

УДК 552.1 (=470.22)

О ВОЗРАСТНОМ СООТНОШЕНИИ ПРОВИНЦИЙ КАЛИЕВЫХ И НАТРОВЫХ МИГМАТИТОВ В СВЕКОФЕННИДАХ (ПРИЛАДОЖЬЕ, БАЛТИЙСКИЙ ШИТ)

© 2002 г. Ш. К. Балтыбаев, член-корреспондент РАН В. А. Глебовицкий,
О. А. Левченков, Н. Г. Бережная, Л. К. Левский

Поступило 19.12.2001 г.

В первой половине 90-х годов, преимущественно работами скандинавских геологов на юге Балтийского щита [1, 2], выработалась концепция двух высокотемпературных этапов в истории формирования свекофеннид – структуры, которая прослеживается и в Приладожье (Россия). Согласно представлениям указанных авторов, выделяемые в свекофеннидах провинции калиевых и натровых мигматитов сформировались соответственно в интервалах: 1.81–1.84 и 1.87–1.89 млрд. лет. В настоящей работе обсуждаются новые геологические и изотопные данные по Приладожью, которые позволяют существенно уточнить решение этой проблемы.

Территория Приладожья делится на два домена: Северный и Южный, разделенных надвигом [3].

Северный домен принадлежит окраине Карельского кратона, сложен преимущественно вулканогенно-осадочными породами ладожской серии, метаморфизованными в зеленосланцевой и амфиболитовой фации [4].

Южный домен (ЮД) входит в состав Свекофеннского пояса, и его отличительная особенность определяется глубоким метаморфизмом, достигающим уровня гранулитовой фации. Развитые в ЮД отложения рассматриваются как высокотемпературные аналоги терригенных осадков ладожской серии. За верхнюю возрастную границу отложений принимается возраст эндербитов – 1.88 млрд. лет, которые прорывают эти толщи [5].

Южный домен делится на две зоны: Лахденпохскую и Приозерскую (рис. 1) [3]. Существует зональность в первичном составе метаосадочной толщи. В Лахденпохской зоне преобладают граувакки с известково-натровой специализацией, повсеместно присутствуют мергелистые породы и, возможно, вулканы известково-щелочного ря-

да. В Приозерской зоне исчезают породы повышенной известковистости, типичными становятся метапелиты и умеренно глиноземистые метаалевролиты с отчетливой калиевой геохимической специализацией. Породы обеих зон интенсивно мигматизированы, причем в Лахденпохской зоне мигматиты преимущественно натровые, в Приозерской – только калиевые. Указанные зоны выражают региональные особенности провинций калиевых и натровых мигматитов, выделяемых в целом в свекофеннидах.

Зональность проявилась и в развитии интрузивных образований в пределах ЮД. Ранне- и синорогенные интрузии I-типа, представленные норит-эндербитовым и габбро-диорит-тоналитовым комплексами, сосредоточены главным образом в Лахденпохской зоне. Интрузии калиевых гранитов большим распространением пользуются в Приозерской зоне, где они образуют сравнительно крупные плутоны.

Обе мигматитовые зоны характеризуются сложной историей деформационных преобразований, которая, в конечном итоге, находит выражение в развитии субширотных и северо-западных сильно сжатых складок разного порядка, шарниры которых погружаются на юг-юго-восток.

Оценки *P/T*-параметров метаморфизма сравнимых зон с использованием твердофазовой термобарометрии показали практическую идентичность пиковых условий метаморфизма в обеих зонах: температуры достигали 750–850°C при давлении 5–6 кбар.

Изучены два наиболее типичных представителя мигматитов, относящихся к двум вещественно разным зонам мигматитообразования. Соотношение изученных лейкосом с другими мигматитовыми жилами в пределах обнажения позволяет их отнести ко второй генерации. Морфологически это жилы мощностью 10–15 см, смятые в изоклинальные складки согласно с вмещающими гнейсами.

Лейкосом мигматитов натровой провинции (проба Б-2000-19/2) развита в толще метатурби-

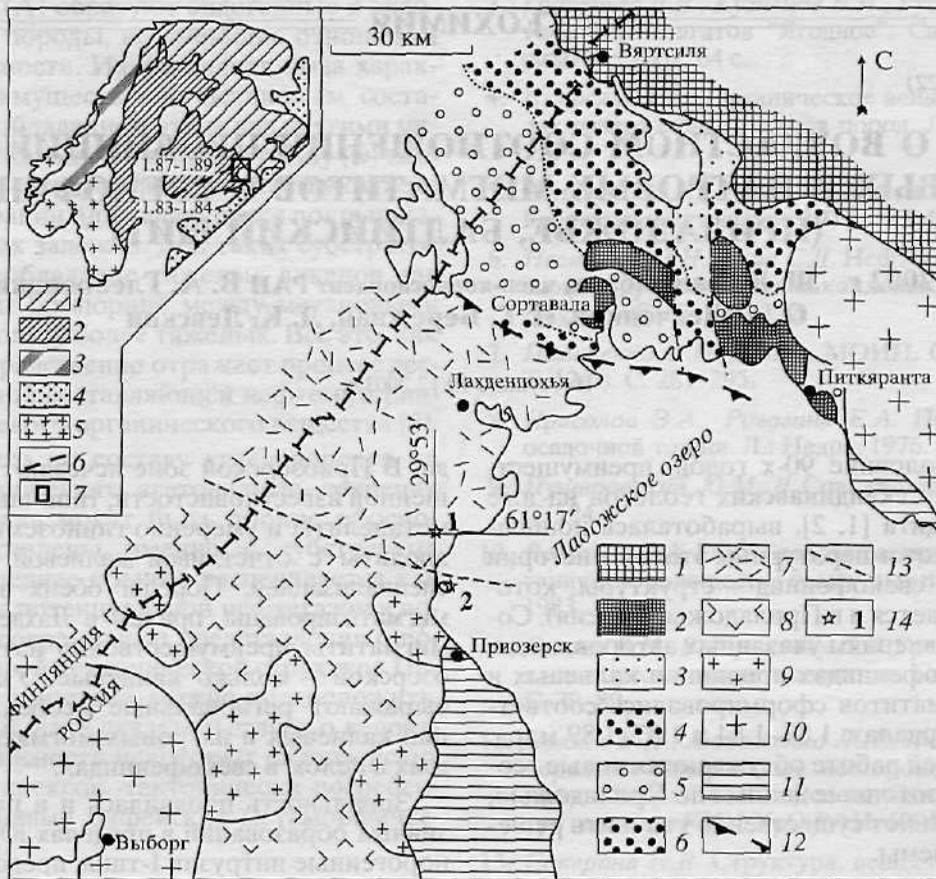


Рис. 1. Схема тектоно-метаморфического районирования Приладожья с указанием места отбора проб. 1–6 – Северный домен: 1 – выступ архейского кристаллического фундамента, 2 – архейский фундамент в ядрах окаймленных гнейсовых куполов, 3–6 – нижнепротерозойский вулканогенно-осадочный покров, метаморфизованный в фазах биотит-хлоритовых сланцев (3), ставролитовых и андалузитовых сланцев (4), силлиманит-мусковитовых и силлиманит-ортоклазовых гнейсов (5), гранат-кордиеритовых гнейсов (6); 7, 8 – Южный домен: 7 – Лахденпохская зона: раннепротерозойские преимущественно известково-натровые гранулиты (метаграувакки), 8 – Приозерская зона: раннепротерозойские преимущественно глиноземистые калиевые гранулиты (метапелиты и метаалевролиты); 9 – крупные массивы калиевых гранитоидов; 10 – массивы ралакиви; 11 – рифейский платформенный чехол; 12 – Мейерский надвиг; 13 – граница двух мигматитовых зон; 14 – место отбора пробы и ее номер: 1 – (пробы Б-2000-19/1, Б-2000-19/2), 2 – (пробы Б-2000-31, Б-2000-30/1). На врезке: положение свекофеннид в структурах региона. 1 – архейские породы Балтийского щита, 2 – свекофенниды, 3 – каледониды, 4 – рифейский чехол, 5 – граниты, 6 – сутурная зона сочленения двух мигматитовых провинций по [1], 7 – участок исследования.

дитов (проба Б-2000-19/1, окрестности пос. Куркиеки). Подобные гнейсы широко распространены в окрестностях г. Лахденпохья и пос. Куркиеки. В основном это гиперстен-гранат-биотитовые плагиогнейсы, которые перемежаются с гранат-биотитовыми и гиперстен-биотитовыми плагиогнейсами. Для толщ характерно регулярное, ритмическое, тонкое переслаивание перечисленных разновидностей. В других местах гиперстенные гнейсы образуют самостоятельные довольно мощные (десятки, сотни метров) слои.

Лейкосома мигматитов калиевой провинции (проба Б-2000-30/1, о. Кильпола) развита в толще высокоглиноземистых (гранатовых, кордиерит-силлиманитовых) гнейсов (проба Б-2000-31). Кордиеритовые гнейсы широко развиты на юге

ЮД (калиевая провинция, Приозерская зона), где подчиненную роль играют гранат-биотитовые и другие гнейсы. Описываемые гнейсы имеют преимущественно двуполевошпат-кварцевый состав с разным соотношением кордиерита, граната, силлиманита и биотита.

Лейкосомы в плагиогнейсах сильно отличаются от лейкосом, развивающихся в высокоглиноземистых гнейсах: в первых они по составу отвечают плагиогранитам, а в последних – ближе к калиевым гранитам.

Определения возраста U–Pb-методом были выполнены в основном по монацитам из вмещающих пород и лейкосомы мигматитов (второй генерации). В лейкосоме Б-2000-19/2 изучен также и циркон.

Таблица 1. Результаты U-Pb-изотопных исследований монацитов и цирконов пород Приладожья

№ п.п.	Размер фракции (мкм) и ее характеристика	Навеска, мг	Содержание, мкг/г		Изотопные отношения					Rho	Возраст, млн. лет		
			Pb	U	$\frac{206\text{Pb}}{204\text{Pb}^a}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}^b}$	$\frac{208\text{Pb}}{206\text{Pb}^b}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$		$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$
Проба Б-2000-19/1, гранат-гиперстеновый гнейс													
1	Mon	0.26	4506	3025	24010	8.7020	0.25147	0.3378	5.326	0.95	1876.0	1873.0	1869.7 ± 2.1
Проба Б-2000-31, гранат-кордиеритовый-силлиманитовый гнейс													
2	Mon	0.25	3140	1500	6139	8.5912	0.16415	0.3338	5.256	0.99	1856.9	1861.8	1867.3 ± 2.1
Проба Б-2000-19/2, лейкосома мигматитов 2-й генерации													
3	Mon	0.15	4590	4010	17750	8.672	0.35547	0.3366	5.317	0.96	1870.5	1871.6	1872.9 ± 2.1
4	Zrn, >100	0.73	107	327	2092	8.2943	30.506	0.3272	5.149	0.96	1825.0	1844.2	1866.0 ± 2.1
5	Zrn, 60-85	0.40	198	619	3278	8.4354	44.555	0.3243	5.1167	0.96	1810.7	1838.9	1871.0 ± 2.1
Проба Б-2000-30/1, лейкосома мигматитов 2-й генерации													
6	Mon	0.73	4884	3775	27620	8.7006	0.30313	0.3385	5.342	0.98	1879.5	1875.5	1871.2 ± 2.1

Примечание. а – изотопные отношения, скорректированные на фракционирование и бланк; б – изотопные отношения, скорректированные на фракционирование, бланк и обычный свинец. Разложение цирконов и выделение Pb и U проводилось по методике Кроу [6]. Уровень лабораторного загрязнения Pb не превышал 0.1 нг, а U – 0.01 нг. Изотопные измерения Pb и U выполнены на масс-спектрометре MAT-261. Ошибки измерения U/Pb изотопных отношений – 0.50%. Все расчеты проводились по программам Ладвига [7, 8].

Содержание монацитов в пробах варьирует от единичных зерен до 50 ppm. Монациты различаются по размеру зерен (50–250 мкм) и по окраске: от почти бесцветных прозрачных до желтовато-рыжих мутных. Ядра отсутствуют. Для определения возраста из каждой пробы отбирались самые чистые и прозрачные зерна монацита, которые в пределах погрешности имеют конкордантные значения возраста (табл. 1, рис. 2).

Возраст монацита (1872.9 ± 2.1 млн. лет) из лейкосомы мигматитов натровой провинции (проба Б-2000-19/2) в пределах погрешности не отличается от возраста монацита (1869.7 ± 2.1 млн. лет) вмещающих гранат-гиперстеновых гнейсов (проба Б-2000-19/1). Также наблюдается совпадение возрастов монацитов из лейкосомы мигматитов калиевой провинции (1871.2 ± 2.1 млн. лет, проба Б-2000-30/1) и вмещающих их гранат-кордиерит-силлиманитовых гнейсов (1867.3 ± 2.1 млн. лет, проба Б-2000-31).

В цирконах из лейкосомы гиперстеновых гнейсов (проба Б-2000-19/2) преобладают (около 80%) светло-розовые и коричневые субидiomорфные кристаллы изометричной формы (I тип), состоящие из детритовых ядер и широких зональных оболочек. Коэффициент удлинения кристаллов (K_y) изменяется от 1 до 2.2, длина кристаллов – от 60 до 300 мкм. Около 20% выборки составляют светло-розовые и коричневые кристаллы циркона (II тип) длиннопризматического облика, суб-

идиоморфные, зональные, с тонкими неравномерными оболочками. K_y варьирует от 3 до 8.5, длина кристаллов – от 50 до 425 мкм. Встречают-

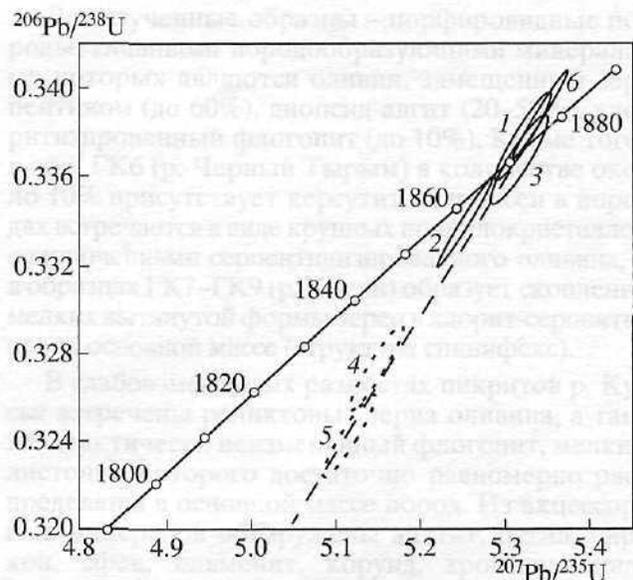


Рис. 2. Рисунок с конкордией цирконов (эллипсы пунктирные) и монацитов (эллипсы сплошной линией) для лейкосомы мигматитов натровой провинции (3–5), плагiogнейсов (1), лейкосомы мигматитов калиевой провинции (6) и высокоглиноземистых гнейсов (2). Пунктирной линией показана изохрона для лейкосомы мигматитов натровой провинции (3–5).

ся многочисленные срастания двух–трех кристаллов. Для цирконов данного типа характерны низкие отношения $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, равные 0.02–0.03 при содержании U от 327 до 619 мкг/г (табл. 1). Совокупность морфологических и геохимических признаков призматических цирконов II типа позволяет отнести их к цирконам метаморфогенного генезиса. Для определения возраста использовались цирконы II типа.

Возраст $t(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$ фракции циркона размером 60–85 мкм, равный 1871.0 ± 2.1 млн. лет, совпадает с возрастом монацита из этой пробы, тогда как более крупные фракции циркона имеют несколько меньший возраст (1866.0 ± 2.1 млн. лет). Этот факт, по-видимому, связан с наличием в крупных зернах относительно широких оболочек новой генерации циркона.

Таким образом, полученные значения возрастов мигматитов из обеих мигматитовых зон указывают на одновременность формирования сравниваемых мигматитов в пределах погрешностей определения. Практически совпадающие значения возраста получены по метаморфогенным монацитам субстрата мигматитов обеих зон (1869–1871 млн. лет). Следовательно, наблюдаемые вещественные различия в двух провинциях мигматитов отражают смену составов супракrustальных пород по латерали, но не являются следствием разных эволюционных путей развития. Противоречие с выводами предыдущих исследований [1, 2] объясняется, по-видимому, тем, что

указанные авторы, не имея прямых данных о возрасте калиевых мигматитов, использовали датировки по гранитным массивам при оценке возраста калиевой мигматитовой провинции.

Авторы весьма признательны А.Ф. Макееву и С.З. Яковлевой за помощь, оказанную при аналитических исследованиях цирконов и монацитов.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (проекты 00–05–65268, 00–05–64897, 00–15–98475, 99–05–65263).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ehlers C., Lindroos A., Selonen O. // Precamb. Reas. 1993. V. 64. P. 295–309.
2. Korsman K., Hollts P., Hautala T., Wasenius P. // Geol. Surv. Finland Bull. 1984. V. 328. 40 p.
3. Балтыбаев Ш.К., Глебовицкий В.А., Козырева И.В. и др. Геология и петрология свекофеннид Приладожья. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2000. 198 с.
4. Судовиков Н.Г., Глебовицкий В.А., Сергеев А.С. и др. Геологическое развитие глубинных зон подвижных поясов (Северное Приладожье). Л.: Наука, 1970. 227 с.
5. Глебовицкий В.А., Балтыбаев Ш.К., Левченков О.А. и др. // ДАН. 2001. Т. 377. № 5. С. 667–671.
6. Krogh T.E. // Geochim. et cosmochim. acta. 1973. V. 37. P. 485–494.
7. Ludwig K.R. US Geol. Surv. Open-File Rep. 1991. P. 88–542.
8. Ludwig K.R. US Geol. Surv. Open-File Rep. 1991. P. 91–445.