

## Время формирования габбро-анортозитов Ачинского комплекса: U-Pb (SHRIMP RG) изотопно-геохронологическое изучение циркона

Кудряшов Н.М.<sup>1</sup>, Балаганский В.В.<sup>1</sup>, Удоратина О.В.<sup>2</sup>, Мокрушин А.В.<sup>1</sup>, Кобл М.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, [nik@geoksc.apatity.ru](mailto:nik@geoksc.apatity.ru)

<sup>2</sup> Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, [udoratina@geo.komisc.ru](mailto:udoratina@geo.komisc.ru)

<sup>3</sup> Стэнфордский Университет, США, [coblem@stanford.edu](mailto:coblem@stanford.edu)

**Аннотация.** В Кольском регионе известны два этапа архейского габбро-анортозитового магматизма: мезоархейский (2.93-2.92 млрд. лет) и неоархейский (2.68-2.66 млрд. лет). Неоархейский габбро-анортозитовый магматизм представлен рядом массивов, расположенных в обрамлении Кейвского блока. Ачинский комплекс габбро-анортозитовых интрузий обнажается в тектоническом шве между архейскими Мурманским и Кольским блоками. Для циркона из анортозитов Ачинского комплекса определен U-Pb (SHRIMP RG) возраст циркона 2674.7±9.7 млн. лет. Полученный возраст отражает кристаллизацию циркона из расплава и, соответственно, время формирования пород массива. Предполагается, что первоначальная магма для габбро-анортозитовых массивов неоархейского возраста относится к субщелочному типу и их формирование происходило во внутриплитной обстановке.

**Ключевые слова:** габбро-анортозиты, циркон, U-Pb изотопное датирование, архей, Ачинский комплекс, Кольский регион.

## The age of gabbro-anorthosites of the Achinsky complex: U-Pb (SHRIMP RG) isotope-geochronological study of zircon

Kudryashov N.M.<sup>1</sup>, Balagansky V.V.<sup>1</sup>, Udoratina O.V.<sup>2</sup>, Mokrushin A.V.<sup>1</sup>, Coble M.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geological institute of KSC RAS, Apatity, [nik@geoksc.apatity.ru](mailto:nik@geoksc.apatity.ru)

<sup>2</sup> Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syctyvkar, [udoratina@geo.komisc.ru](mailto:udoratina@geo.komisc.ru)

<sup>3</sup> Stanford University, USA, [coblem@stanford.edu](mailto:coblem@stanford.edu)

**Abstract.** Two stages of the Archean gabbro-anorthosite magmatism were established in the Kola region, i.e. Mesoarchaeon (2.93-2.92 Ga) and Neoarchaeon (2.68-2.66 Ga). Neoarchean gabbro-anorthosite magmatism comprises a series of intrusions located in the frame of the Keivy Terrane. The Achinsky complex of gabbro-anorthosite intrusions is exposed in the zone of a deep fault. U-Pb (SHRIMP RG) zircon age of 2674.7±9.7 Ma was obtained for zircon from the Achinsky anorthosites. The age is related to the crystallization of magmatic zircon and, accordingly, the formation of anorthosites. It is assumed that the initial magma for Neoarchean gabbro-anorthosite massifs was subalkaline magma formed in an intraplate anorogenic setting.

**Key words:** gabbro-anorthosite, zircon, U-Pb isotope dating, Archean, Achinsky complex, Kola region.

### Введение

Кольский полуостров представляет собой область широкого развития габбро-анортозитового магматизма палеопротерозойского и архейского возраста. Архейский габбро-анортозитовый магматизм (megacrystic anorthosites) проявлен, главным образом, в обрамлении Кейвского террейна и представлен большой группой массивов, которые были объединены в единый Кейвско-Колмозерский комплекс (Шарков, 1984). Изотопно-геохронологическое изучение U-Pb (ID TIMS) методом архейских габбро-анортозитовых массивов установило два временных этапа их формирования. Изотопное датирование циркона и бадделеита из габбро-норитов и анортозитов Цагинского массива, Ачинского и Медвежье-Щучьеозерского комплексов дало неоархейские возрасты 2.68-2.66 млрд. лет (Баянова, 2004). Расположенные на границе зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья и Мурманского гранитоидного блока массивы габбро-анортозитов – Патчемварекский и Северный – имеют мезоархейский возраст циркона 2.93-2.92 млрд. лет (Кудряшов, Мокрушин, 2011). На основе геодинамических реконструкций, размещение тел габбро-анортозитов архейского возраста связывается с коллизией Кейвской и Мурманской микроплит в неоархее (Минц и др., 1996). Существуют мнe-

ния о связи габбро-анортозитовых массивов с начальным периодом стабилизации континентальной коры Кейвского блока в неогарее (Вревский, 2016). В настоящей работе приведены результаты U-Pb (SHRIMP RG) изотопно-геохронологического изучения циркона из габбро-анортозитов Ачинского комплекса.

### **Геологическое положение и состав пород**

Ачинские габбро-анортозитовые интрузии расположены в тектоническом шве между Кейвским и Мурманским блоками (рис. 1). Интрузии габбро-анортозитов обнажаются в виде узких линзовидных тел мощностью от нескольких до десятков метров и сложены в различной степени измененными крупно-, среднезернистыми метагаббро-анортозитами. Первоначально они, вероятно, представляли собой единый массив, разобренный впоследствии тектоническими процессами. Породы имеют порфировую структуру и состоят из близких к идиоморфным кристаллов плагиоклаза, интерстиции между которыми выполнены агрегатом вторичной роговой обманки по пироксенам. Состав плагиоклаза изменяется от битовнита до лабрадора. Акцессорные минералы: циркон, титанит, апатит, титаномagnetит.



Рис. 1. Фрагмент геологической карты Кольского региона (гл. редактор Ф.П. Митрофанов, 1996). Условные обозначения: 1 – Цагинский массив; 2 - Медвежье-Щучьеозерский комплекс; 3 - Патчемварекский и Северный массивы; 4 – Пачинский массив.

Fig. 1. Fragment of the geological map of the Kola region (editor-in-chief F.P. Mitrofanov, 1996). 1 – Tsaginsky massif; 2 – Medvezhe-Shchuchezersky complex; 3 - Patchemvaretsky and Severny massifs; 4 – Pachinsky massif.

### **Результаты изотопно-геохронологического исследования**

Проба для выделения циркона отобрана из коренного обнажения габбро-анортозитов, расположенного на правом берегу р. Ачерйок (рис. 1). Акцессорный циркон представлен полупрозрачными, розоватого цвета, призматическими обломками кристаллов с хорошо сохранившимися ребрами (рис. 2 а, b). В отраженных электронах в зернах циркона отмечаются участки с первичной магматической зональностью (рис. 2 с, d). В катодных лучах циркон темного цвета (рис. 3). Морфологические характеристики и внутреннее строение циркона из габбро-анортозитов указывают на его магматическое происхождение без видимых следов более поздних преобразований, связанных с метаморфизмом пород.

Локальное U-Pb изотопно-геохронологическое исследование зерен циркона было выполнено в центре SUMAC Стэнфордского университета и Геологической службы США на ионном мультиколлекторном микрозонде SHRIMP RG по методике, описанной на сайте <http://shrimprg.stanford.edu>.

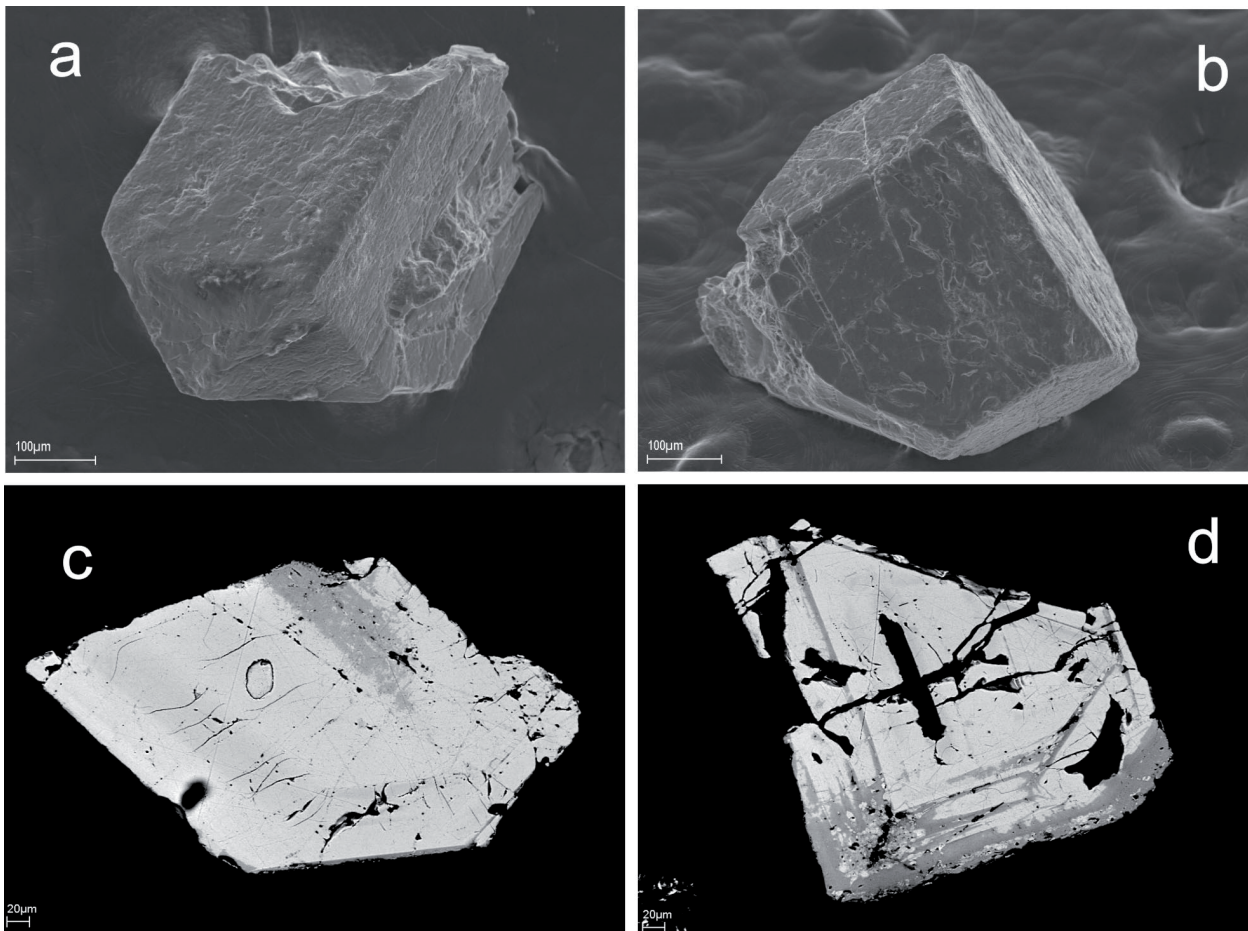


Рис. 2. Микрофотографии циркона из габбро-анортозитов Ачинского комплекса: РЭМ (а, б); в отраженных электронах (с, d). Изображения получены на сканирующем электронном микроскопе S-430 HITACHI с приставкой для рентгеновского анализа фирмы LINK и LEO-1450 (аналитик А.А. Тележкин, ГИ КНЦ РАН).

Fig. 2. Microimages of zircon from the Achinsky gabbro-anorthosite: SEM (a, b); BSE (c, d). The images were obtained on a scanning electron microscope LEO-1450 (analyst A.A. Telezhkin, GI KSC RAS).

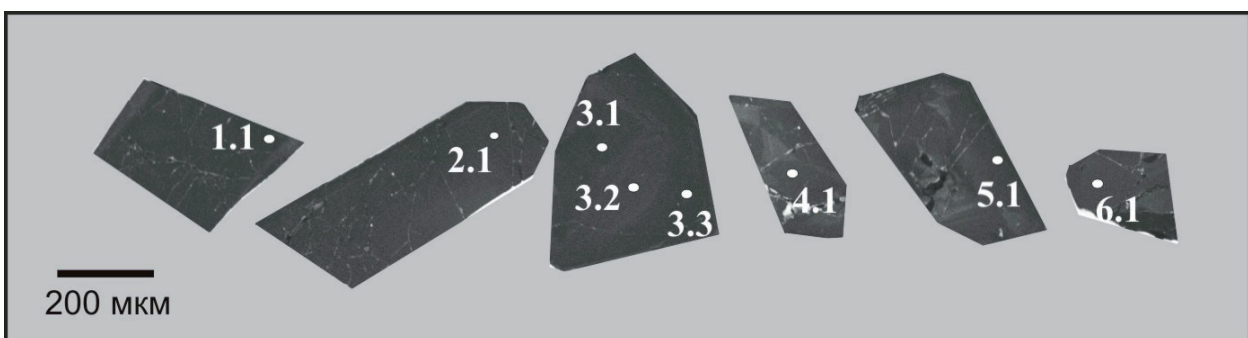


Рис. 3. Микрофотографии циркона в катодолуминесценции из габбро-анортозитов (обр. 71502). Кружками отмечены анализируемые участки зерен. Изображения получены на сканирующем электронном микроскопе Jeol 5600 (Стэнфордский университет).

Fig. 3. Cathodoluminescence images for zircon grains from the Achinsky gabbro-anorthosite (sample 71502). Circles show the location of data-points. Images were obtained using a scanning electron microscope Jeol 5600 (Stanford University).

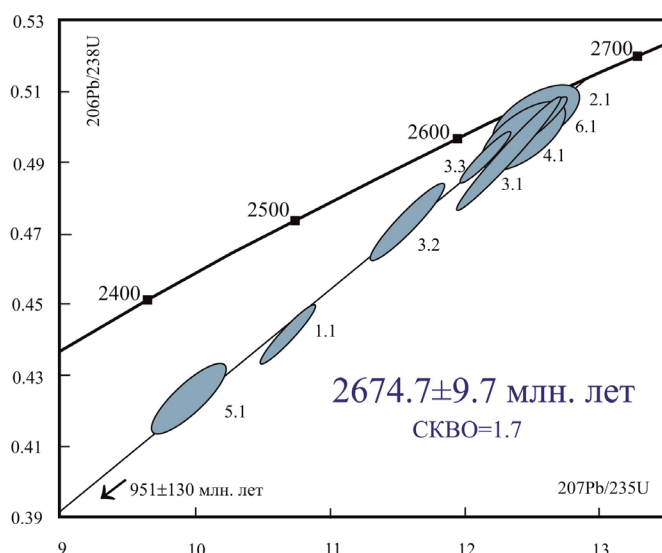


Рис. 4. Диаграмма с конкордией для циркона из габбро-анортозитов Ачинского комплекса (погрешности даны на уровне 2σ).

Fig. 4. Diagram with concordia for the Achinsky complex gabbro-anorthosites (errors are 2σ).

Возраст верхнего пересечения, рассчитанный для семи дискордантных и одной конкордантной проанализированной точки составил  $2674.7 \pm 9.7$  млн. лет, СКВО=1.7 (рис. 4, табл. 1). Наиболее дискордантные значения характерны для аналитических точек, обогащенных ураном (табл. 1). Мы полагаем, что верхнее пересечение дискордии с конкордией с возрастом  $2674.7 \pm 9.7$  млн. лет отражает время кристаллизации магматического циркона при формировании габбро-анортозитов, а дискордантность связана с последующим изменением циркона.

Таблица 1. Результаты U-Pb локального изотопного исследования циркона из габбро-анортозитов Ачинского комплекса.

Table 1. Results of the U-Pb dating of zircons from the Achinsky complex gabbro-anorthosites.

№ точки анализа	$^{206}\text{Pb}_c$ , %	Содержания, ppm			$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Изотопные отношения			Rho	Возраст, млн. лет		D, %
		$^{206}\text{Pb}^*$	U	Th		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	
71502-1.1	0.000	212	560	386	0.71	$0.1753 \pm 0.2$	$10.66 \pm 0.8$	$0.441 \pm 0.8$	1.0	$2356 \pm 15$	$2608 \pm 4$	12
71502-2.1	0.003	139	322	287	0.92	$0.1813 \pm 0.3$	$12.58 \pm 0.7$	$0.503 \pm 0.7$	0.9	$2627 \pm 14$	$2664 \pm 4$	2
71502-3.1	0.013	202	480	407	0.87	$0.1794 \pm 0.2$	$12.14 \pm 0.7$	$0.491 \pm 0.6$	0.9	$2574 \pm 13$	$2647 \pm 4$	3
71502-3.2	0.017	116	286	144	0.52	$0.1770 \pm 0.3$	$11.55 \pm 1.0$	$0.473 \pm 0.98$	0.9	$2497 \pm 20$	$2625 \pm 5$	6
71502-3.3	0.002	216	509	330	0.67	$0.1816 \pm 0.2$	$12.37 \pm 1.5$	$0.494 \pm 1.0$	1.0	$2589 \pm 32$	$2666 \pm 4$	4
71502-4.1	0.016	56	130	97	0.77	$0.1813 \pm 0.8$	$12.43 \pm 1.1$	$0.497 \pm 0.8$	0.7	$2602 \pm 17$	$2664 \pm 12$	3
71502-5.1	0.008	223	614	483	0.81	$0.1702 \pm 0.6$	$9.92 \pm 1.2$	$0.423 \pm 1.0$	0.9	$2272 \pm 19$	$2559 \pm 10$	13
71502-6.1	0.005	89	205	144	0.73	$0.1806 \pm 0.8$	$12.52 \pm 1.1$	$0.503 \pm 0.7$	0.7	$2626 \pm 16$	$2658 \pm 14$	1

Примечание. Ошибка в калибровке стандарта соответствовала 0.15 %. Погрешности даны на уровне 1σ.  $^{206}\text{Pb}_c$  и  $^{206}\text{Pb}^*$  указывают содержания обыкновенного и радиогенного свинца, соответственно. Измеренные отношения скорректированы на  $^{204}\text{Pb}$ . D – дискордантность:  $D = 100 \times [\text{возраст } (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) / \text{возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1]$ . Rho – коэффициент корреляции между ошибками определения отношений  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ .

Notes. Error in the calibration standard is 0.15 %. Errors are 1σ.  $^{206}\text{Pb}_c$  and  $^{206}\text{Pb}^*$  – common and radiogenic lead; corrected ratios and  $^{206}\text{Pb}$  content are corrected for  $^{204}\text{Pb}$ . D is discordance:  $D = 100 \times [\text{age } (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) / \text{age } (^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1]$ . Rho is the error correlation coefficient of radiogenic  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  versus  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ .

**Выводы:**

1. Архейские интрузии габбро-анортозитов Кольского региона являются специфическими образованиями тектонических швов между блоками континентальной земной коры, формировавшихся в мезоархее и неоархее.

2. Локальные U-Pb (SHRIMP RG) исследования циркона из габбро-анортозитов Ачинского массива дали неархейский возраст их магматической кристаллизации  $2674.7 \pm 9.7$  млн. лет назад.

3. Предполагается, что первоначальная магма мезоархейских габбро-анортозитов близка базальтам MORB типа, характерных для начальных стадий развития зеленокаменных поясов и связана с их образованием в океанической обстановке, а первоначальная магма для габбро-анортозитовых массивов неархейского возраста относится к субщелочному типу и их формирование происходило во внутриплитной обстановке.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 0226-2019-0053.

#### **Литература**

1. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. С-Пб. Изд-во: Наука. 2004. 176 с.
2. Вревский А.Б. Возраст и источники анортозитов неархейского зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья (Фенноскандинавский щит) // Петрология. 2016. Т. 24. № 6. С. 571–586.
3. Кудряшов Н.М., Мокрушин А.В. Мезоархейский габбро-анортозитовый магматизм Кольского региона: петрохимические, геохронологические и изотопно-геохимические данные // Петрология. 2011. Т. 19. № 2. С. 173–189.
4. Минц М.В., Глазнев В.Н., Конилов А.Н. и др. Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита: палеогеодинамика, строение и эволюция континентальной коры. М. Изд-во: Научный мир. 1996. 278 с.
5. Шарков Е.В. Анортозитовые ассоциации Кольского полуострова // Анортозиты Земли и Луны. М. Изд-во: Наука. 1984. С. 5–61.