 19. P. 530-584.
13. Slabunov A.I., Lobach-Zhuchenko S.B., Bibikova E.V. et al. The Archean nucleus of the Fennoscandian (Baltic) Shield // European Lithosphere Dynamics, 2006. Eds. Gee D.G. & Stephenson R.A. Geological Society, London. Memoirs 32. P. 627-644.

### Геолого-генетические модели и промышленные типы золоторудных месторождений Карелии и Кольского полуострова

**Волков А.В., Алексеев В.Ю., Вольфсон А.А., Прокофьев В.Ю.**

ИГЕМ РАН, г. Москва, e-mail: [alexandr@igem.ru](mailto:alexandr@igem.ru)

Щиты и другие, менее значительные выходы докембрийских толщ – важнейший источник многих видов минерального сырья для горнодобывающей промышленности в мире. В их пределах расположены крупнейшие в мире месторождения железа, золота, хрома, алмазов, платиноидов, никеля, меди, полиметаллов, ванадия и урана. Следовательно, они могут рассматриваться в качестве наиболее перспективных провинций на открытие новых крупных месторождений. На территории России наиболее значительные выходы пород докембрийского фундамента известны в пределах Балтийского щита (Карело-Кольский региона). Однако независимо от широкого спектра минеральных богатств, исторически именно золото остается главной целью для геологических исследований этих древнейших геологических образований. Докембрийские породы составляют только 14% от континентальной коры [8]; тем не менее, они содержат: приблизительно 50% крупных (> 100 т) а также огромное количество средних (> 30 т) и мелких, но промышленно значимых месторождений золота [9]. По-прежнему