

УДК 552.16:550.93:551.71:551.24(470.22)

## АРХЕЙСКАЯ И ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКАЯ МИГМАТИЗАЦИИ ПОРОД БЕЛОМОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА: ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХРОНОЛОГИЯ, ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

© 2016 г. А. И. Слабунов<sup>1,2</sup>, П. Я. Азимов<sup>3</sup>, член-корреспондент РАН В. А. Глебовицкий<sup>3</sup>, Л. Жанг<sup>4</sup>, В. И. Кевлич<sup>1</sup>

Поступило 18.05.2015 г.

Неоднократное проявление мигматизации — один из важных индикаторов полихронности развития докембрийских подвижных поясов, в том числе Беломорского. В Беломорской провинции Фенноскандинавского щита обосновано новыми данными проявление двух эпизодов плавления земной коры в условиях повышенных (до 8–14 кбар) давлений. Ранний эпизод формирования мигматитов и связанных с ними лейкогранитов — неоархейский ( $2710 \pm 15$  и  $2706 \pm 14$  млн лет — U–Pb-возраст по цирконам), поздний — палеопротерозойский ( $1944 \pm 12$  и  $1882 \pm 9$  млн лет — U–Pb-возраст лейкосом по цирконам). Ранний эпизод плавления земной коры связан с формированием Беломорского неоархейского коллизионного орогена, а поздний — со становлением палеопротерозойского Лапландско-Кольского орогена.

DOI: 10.7868/S0869565216070239

Полициклическое развитие докембрийских подвижных поясов, в том числе Беломорской провинции Фенноскандинавского щита, — весьма характерная особенность их эволюции [1–4]. Один из индикаторов полихронности — неоднократное проявление парциального плавления пород. Разновозрастные мигматиты по гранитогнейсам, парагнейсам, амфиболитам описаны в [2, 5]. Позже стало возможным их детальное геохронологическое изучение [4, 6]. В рамках нашего исследования произведены оценки параметров метаморфизма, приведшего к плавлению гнейсов и амфиболитов в Беломорской провинции, а также впервые выполнено локальное изотопное датирование цирконов из лейкосом мигматитов. Полученные данные в сочетании с анализом новых геологических данных по эволюции земной коры региона позволяют понять геодинамический контекст формирования разновозрастных мигматитов.

Беломорский подвижный пояс расположен между Кольской и Карельской провинциями и сложен преимущественно мезо- и неоархейскими гнейсами, амфиболитами, среди которых широко

распространены палеопротерозойские габброиды и пегматиты [2, 3–9]. Пояс — система полого погружающихся на северо-восток тектонических архейских и протерозойских покровов [10–12], осложненных куполами.

Проблема изучения полициклических структур, вообще, и Беломорской провинции, в частности, заключается в идентификации разновозрастных метаморфических процессов, что особенно сложно при сходных условиях их появления. Для нашего исследования выбраны мигматизированные парагнейсы и связанные с ними лейкограниты Чупинского парагнейсового пояса и мигматизированные амфиболиты Центрально-Беломорского зеленокаменного пояса [3, 4, 7–9].

Чупинские парагнейсы, отобранные в карьере оз. Долгое (район пос. Чупа), представлены двумя наиболее характерными типами [2, 3]: немигматизированными гранат-биотитовыми гнейсами (“сухарями”) и мигматизированными гранат-кианит-биотит-ортоклазовыми гнейсами (рис. 1А). Среди гнейсов обычны субсогласные с гнейсовидностью линзовидные тела крупнозернистых гранат-микроклиновых лейкогранитов, связанных с лейкосомами мигматитов. Эти лейкограниты по составу сопоставимы с неоархейскими ( $2700 \pm 10$  млн лет) S-гранитами района [4, 8].

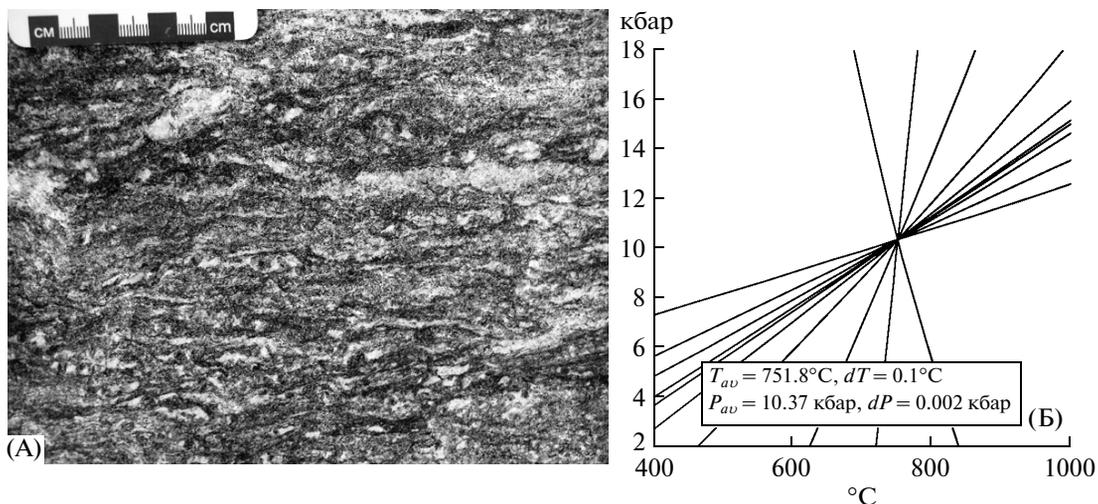
P–T-условия образования кианитсодержащих гнейсов (около 9–11 кбар и около 700–780°C) определены методом мультитермальной термобарометрии [13] в программе TWWQ с базой данных (БД) WA96 по трем независимым реакциям (рис. 1Б). Метаморфизм гнейсов сопровождается

<sup>1</sup> Институт геологии  
Карельского научного центра  
Российской Академии наук, Петрозаводск  
E-mail: slabunov@krc.karelia.ru

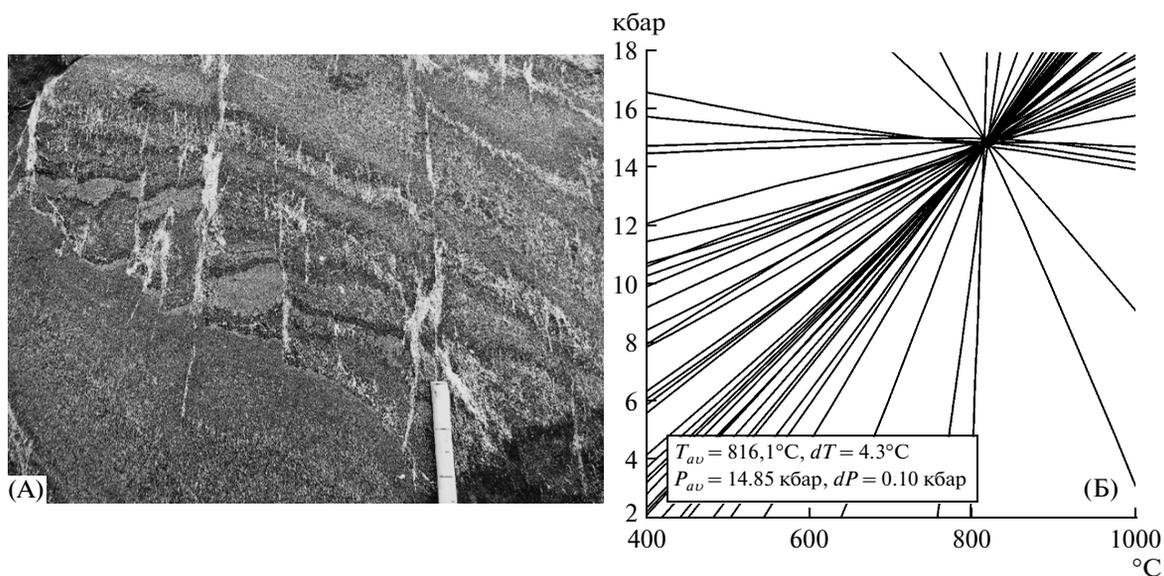
<sup>2</sup> Петрозаводский государственный университет

<sup>3</sup> Институт геологии и геохронологии докембрия  
Российской Академии наук, Санкт-Петербург

<sup>4</sup> School of Earth and Space Sciences, Beijing University, China



**Рис. 1.** А – интенсивно мигматизированный гранат-кианит-биотит-ортоклазовый гнейс (оз. Долгое, проба NK12-147/10); Б – пример TWQ-диаграммы для гнейсов с кианит-ортоклазовым парагенезисом.



**Рис. 2.** А – поздние лейкосомы (проба BM14-7/16), секущие полосчатые с ранней лейкосомой гранатые амфиболиты (о. Сыроватка); Б – пример TWQ-диаграммы для поздней лейкосомы в полосчатых гранатых амфиболитах, демонстрирующей пиковые условия метаморфизма.

их плавлением с образованием лейкосом мигматитов и тел лейкогранитов. Для немигматизированных гранат-биотитовых гнейсов получены несколько более высокие значения параметров метаморфизма (720–840°C, 8.5–12.5 кбар), но только по двум независимым реакциям.

Мигматизированные амфиболиты исследованы на о. Сыроватка (Белое море, к северу от д. Поньгома). Плавление амфиболитов проявляется в развитии здесь двух генераций мигматитов. По химическому составу обе лейкосомы отвечают тоналитам, темноцветные минералы в них представлены роговой обманкой, гранатом, биотитом. Поздние лейкосомы секут метаморфическую полосчатость и ранние мигматиты (рис. 2А).

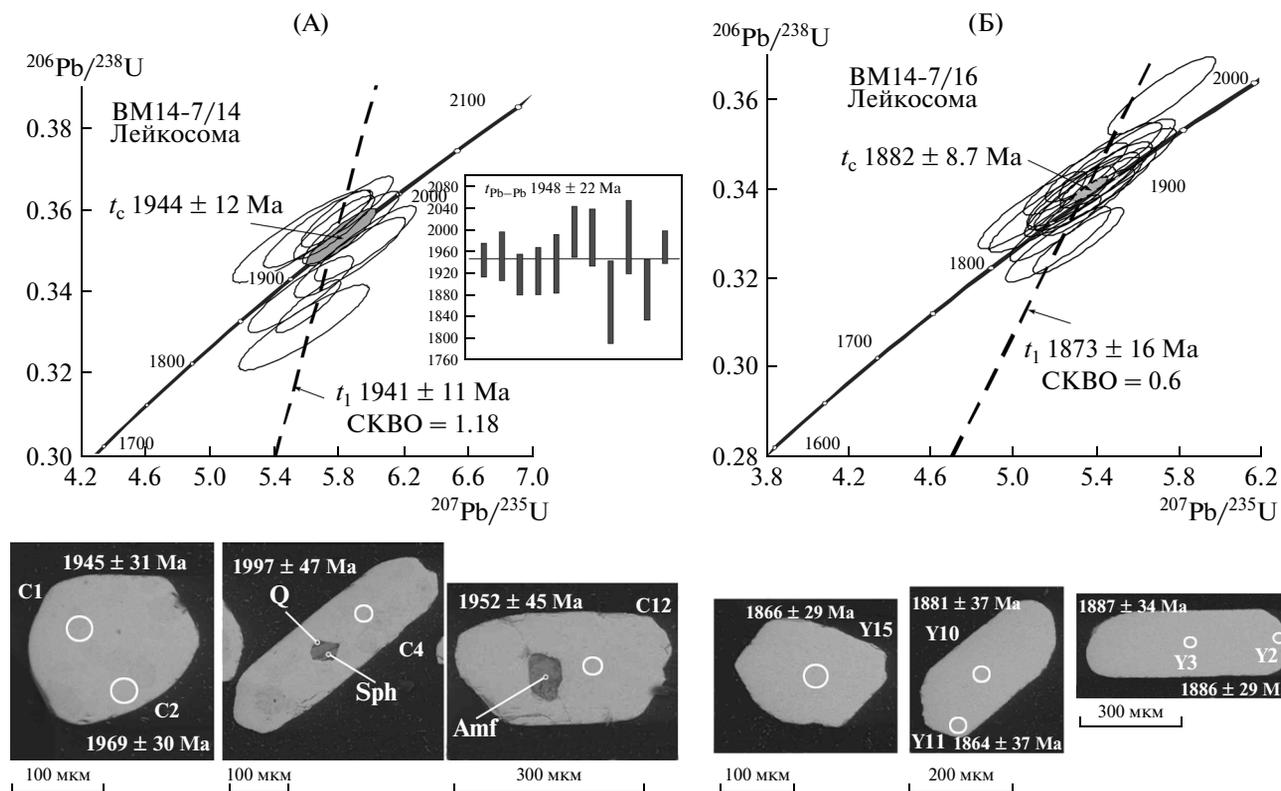
$P$ – $T$ -условия метаморфизма и парциального плавления амфиболитов рассчитаны в программе

TWQ с БД JUN92. Для ранней лейкосомы не удалось получить равновесные значения условий метаморфизма, а для сопряженной меланосомы они оценены 625–700°C, 9–11 кбар. Для поздней лейкосомы установлены пиковые значения около 800–830°C, 14–15 кбар (рис. 2Б), ретроградно снижающиеся до 670–700°C и 10–12 кбар. Для сопряженной меланосомы – 650–700°C, 9–11 кбар.

Таким образом, в лейкосомах амфиболитов сохранились парагенезы, отвечающие пиковым условиям гранулитовой фации высоких давлений, а их регрессивные преобразования происходят в условиях средне-высокотемпературной амфиболитовой фации тоже высоких давлений.

Для оценки времени мигматизации пород Беломорской провинции были выделены и датированы цирконы из 1) мигматизированных пара-





**Рис. 4.** Диаграммы с конкордией ( $t_1$  – изохронный возраст,  $t_c$  – конкордантный возраст). Врезка: график  $^{207}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}$ -возрастов ( $t_{\text{Pb-Pb}}$ ) для цирконов из ранней (А) и поздней (Б) лейкосом в гранатовых амфиболитах и BSE-изображения этих цирконов с точками датирования, значениями  $^{207}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}$ -возраста и составом (Q – кварц, Sph – сфен, Amf – амфибол) минеральных включений в них.

Указанные изотопные возрасты отвечают эпизодам парциального плавления амфиболитов в условиях гранулитовой фации повышенных давлений.

Плавление пород и формирование мигматитов, как и гранулитовый метаморфизм высоких давлений, – одни из важнейших атрибутов коллизионных процессов [14].

Таким образом, выявление в Беломорской провинции архейских (2.71 млрд лет) и палеопротерозойских (1.94 и 1.88 млрд лет) эпизодов мигматизации в условиях гранулитового метаморфизма повышенных давлений убедительно показывают, что комплексы региона, по крайней мере, дважды участвовали в коллизионных событиях. Архейская мигматизация парагнейсов связана со становлением неоархейского Беломорского коллизионного орогена [3, 7, 8], а частичное плавление амфиболитов обеспечено становлением палеопротерозойского (1.97–1.89 млрд лет) Лапландско-Кольского коллизионного орогена [3, 12, 15].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 13–05–91162, 15–05–09288), программ I.5П и IV.8.8 Президиума РАН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глебовицкий В.А., Миллер Ю.В., Другова Г.М. и др. // Геотектоника. 1996. № 1. С. 63–75.
2. Володичев О.И. Беломорский комплекс Карелии (геология и петрология). Л.: Наука, 1990. 248 с.
3. Ранний докембрий Балтийского щита / Под ред. В.А. Глебовицкого. СПб.: Наука, 2005. 711 с.
4. Бибилова Е.В., Богданова С.В., Глебовицкий В.А. и др. // Петрология. 2004. Т. 12. № 3. С. 227–244.
5. Седова И.С., Семёнов А.П., Кравцова Е.Н. // Петрология. 1998. Т. 6. № 2. С. 197–224.
6. Седова И.С., Глебовицкий В.А. // Зап. ВМО. 2005. Т. 86. № 3. С. 1–24.
7. Бибилова Е.В., Слабунов А.И., Богданова С.В. и др. // Петрология. 1999. Т. 7. № 2. С. 115–140.
8. Слабунов А.И. Геология и геодинамика архейских подвижных поясов (на примере Беломорской провинции Фенноскандинавского щита). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 296 с.
9. Слабунов А.И., Лобач-Жученко С.Б., Бибилова Е.В. и др. // Геотектоника. 2006. № 6. С. 3–32.
10. Миллер Ю.В., Милькевич Р.И. // Геотектоника. 1995. № 6. С. 80–93.
11. Шаров Н.В., Слабунов А.И., Исанина Э.В. и др. // Геофиз. журн. 2013. Т. 35. № 1. С. 88–99.
12. Balagansky V., Shchipsansky A., Slabunov A.I., et al. // Intern. Geol. Rev. 2015. V. 57. № 11/12. P. 1543–1565.
13. Berman R.G. // Canad. Miner. 1991. V. 29. № 4. P. 833–855.
14. Sawyer E.W., Cesare B., Brown M. // Elements. 2011. V. 7. № 4. P. 229–233.
15. Балаганский В.В., Миц М.В., Дэйли Дж.С. // Строение и динамика литосферы Восточной Европы. Результаты исследований по программам EURO-PROBE. Под ред. А.Ф. Морозова, Н.И. Повленковой. М.: ГЕОКАРТ, ГЕОС. 2006. С. 158–171.