

## О Т З Ы В

**официального оппонента доктора геолого-минералогических наук Каулиной Татьяны Владимировны на диссертацию Сергеевой Людмилы Юрьевны на тему: «Состав и изотопно-геохимическая характеристика циркона из гранулитов далдынской серии Анабарского щита», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.**

Диссертация Л.Ю. Сергеевой «Состав и изотопно-геохимическая характеристика циркона из гранулитов далдынской серии Анабарского щита», состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка использованной литературы из 170 наименования и 3-х приложений. Работа посвящена реконструкции эволюции (возраста и параметров метаморфизма) гранулитов далдынской серии Анабарского щита на основе геохимического изучения пород и минералов, а также комплексного минералого- и изотопно-геохимического изучения циркона – основного минерала-геохронометра, который сохраняет информацию о самых ранних этапах развития Земли и позволяет решить вопросы реконструкции происхождения и эволюции ранней континентальной коры.

В результате проведенного исследования был определен возраст пород далдынской серии (кристаллосланце и гнейсов), определены параметры и возраст этапов гранулитового и амфиболитового метаморфизма, определен возраст области сноса для кварцитов далдынской серии, а также проведено сравнение редкоэлементного состава циркона из гранулитов далдынской серии с гранулитовым цирконом из других регионов мира.

**Актуальность темы диссертации** определяется изучением пород Анабарского щита, которые с самого начала систематических исследований относили к наиболее древним и глубокоизмененным комплексам фундамента Сибирской платформы. Изучаемые породы, как и показали результаты диссертации, несут важную информацию для понимания эволюции раннедокембрийской континентальной коры, что представляет собой одну из актуальных проблем современной геологии.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений,** сформулированных в диссертации, обеспечивается использованием современных аналитических методик: методы XRF и ICP-MS; электронная микроскопия с энергодисперсионным спектрометром и ионный микрозонд; локальная SHRIMP-II и LA-ICPMS масс-спектрометрия, классическая TIMS масс-спектрометрия. Анализы выполнены на современном оборудовании 5 различных научно-

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-139 от 13.05.2012  
АУ УС

исследовательских центров: ВСЕГЕИ, в том числе ЦИИ ВСЕГЕИ, ИГГД РАН, Ярославского филиала ФТИАН, Института геологии и геофизики Китайской Академии наук (IGG CAS). Выводы подкреплены литературными ссылками, а также данными, полученными в результате предшествующих исследований.

В ходе работы изучено 17 образцов пород, выполнено 459 анализов редких и редкоземельных элементов в минералах (цирконе, гранате, пироксенах и амфиболах), 230 локальных U-Pb (SHRIMP II) определений возраста циркона, 22 определения изотопного состава гафния и 60 определений изотопного состава кислорода в цирконе. Три образца породы датированы Sm-Nd методом. Данная комплексная аналитическая основа указывает на высокую достоверность полученных результатов.

**Научная новизна** приведенных в работе материалов безусловна, поскольку настолько детальные минералого-геохимические и геохронологические исследования циркона из пород далдынской серии выполнены впервые. В результате установлен древний мезоархейский этап формирования протолита биотит-гиперстеновых кристаллосланцев ~ 3.0 млрд лет. Определено время проявления двух этапов гранулитового метаморфизма: раннеархейского (~ 2.7 млрд лет) и палеопротерозойского (~ 2.0 млрд лет). Установлен возраст 3.5 млрд лет для детритового циркона в кварцитах далдынской серии, что отражает преобладание в области сноса палеоархейских магматических пород. Получены данные по изотопному составу кислорода и гафния в цирконе, что позволило уточнить интерпретацию его генезиса и сделать вывод о существенной контаминации материнских для циркона расплавов супракрустальным веществом. Определены возраст и P-T параметры метаморфизма амфиболитовой фации, наложенного на палеопротерозойский гранулитовый метаморфизм. Выполнено обобщение и сравнение полученных данных по редкоэлементному составу циркона из гранулитов Анабарского щита с цирконом из гранулитовых комплексов мира.

**Обоснованность** защищаемых положений не вызывает сомнений, так как они базируются на корректной интерпретации представительных данных как по составу пород и минералов далдынской серии, так и по результатам U-Pb геохронологических исследований. Достоверность выводов подтверждается и апробацией работы: наличием публикаций в рецензируемых журналах и материалах конференций. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 15 печатных работах, в том числе 9 статей в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий (ВАК), в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; и 1 статья в журнале Geosciences, входящем в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Полученная информация о времени и условиях протекания магматических и метаморфических процессов в породах далдынской серии в комплексе с имеющимися литературными данными позволит хронометрировать эволюцию Анабарского щита, начиная с палеоархейского времени, что внесет весомый вклад в решение проблем эволюции ранней континентальной коры Земли в целом.

Детальное минералого-геохимическое и изотопно-геохимическое изучение циркона показывает пример использование нового научного подхода – петрохронологического, связывающего данные геохронологии с условиями протекания магматических и метаморфических процессов.

Полученные результаты комплексного изучения и датирования пород Анабарского щита также могут быть использованы при составлении Государственных геологических карт.

### **Замечания по оформлению работы:**

(1) Глава 3 «Геолого-петрографическая характеристика...». Не подписаны минералы на фотографиях шлифов, подписаны только на одном рисунке из 7. Обозначения минералов не расшифрованы, как и во всем тексте, и отсутствует ссылка на используемые аббревиатуры минералов. Также нет обозначений (а) и (б) на рисунках из двух фотографий, масштабная линейка в большинстве случаев с трудом различима.

(2) Глава 4 «Изотопно-геохимическая характеристика». Замечания к оформлению рисунков с фотографиями циркона. Во-первых, они не все сделаны в одном стиле, во-вторых, непонятно, почему нельзя было выстроить их по порядку номеров анализов. Вообще непонятно, по какому принципу они расположены.

(3) Приложение Б «Результаты U-Pb (SHRIMP II) анализов циркона». Сначала в таблицах Б1-4 анализы выстроены в порядке увеличения возраста циркона, потом по порядку номеров (таблицы Б5-8), в таблице Б9 – опять по возрасту. А в таблица А6 – вообще нет номеров образцов.

Вообще в тексте многовато ошибок и опечаток.

### **Замечания по содержанию работы:**

(1) Не очень удачное название работы, при котором теряется большой объем данных, касающихся изучения состава пород и минералов, определения параметров и этапов метаморфизма.

(2) В главе 1 история изучения далдынской серии написана несколько поверхностно. Например, «изотопно-геохронологические исследования гранулитов Анабарского щита проводились Е.В. Бибиковой (ссылки)». В результате этих исследований по всей площади Анабарского щита были получены представительные геохимические данные и непротиворечивые изотопные оценки возраста. Какие данные и какой возраст? Также про исследования Ножкина А.Д. и

др. (2019) «представили результаты детального изучения». Надо было написать, какие результаты, в этом и заключается смысл изучения истории предыдущих исследований, ни кто изучал, а что получили.

(3). Получено очень большое количество данных по возрасту и составу циркона из разных пород далдынской серии, а в защищаемые положения выносятся только детритовый циркон из кварцитов и возраст амфиболитового метаморфизма. Совершенно непонятно, почему в защищаемых положениях не отражен возраст кристаллосланцев ( $3012 \pm 15$  млн лет), архейского и протерозойского гранулитового метаморфизма (2.7-2.8 и 1.92 млрд лет), время накопления осадочного протолита кварцитов (~2.1 млн лет)? Почти половина материала никак не используется в защищаемых положениях.

(4). Некоторые возражения касаются третьего защищаемого положения по сравнению гранулитового циркона далдынской серии с гранулитовым цирконом мира. Здесь возникает много вопросов. Во-первых, как вы различали гранулитовый и амфиболитовый циркон в ваших породах. Циркон из гранулитов – еще не значит гранулитовый циркон. Во-вторых, что значит «циркон, отражающий воздействие флюида»? Циркон рос из флюида? Или рос из расплава, а потом на него воздействовал флюид? Гранулитовый ли это циркон, растущий из флюида? Не кажется ли вам, что отклонение гранулитового циркона далдынской серии от гранулитовых цирконов мира говорит о вашей ошибке при интерпретации генезиса циркона.

Вы сравниваете ваш циркон с другими гранулитами, но вы же сами пишете, что условия образования гранулитового циркона могут быть разными. На состав гранулитового циркона влияют многие факторы: состав и объем расплава, сосуществующие минералы (например, Whitehouse, Kamber, 2003). Можно ли напрямую сравнивать циркон, образовавшийся в одной фации метаморфизма, но при варьирующих температурных и парагенетических условиях, не разделяя этих условий. Проводить такое сравнение имело смысл для эклогитового циркона – там уникальные условия с узким диапазоном РТ параметров и сосуществующего парагенезиса минералов.

Но все это, скорее информация для дальнейших размышлений. Сделанные замечания не умаляют достоинств работы. Диссертация Сергеевой Людмилы Юрьевны представляет собой законченное исследование, насыщенное новой современной информацией.

**Заключение по диссертации:** Диссертация «Состав и изотопно-геохимическая характеристика циркона из гранулитов далдынской серии Анабарского щита», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия,

геохимические методы поисков полезных ископаемых полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Сергеева Людмила Юрьевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент,

Главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геологии докембрия Геологического института – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ГИ КНЦ РАН).

Доктор геолого-минералогических наук

**Каулина Татьяна Владимировна**



Геологический институт – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ГИ КНЦ РАН).

Почтовый адрес: 184209, г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, д. 14

Официальный сайт в сети Интернет: <http://geoksc.apatity.ru>

e-mail: [kaulina@geoksc.apatity.ru](mailto:kaulina@geoksc.apatity.ru)

Телефон: +79210427983

5 мая 2022

Подпись  
ПО МЕСТУ РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮ  
ПОМОЩНИК ДИРЕКТОРА  
ГИ КНЦ РАН  
Ю. Г. КУЗЬМИНСКАЯ

2022 г.