СОСТАВ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД ИНГОЗЕРСКОГО МАССИВА

Ниткина Е.А.

Геологический институт КНЦ РАН, Анамуты, nitkina@rambler.ru

Ингозерский массив сложен преимущественно гнейсами и гранитоидами разного состава и расположен (рис. 1) в северо-восточной части Беломорского подвижного пояса [1; 6; 7; 5; 3]. Архейские комплексы основания, как картируемые геологически значимые структуры имеют название тоналит-грандьеит-гнейсового комплекса – ТТГ [7; 9; 4]. Изученные гнейсы Ингозерского массива по петрохимическим характеристикам отвечают тоналитам и трондьемитам, геохимические характеристики распределения редкоземельных элементов схожи с породами ТТГ комплексов, известных на древнейших щитах Мира [12].

Рис. 1. Схематическая карта Кольского полуострова [2] с изменениями автора.

В ранее проведенных исследованиях [1; 6; 5; 3; 9; 4] в пределах Ингозерского массива выделены следующие типы пород: биотитовые, биотит-амфиболовые, амфибол-биотитовые гнейсы, гранито-гнейсы, амфиболиты, гранодиориты и пегматиты. Биотитовые, амфибол-биотитовые и биотит-амфиболовые гнейсы являются метаморфизованными и рассланцованными останцами первичных ТТГ пород [6]. Дайки основного состава, метаморфизованные и рассланцованные совместно с толщами гнейсов, переработаны в полевошпатовые амфиболиты и прорваны телами крупнозернистых гранитов и пегматитов.

По результатам изотопного датирования установлена следующая последовательность геологических процессов Ингозерского массива [8]: 3149 ± 46 млн. лет – образование маг-

матического протолита биотитовых гнейсов; 2727 ± 5 – 2725 ± 2 млн. лет – второй этап внедрения тоналитов или метаморфизм и деформации пород, связанные с внедрением даек основных пород; 2697 ± 9 – 2667 ± 7 млн. лет – рассланцевание, метаморфизм, деформация пород, происходившие одновременно с внедрением гранитоидных тел; 2615 ± 8 млн. лет – внедрение тел гранитов; 2549 ± 30 млн. лет – по-
слойная микроклинизация биотитовых гнейсов.

Данное исследование направлено на оценку температуры кристаллизации гранитоидов Ингозерского массива. Пробы для оценки температуры кристаллизации пород были отобраны из биотитовых гнейсов (Н-10-01), амфибол-биотитовых гнейсов (Н-10-07) и биотит-амфиболовых гнейсов (Н-10-08) и гранито-гнейсов (Н-10-05).

Для определения температуры кристаллизации гранитоидов Ингозерского массива использовался метод определения температуры кристаллизации гранитоидов по насыщению цирконием [13]. Для этого необходимы определения содержаний петрогенных элементов и Zr в породах. Определение петрогенных элементов проводилось в химико-аналитической лаборатории ГИ КНЦ РАН. Распределение редкоземельных элементов в породах ТТГ комплекса Ингозерского массива было изучено с использованием данных, полученных в Аналитическом центре ИГМ СО РАН по методике [10].

Таблица 1. Содержание петрогенных (мас. %) и редких элементов (г/т) в гранитоидах Ингозерского массива.

	Н-10-01	Н-10-07	Н-10-08	Н-10-05
SiO ₂	71.12	67.81	66.55	73.5
TiO ₂	0.26	0.49	0.47	0.20
Al ₂ O ₃	14.22	13.90	13.85	12.15
Fe ₂ O ₃	0.22	0.11	1.09	0.93
FeO	2.94	4.77	4.40	3.27
MnO	0.037	0.075	0.059	0.036
MgO	0.65	1.69	2.00	0.27
CaO	2.46	3.95	4.29	1.29
Na ₂ O	5.20	4.13	4.26	3.34
K ₂ O	1.70	1.37	1.32	3.93
La	18.90	11.37	30.17	4.2
Ce	34.89	27.22	53.86	7.8
Pr	3.98	3.28	6.22	0.91
Nd	12.83	12.36	20.66	3.3
Sm	1.98	2.34	3.06	0.60
Eu	0.46	0.76	0.77	0.39
Gd	1.27	2.43	2.62	0.62
Tb	0.17	0.37	0.34	0.085
Dy	0.71	1.92	1.41	0.48
Ho	0.13	0.37	0.25	0.082
Er	0.31	0.88	0.68	0.18
Tm	0.05	0.13	0.09	0.027
Yb	0.30	0.88	0.56	0.16
Lu	0.04	0.13	0.08	0.027
Zr	124	131	120	36

Рис. 2. Распределение РЗЭ, нормированное к хондриту [11], для биотитовых (Н-10-01), амфибол-биотитовых (Н-10-07) и биотит-амфиболовых (Н-10-08) гнейсов, и гранито-гнейсов (Н-10-05) ТТГ комплекса Ингозерского массива (анализы выполнены в ИГМ СО РАН).

Химический состав пород представлен в таблице (табл. 1). Для исследованных гнейсов Ингозерского массива точки химических анализов гнейсов ложатся в поля тоналитов и трондьемитов, высокое содержание легких редкоземельных элементов и отсутствие Eu аномалии (рис. 2) говорит о происхождении пород из обогащенных источников без существенной роли фракционной кристаллизации [8] и схоже с таковыми для пород комплексов ТТГ Мира [12]. Для гранито-гнейсов характерно высокое содержание К и низкое Са. В распределении редкоземельных элементов присутствует постепенное снижение содержаний элементов от легких к тяжёлым и положительная Eu аномалия (рис. 2).

Используя содержания Zr в породах были рассчитаны значения температуры кристаллизации гранитоидного расплава по насыщению цирконием с использованием термометра [13]: при кристаллизации пород комплекса TTG от 735 до 755 °С, и при кристаллизации секущих гранитных тел – 670 °С.

Расчетные значения температуры по насыщению Zr для гранитов, содержащих ксеногенные ядра циркона, наиболее близки к температурам образования кислого расплава, напротив, оценки Т по гранитам, лишенным ксеногенных цирконов, отражают условия насыщения и занижены в сравнении с температурами плавления [10].

Таким образом, температура выплавления гранитоидов Ингозерского массива была ~750 °С, а секущих гранитных тел – не менее 670 °С.

Работа подготовлена при поддержке программы президиума РАН № 19 «Фундаментальные проблемы геолого-геофизического изучения литосферных процессов».

Литература

1. Батиева И.Д., Бельков И.В. Гранитоидные формации Кольского полуострова. // Очерки по петрологии, минералогии и металлогении Кольского полуостров. Л.: Наука. 1968. с. 5-143.
2. Балаганский В.В. Главные этапы тектонического развития северо-востока Балтийского щита в палеопротерозое. Автореф. дисс. ... д.г.-м.н. СПб. 2002. 32 с.
3. Бельков И.В., Загородный В.Г., Предовский А.А. и др. Стратиграфическое расчленение и корреляция докембрия С-В части Балтийского щита. Л.: Наука. 1971. С. 141-150.
4. Докембрийская тектоника северо-восточной части Балтийского щита (Объяснительная записка к тектонической карте С-В части Балтийского щита м-ба 1:500000). / отв. редактор Ф.П. Митрофанов. Апатиты: КФАН СССР. 1992. 112 С.
5. Загородный В.Г., Радченко А.Т. Принципы и главные черты тектонического районирования северо-восточной части Балтийского щита. // Тектоника и глубинное строение северо-восточной части Балтийского щита. Апатиты: КФАН СССР. 1978. С. 3-12.
6. Козлов Н.Е., Сорохтин Н.О., Глазнев В.Н., Козлова Н.Е., Иванов А.А., Кудряшов Н.М., Мартынов Е.В., Тюремов В.А., Матюшкин А.В., Осипенко Л.Г. Геология архея Балтийского щита. СПб.: Наука. 2006. 329 с.
7. Митрофанов Ф.П. Современные проблемы и некоторые решения докембрийской геологии кратонов // Литосфера. 2001. № 1. С. 5-14.
8. Ниткина Е.А., Баянова Т.Б. Изотопно-геохронологическое изучение пород Ингозерского массива (Кольский полуостров) // Вестник МГТУ. В печати.
9. Объяснительная записка к геологической карте северо-восточной части Балтийского щита масштаба 1:500 000 / Ред. Ф.П. Митрофанов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. 95 с.
10. Туркина О.М., Капитонов И.Н. Изотопный Lu-Hf состав циркона как индикатор источников расплава для палеопротерозойских коллизионных гранитов // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 2. С. 181-199.
11. Boynton W. V. Chapter 3. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies, In Rare Earth Element Geochemistry (P. Henderson, ed.), (Developments in Geochemistry 2), Elsevier, Amsterdam. 1985. P. 115-1522.
12. Moyen J.-F. & Martin H. Forty years of TTG research // Lithos. 148. 2012. P. 312-336.
13. Watson E.B., Harrison T.M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types // Earth and Planetary Science Letters. 1983. V. 64. P. 295-304.