на автореферат диссертации **Юлии Сергеевны Егоровой** "Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники", представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Санукитоиды образуют специфическую группу высокомагнезиальных магматических пород, которые обогащены барием, стронцием, легкими редкими землями и щелочами и обогащенной в результате метасоматоза мантии. Изучение произошли ИЗ специфических пород вносит большой вклад в наше понимание метасоматических процессов в архейской мантии. В этой связи выполненное Е.С. Егоровой исследование санукитоидов Фенно-Карельской провинции Балтийского щита представляется актуальным. Знакомство с опубликованными Е.С. Егоровой результатами этого исследования позволяет заключить, что оно выполнено на высоком уровне и вносит большой вклад в решении указанной выше научной задачи. При этом Е.С. Егорова показала хорошие знания литературы и современных методов исследования и проявила себя как серьезный исследователь, способный решать сложные проблемы магматической петрологии. Защищаемые положения, как следует из автореферата и публикаций Е.С. Егоровой в рецензируемых журналах, а также в прочих изданиях, обоснованы с необходимой полнотой. Таким образом, можно заключить, что работа "Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники" в полной мере отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор, Юлия Сергеевна Егорова, несомненно, заслуживает присуждения ей искомой степени.

Балаганский Виктор Валентинович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией региональной геологии и геофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологического института Кольского научного центра Российской Академии наук, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14, Мурманская обл., 184209, Россия тел. (8) 81555-79265 (раб.), (8) 921 281 0420 (моб.), электронная почта balagan@geoksc.apatity.ru



на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геологоминералогических наук ЮЛИИ СЕРГЕЕВНЫ ЕГОРОВОЙ «САНУКИТОИДЫ ФЕННО-КАРЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА: ГЕОЛОГИЯ, СОСТАВ, ИСТОЧНИКИ» по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология

В представленной на отзыв работе в реферированном виде изложены результаты авторского изучения на территории Карелии санукитоидов - представителей достаточно нового для Балтийского (Фенноскандинавского) щита типа неоархейского мантийного плутонизма со сложными корово-мантийными геохимическими характеристиками и, соответственно, допускающими неоднозначность трактовки их природы.

Это определило необходимость и актуальность детального комплексного изучения этих пород в ряде объектов Карелии, проведенного автором с использованием передовых научных технологий - прецизионного изучения геохимии малых элементов с помощью метода ICPMS, изотопно-геохимического и изотопно-возрастного изучения U-Th-Pb-, Sm-Nd- и Lu-Hf-систем в породах и минералах, изучения изотопии кислорода и углерода карбонатов, микрозондового изучения минеральных фаз. Для классификации пород применялись традиционные методы изучения химизма породообразующих макроэлементов. Этот арсенал лабораторных методов был использован при изучении каменного материала, собранного как лично автором при полевых работах, так и полученного коллегами в ходе более ранних исследований. Кроме того, Юлия Сергеевна широко использовала литературные материалы и обобщения по санукитоидному магматизму, сделанные финскими коллегами по финской территории Карельского кратона.

В результате исследований автору удалось впервые показать, что наметилась региональная зональность по строению и составу массивов с преобладанием на западе более простых (1-2-фазных) известково-щелочных, а на востоке – умереннощелочных 3-х и более фазных массивов, что отражено на представленной схеме (рис.1). Эти региональные различия санукитоидов восточного и западного доменов в результате исследований диссертанта нашли отражение и в изотопных характеристиках пород мантийных на востоке и мантийно-коровых на западе, что сформулировано во втором защищаемом положении. Из трех конкурирующих механизмов контаминации мантийных пород кислым материалом: - совместное плавление субдуцированных кислых осадков и метасоматизированного мантийного клина; - ассимиляция кисло-коровых пород мантийным санукитоидным расплавом; - смешение кисло-корового и обогащенного мантийного расплавов, на основе расчета масс-баланса вещества Юлия Сергеевна рассматривает как наиболее вероятный последний вариант. Наконец, на основании анализа ТР-полей устойчивости минералов в метасоматизированном перидотите при меняющемся режиме воды она приходит к выводу о том, что механизмом, ответственным санукитоидных расплавов, являлось дегидрационное плавление метасоматизированного гранатового лерцолита при температуре около 1150°C и глубине порядка 70 км.

Важным прикладным аспектом проведенного исследования является разработка схемы классификации массивов санукитоидов на территории Карельского кратона на основе геологических, геохимических, изотопных и петрологических признаков. С подобными массивами пространственно и генетически во многих архейских кратонах (Сьюпириор, Йилгарн, Зимбабве, Каапвааль и др.) связаны многочисленные, в том числе, крупнейшие месторождения золота. Результаты подобных исследований имеют важное значение также для совершенствования геодинамических моделей формирования и развития

земной коры на завершении ее архейской истории и могут быть использованы при составлении геологической и геодинамической карт региона.

Вопрос вызывает некоторое противоречие в интерпретации автором собственных результатов. Так, в третьем абзаце ВЫВОДОВ диссертант пишет о почти синхронном формировании массивов санукитоидов на всей территории щита, рассматривая это как признак единого тектонического режима в регионе. Между тем, в обобщающей статье финских геологов по санукитоидам Фенноскандинавского щита приводится карта с датировками их массивов в восточной (16 значений возрастов, среднее 2740+/-3 Ма) и западной (13 датировок, среднее 2718+/-3 Ма) зонах. Этого различия в возрастах в 22 млн. лет вполне достаточно для того, чтобы говорить об асинхронности санукитоидного магматизма на территории Карельского кратона, что еще ранее отметила С.Б.Лобач-Жученко. Также не совсем понятно, о каких анорогенных магматических комплексах на этапе 2.7-2.63 Ga идет речь, поскольку в это время на щите происходили тектонические события, связанные с ребольской орогенией. Наконец, напрямую связать санукитоидный магматизм с мантийным плюмом на рубеже 2.72-2.74 Ga в неоархее Карельского кратона сложно. В отличие от большинства кратонов Земли, где в это время изливались высокотемпературные перидотитовые коматииты - прямое указание на функционирование мантийных плюмов в глобальном масштабе, в неоархейских зеленокаменных комплексах Фенноскандинавского щита эти породы не обнаружены.

Эти и некоторые другие незначительные ремарки, не влияют на общую высокую описанных в реферате результатов и выводов, сформулированых в виде защищаемых положений. Дискуссионность геодинамических интерпретаций является стимулом для дальнейших исследований диссертанта по проблеме. Очень солидный базис для них заложен представленной работой, основные положения которой опубликованы в 2-х научных журналах, отвечающих требованиям ВАК, и 10-ти материалах и тезисах докладов на российских и одном зарубежном научных собраниях. Представленные в реферате результаты, несомненно, отвечают требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Юлия Сергеевна Егорова может быть рекомендована диссертационному специализированному ученому совету Д 002.047.01 в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН к присуждению ученой степени кандидата геологоминералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Кожевников Владимир Николаевич Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, 185034, м.т. +79218000320, kozhevnikov@igkrc.ru, vladkozhevnikov@outlook.com, лаборатория региональной геологии и геодинамики, заведующий, доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель Науки республики Карелия

30 октября 2014 г.

ЯЮ

JII 47069 1.B. 30.10.201

на автореферат диссертации Егоровой Юлии Сергеевны «Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Работа Егоровой Ю.С. посвящена геологическому, петрологическому и изотопногеохимическому изучению интрузий санукитоидов, направленному на установление их состава, условий образования и генезиса. Основное внимание автор уделил изучению санукитоидов, расположенных в восточной части Карельской провинции, при этом используя материалы исследователей санукитоидного магматизма по другим регионам Балтийского щита.

Структура написанного автореферата насыщена геохимическими характеристиками для большого количества пород изученных санукитоидов, типизация которых наглядно продемонстрирована на диаграммах. Автором сделан анализ изотопного состава Pb, Sm-Nd, Rb-Sr и Lu-Hf изотопно-геохимических систем пород и минералов, который послужил основой для выводов о составе и условиях плавления мантийного источника санукитоидов. Процессы взаимодействия мантийного и корового вещества при формировании санукитоидных интрузий рассмотрены с привлечением литературных данных по другим регионам распространения санукитоидов, после чего сделаны важные следствия о роли коровой контаминации санукитоидных расплавов, обусловившей большое разнообразие состава изученных пород. Проведена достаточно корректная оценка объемной доли контаминации мантийных санукитоидных мантийных расплавов материалом коры.

В качестве замечаний можно отметить следующее. В первом защищаемом положении просто констатируется, что на востоке Фенно-Карельской провинции преобладают многофазные умереннощелочные интрузии, а на западе и в Кольско-Норвежской провинции одно- двухфазные известково-щелочные интрузии. Вероятно, было бы правильным указать здесь причину подобного регионального размещения санукитоидных интрузий. Во-вторых, из текста автореферата не понятно, в породах или цирконе изучалась Lu-Hf система, которая, в свою очередь, сравнивается с Sm-Nd системой в породах, а диаграмм и графиков по Lu-Hf системе, к сожалению, не приведено.

В целом, работа, представленная в автореферате, производит положительное впечатление серьезного и глубокого исследования. Изложенные в нем результаты получены путем тщательного отбора фактического материала и его анализа с помощью современных микроанализа масс-спектрометрии. Соискатель является методов сформировавшимся учёным, который способен самостоятельно ставить и решать задачи.

Работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология, а Егорова Юлия Сергеевна, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геологоминералогических наук.

24 октября 2014 г.

Старший научный сотрудник лаборатории геохронологии и изотопной геохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологического института Кольского научного центра РАН (ГИ КНЦ РАН)

К.Г.-М.Н.

Ж/// Кудряшов Н

ул. Ферсмана, д. 14, г. Апатиты, Мурманской обл., 184209 **ГЛАВНЫЙ СПЕЦ**

Телефон: 8(81555)79449 nik@geoksc.apatity.ru

Отзыв на автореферат диссертации «САНУКИТОИДЫ ФЕННО-КАРЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА: ГЕОЛОГИЯ, СОСТАВ, ИСТОЧНИКИ»

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Егоровой Юлии Сергеевны

Целью диссертационной работы, защищаемой Егоровой Юлией Сергеевной. являлись выделение основных типов санукитоидов по петрохимическим и изотопногеохимическим данным и установление условий их формирования.

В работе использован большой объем химических анализов пород и минералов, собранных по литературным данным предшественников и выполненных лично автором по интрузиям Панозерской, Эльмусской, Шаравилампинской, Сяргозерской, Бергаульской, а также новые Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd и С-изотопные данные.

Автором был проведен анализ большого объема геологических и петрохимических данных для различных типов массивов санукитоидов Балтийского щита, проведена корреляция между геохимическими и изотопными характеристиками и рассмотрено влияние различных факторов на состав санукитоидов. В работе проанализированы причины различия состава санукитоидных интрузий известково-щелочного состава, объясняемые коровой контаминацией И обсуждаются возможные контаминации. Получены новые изотопно-геохимические характеристики и данные по формированию мантийных санукитоидных расплавов умеренно-щелочной серии. Это можно считать одним из положительных и значимых моментов и достоинством диссертационной работы.

Диссертационная работа воспринимается как серьезное исследование, обобщившее предыдущие результаты и внесшее новое зерно в изучение санукитоидов, высказаны новые идеи относительно проявления позднеархейского санукитоидного магматизма.

Тем не менее, хотелось бы высказать некоторые замечания по первому защищаемому положению относительно санукитоидов восточной части Фенно-Карельской провинции (в центральной части Карелии): здесь встречаются оба типа санукитоидов, как умеренно-щелочные, так и известково-щелочные. Автореферат, статьи и тезисы Егоровой Ю.С. отражают суть диссертационной работы и защищаемые положения. Работа несомненно заслуживает присуждения степени кандидата геологоминералогических наук.

> Кулешевич Людмила Владимировна вед.н.с., к. г-м. наук ИГ КарНЦ РАН e-mail: kuleshev@krc.karelia.ru

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ (арниран) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Карельского научного центра

Российской Академии Наук

(ИГ КарНЦ РАН)

Адрес организации: ул. Пушкинская, д. 11. г. Петрозаводск, 185910, Тел. 8-814-2-78-27-53.

Факс: (814-2)-78-06-02.

E-mail: geolog@krc.karelia.ru

16.10.2014

На автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Ю.С.Егоровой «Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники».

Диссертационная работа Ю.С.Егоровой посвящена актуальной теме исследованию геологии и механизмов образования уникальных, и характерных для позднего архея пород — санукитоидов. В практическом отношении работа посвященная проблеме санукитоидов является важной, поскольку они являются характерным вещественным и геохронологическим репером неоархейских комплексов, и, таким образом, являются обязательным элементом для построения серийных легенд геологических карт в пределах распространения докембрия.

Все три защищаемых положения удачно сформулированы и лаконично обоснованы.

В отзыве, по стилю жанра, должна быть критика, или вопросы, они таковы:

- 1. По первому защищаемому положению: чем могут быть обусловлены различия санукитоидов восточной и западной частей Фенно-Карельской провинции? Имеются в виду различия в количестве фаз массивов, и в их составе.
- 2. По третьему защищаемому положению: модель плавления флогопитсодержащей мантии убедительна. Мантия названа метасоматизированной. Когда и какие процессы могли привести к метасоматозу в мантии?

Хочется пожелать автору дальнейших исследований эндогенных пород с применением петролого-изотопных методов исследования вещества.

Работа Ю.С.Егоровой выполнена на высоком научном уровне, полностью отвечает требованиям, предъявляемыми к кандидатским диссертациям, и автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 «петрология, вулканология».

23.10.2014

Ведущий научный сотрудник

Центра изотопных исследований ВСЕГЕИ

Зав. каф. изотопной геологии

ИНЗ СП6ГУ

Подпись руки тов. ЛОХОВА

по месту работы удостоверяю Зав. Общим Отделом ВСЕГЕИ

20. 10 200

С.-Петербург, В.О., Средний пр., дом 74

Hof

/ К.И.Лохов/

на автореферат работы Егоровой Юлии Сергеевны «Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники», представленной в качестве диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 (петрология, вулканология).

Работа Ю.С.Егоровой посвящена решению актуальной задачи, имеющей методическое, научное и прикладное значение.

Я внимательно изучил автореферат диссертации и ознакомился с самой работой. В целом, работа производит благоприятное впечатление, прежде всего, благодаря детальности и тщательности выполненного исследования. Использованные методы отвечают современному уровню. Обращает на себя внимание солидный список использованных публикаций (250 наименований, в том числе, более половины списка – статьи в международных журналах). Главные положения и выводы работы, в целом, можно считать защищенными.

Однако я должен отметить:

- задача первого защищаемого положения («Неоархейские санукитоидные массивы Балтийского щита различаются по строению и составу пород: на востоке Фенно-Карельской провинции преобладают многофазные умереннощелочные интрузии; одно- двухфазные известково-щелочные интрузии преобладают на западе Фенно-Карельской провинции и в Кольско-Норвежской провинции») слишком примитивна;
- в третьем защищаемом положении («Формирование мантийных санукитоидных расплавов происходило в условиях дегидратационного плавления метасоматизированного *гранатового* лерцолита, при Р около 24 кбар и Т около 1150 °C») явно недостает слов «*Разработана модель* формирования ...».

Замечу, что в недавней статье Lobach-Zhuchenko et al. [2008], авторы которой также опирались на геохимические характеристики пород Панозерского массива, была предложена кардинально иная модель: плавление *безгранатового* флогопит-паргаситового лерцолита при давлении порядка 10-15 кбар и 1050-1150°C.

Кажется странным, что диссертант не включила в число защищаемых положений крайне важный, хотя и не бесспорный вывод, завершающий текст диссертационной работы: «Наиболее удовлетворительно проявление санукитоидного магматизма на Балтийском щите в неоархее объясняет модель поднятия мантиного плюма или астеносферного диапира».

Учитывая широкий круг проблем и далеко идущих заключений о геодинамике архея, который рассматривается в многочисленных отечественных и международных публикациях, посвященных реконструкции условий и геодинамических обстановок формирования санукитоидов, этот вывод является наиболее интересным. Сделав такой вывод, диссертант вступила в полемику со многими известными исследователями, которые связывают метасоматическое преобразование мантии с магматическими и флюидными процессами в зоне субдукции и в надсубдукционном мантийном клине. Конкурирующие модели, неизменно опирающиеся на геохимическое моделирование, кратко охарактеризованы в литературном обзоре, который представлен диссертантом. К числу «конкурирующих» моделей «субдукционного» направления, также разработанных на Карельском кратоне, относится модель, развиваемая в работах научного руководителя диссертанта – см., например, в отмеченной выше публикации [Lobach-Zhuchenko et al., 2008]). Близкая модель происхождения санукитоидных магм развивается финскими коллегами.

Следует заметить, что диссертант ошибочно полагает (на стр. 24), что в модели финских исследователей [Halla, 2005, 2009; Käpyaho et al., 2006, 2007; Heilimo et al., 2009, 2011,

2013] рассматриваются два *независимых* события – субдукция и мантийный апвеллинг, связанный с отрывом слэба. В статье Heilimo et al. [2013] четко сказано, что модель этих авторов предполагает единый процесс, непосредственно связанный с субдукцией: «... мантийный источник санукитоидной магмы был преобразован в результате обогащения коровым веществом в ходе субдукции (стадия 1). В *конце субдукции* (стадия 2), обогащенная мантия подвергается метасоматозу и частичному плавлению, образовав санукитоидную магму» [Heilimo et al., 2013, p. 261].

Итак, какой же из моделей отдать предпочтение? По моему убеждению, принять обоснованное решение, оставаясь в кругу только лишь геохимических моделей, невозможно. На мой взгляд, нисколько не проясняют картину и независимые результаты компьютерного моделирования процесса отрыва слэба, которые привлекают финские коллеги [Halla et al., 2009]. Общим местом в упоминавшихся мною «субдукционных» моделях происхождения санукитоидных магм Карельского кратона и Кола-Карельской области, в целом, является отсутствие интереса их разработчиков (и отечественных и зарубежных) к собственно геологическим особенностям объекта исследования.

В диссертационной работе Ю.С.Егоровой в качестве геологических свидетельств плюмовой активности приводятся весьма бледные и разрозненные свидетельства «внутрикратонного режима» в неоархее (стр. 40) и указания на необходимость «мощного прогрева литосферы» (стр. 169). Диссертант не предлагает никаких оценок характеристик предполагаемого плюма, которыми могли бы быть: форма, размеры и ограничения надплюмовой области, различные магматические и метаморфические явления в этой области и зональность их размещения (или ее отсутствие), структурные соотношения области плюмовой активности с ранее сформированной геологической структурой, в том числе с областями предшествующих событий в надсубдукционной области, если таковые имели место.

Аналогично, в публикациях сторонников «субдукционной» модели мы не найдем упоминаний о размещении архейских зон субдукции в геологической структуре Карельского кратона, которые непосредственно отвечали бы за метасоматическую подготовку мантии или собственно за формирование санукитоидных магм при посредстве отрыва слэба. Тем более, отсутствуют любые данные или идеи, которые объяснили бы в рамках этой модели особенности пространственного размещения санукитоидов, закономерные вариации их состава, пространственные и структурные соотношения с иными проявлениями субдукционной обстановки.

Между тем, анализ широкого круга региональных геологических, геохимических и петрологических данных, приведенных и проинтерпретированных в двухтомной монографии, одним из авторов которой я являюсь [Минц и др., 2010], позволил: (1) выделить зеленокаменные пояса – архейские палеосутуры, которые в соответствующие периоды мезоархейской эволюции последовательно «сшивали» первоначально разобщенные микроконтиненты; (2) подробно охарактеризовать магматические, метаморфические, структурно-тектонические и пространственные особенности проявления неоархейской мантийно-плюмовой активности на востоке Балтийского щита; (3) сформулировать модель двухстадийной истории санукитоидов. С первой стадией, разновременной для разновозрастных составляющих Карельского кратона, связаны мантийный метасоматоз – обогащение мантийного клина под воздействием флюидов или расплавов, генерированных в зонах субдукции, и андерплейтинг (подслаивание) коры мантийными магмами. Второй стадии, 2.76–2.70 млрд лет назад, отвечает тектоно-термальное событие (мощный приток внекорового тепла), результатом которого стало парциальное плавление ранее обогащенной

мантии, т.е. генерация санукитоидных магм. В случае Кухмо-Сегозерского микроконтинента пауза между стадиями не превышает 60 млн лет, в случае микроконтинента Кьянта – может составить 60–100 млн лет, наконец, в случае древнего Водлозерского микроконтинента пауза может превысить 150 млн лет. Эти оценки свидетельствуют в пользу пространственной и временной независимости геологических событий и геодинамических обстановок каждой из стадий.

Мне как автору упомянутой монографии досадно, что диссертант прошла мимо нашей работы. Возможно, совмещение новых данных, полученных Ю.С.Егоровой, с геологической моделью, представленной в монографии, позволило бы получить более убедительные выводы. Хотелось бы пожелать диссертанту в дальнейшей работе обрести более широкое региональное видение геологических событий, исследованием которых она занимается.

В заключение, я должен отметить, что работа в целом выполнена с применением современных методов исследований, опирается на солидную базу данных и привела к важным результатам, литературно изложена и хорошо проиллюстрирована. Наиболее важные результаты исследования Ю.С.Егоровой опубликованы в геологических журналах, а также были представлены в виде докладов на научных конференциях и опубликованы в виде тезисов и материалов этих конференций. Научный уровень и вероятные практические приложения исследования, представленного к защите, соответствуют требованиям, предъявляемым к подобным работам.

Автор работы, Егорова Юлия Сергеевна, без сомнения, заслуживает присвоения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 (петрология, вулканология).

09 октября 2014 г.

Минц Михаил Вениаминович,

доктор геолого-минералогических наук, зав. лабораторией тектоники раннего докембрия

Геологического института РАН (ГИН РАН), Москва,

доктор геолого-минералогических наук

Москва 119017 Пыжевский пер., д. 7, ГИН РАН Тот. 8 405 051 2020

Тел. 8 495 951 3020

e-mail: michael-mints@yandex.ru

УДОСТОВЕРЯЕТСЯ

КАНЦЕЛЯРИЯ ГИН РАН

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Кольского научного центра российской академии наук (ГИ КНЦ РАН) ул. Ферсмана, д. 14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209

Тел.: (815 55)-76567

E-mail: geoksc@geoksc.apatity.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ЕГОРОВОЙ Юлии Сергеевны «САНУКИТОИДЫ ФЕННО-КАРЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА: ГЕОЛОГИЯ, СОСТАВ, ИСТОЧНИКИ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 - петрология, вулканология

Диссертационная работа Егоровой Ю.С. посвящена актуальной геологической проблеме - генезису санукитоидов и рассмотрена на примере всех известных к времени интрузий санукитоидов Балтийского щита. Для изучения настоящему включающий комплексный подход, автор работы использовал гранитоидов геологические, петрографические, минералогические, геохимические и изотопные исследования. Эффективное использование геохимических и изотопных индикаторов два типа санукитоидов, пространственно позволило Ю.С. Егоровой выделить приуроченных к восточной и западной частям Фенно-Карельской провинции. Автор работы убедительно показал, что различия в составе санукитоидов обусловлены мантийно-корового взаимодействия между исходными мантийными санукитоидными расплавами и веществом коры ТТГ состава. Результаты проведенного Ю.С. Егоровой моделирования позволили автору провести оценку состава, условий образования и плавления метасоматизированного мантийного источника санукитоидов. Все защищаемые положения диссертационной работы надежно аргументированы, а полученные результаты в достаточной степени освещены в печати.

К изложенному материалу в автореферате есть вопрос. Ю.С. Егорова в своей работе акцентирует внимание на пространственной приуроченности различных типов санукитоидов к различным частям Балтийского щита. Размещение умеренно-щелочных и известково-щелочных интрузий, по данным автора, контролируется разрывными нарушениями, то есть тектоническая позиция массивов санукитоидов сходная. Поэтому возникает вопрос, почему на востоке Фенно-Карельской провинции санукитоиды имеют мантийные изотопные характеристики, а на западе - мантийнокоровые? Высказанный вопрос не влияет на положительную оценку работы, и показывает, что данное исследование заставляет задумываться над другими геологическими проблемами.

Диссертационная работа Ю.С. Егоровой представляет собой оригинальный, самостоятельный и законченный научный труд и полностью отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Ее автор, Егорова Юлия Сергеевна, достойна присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 - «петрология и вулканология»

Научный сотрудник лаборатории региональной геологии и геофизики Геологического института КНД РА

к.г.-м.н.

ГЛАВНЫЙ ОПЕНТАЛИОТ

Л.Н. Морозова

на автореферат диссертации Юлии Сергеевны Егоровой "Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники", представленной на соискание учёной степени кандидата геологоминералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология

Исследование Ю.С. Егоровой направлено на поиск закономерностей, необходимых для решения одной из актуальных проблем современной петрологии — определения условий формирования специфической группы горных пород, санукитоидов. Относительно непродолжительная история изучения этих пород, выделенных в самостоятельную магматическую серию 30 лет назад, показала, что расшифровка природы данного типа магматизма дает информацию о механизмах формирования континентальной коры, связана с ключевыми вопросами геологической истории Земли в раннем докембрии и проблемами металлогении.

Автором обстоятельно проведена систематизация значительного объема оригинальных и ранее опубликованных данных по составу магматических пород санукитоидных серий Балтийского щита, выполнена их обработка петрологическими методами. Анализ собранной информации дал возможность впервые обосновать закономерности пространственного размещения изученных магматических комплексов на территории Фенно-Карельской провинции. Полученные выводы согласованы с данными по региональной геологии Балтийского щита. Петрологическая информация применяется автором в комплексе с данными изотопной геохимии и геохронологии. В результате создана модель формирования санукитоидных магматических серии Балтийского щита: варианты предложен рассмотрены возможные И механизм, удовлетворяющий рассчитанным параметрам.

Содержательная работа Ю.С. Егоровой, насыщенная многоплановым фактическим материалом, закономерно вызывает ряд вопросов. Так, остается неясным механизм подъема в коровые уровни магм, образованных на глубине более 70 км (согласно приведенным расчетам). По всей видимости, эта неопределенность была бы меньшей, если бы автор пояснила, что подразумевает под термином "плюм": локальное взаимодействие астеносферы и литосферной мантии или более глубинное явление в конвектирующей мантии. Таким образом, интерпретация полученных данных в некоторых аспектах представляется спорной, что не снижает значимость работы.

Автореферат демонстрирует, что автор владеет как традиционными петрографическими методами, так и современными методами аналитических

исследований с целью получения и обработки петрологической информации. В работе поставлены актуальные проблемы и задачи, для их решения выбрана обширная область с широким развитием уникального комплекса пород, исследование проведено на высоком уровне, благодаря чему работа является важным вкладом в решение вопросов как регионального значения, так и теоретического характера.

Работа Ю.С. Егоровой отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геологоминералогических наук по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Паланджян Сурен Ашотович Геологический институт Российской Академии наук (ГИН РАН) 119017, Москва, Пыжевский пер.,7. +74959534967 — раб.т., +79263700720 — сот.т., suren@ginras.ru, лаборатория геологии офиолитов, главный научный сотрудник, доктор геолого-минералогических наук, доцент

С.А.Паланджян

Федотова Анна Анатольевна

Геологический институт Российской Академии наук (ГИН РАН) 119017, Москва, Пыжевский пер., 7 +74959534596 — раб.т., +79035932293 — сот.т., fedotova@ginras.ru,

+/4959534596 — рао.т., +/9035932293 — сот.т., ledotova@ginras.ru, лаборатория геологии офиолитов, старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук

А.А.Федотова

5 ноября 2014 г.

УДОСТОВЕРЯЕТСЯ **КАНЦЕЛЯРИЯ ГИН РАН**

Saf

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Егоровой Юлии Сергеевны «Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники", представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, по специальности 25.00.04 – петрология, вулканология.

Работа Ю.С. Егоровой посвящена специфической группе высокомагнезиальных магматических пород, обогащенных Ва, Sr, LREE и щелочами – санукитоидам, в частности их составу и источникам. Последнее обусловило разработку фундаментальной проблемы – состав и происхождение метасоматизированной мантии, которая является наиболее вероятным источником исходных расплавов санукитоидов.

В результате комплексного анализа геологического строения, петрографического, химического составов и изотопно-геохимических характеристик пород и минералов большинства интрузий санукитоидов Балтийского щита Ю.С. Егоровой установлены различия в геологическом положении, строении и составе интрузий, а так же выяснены причины, обусловившие эти различия. По мнению соискателя, главной причиной различий санукитоидов является коровая контаминация исходных мантийных санукитоидных расплавов.

Ю.С. Егоровой предложена, достаточно обоснованная, модель формирования исходных расплавов неоархейских санукитоидов Балтийского щита, согласно которой они формируются в результате частичного плавления метасоматизированного гранатового лерцолита при давлении около 24 кбар и температуре около 1150 °C, а все разнообразие составов санукитоидов обусловлено коровой контаминацией. Последнее, кроме химического состава, находит свое отражение в изотопном составе стронция, свинца и неодима. Соискателем проведены соответствующие расчеты соотношений объемов исходных мантийных расплавов и корового материала.

Автореферат написан хорошим доступным языком, фактический материал изложен в логичной последовательности, вместе с тем имеются некоторые не совсем корректные выражения, как например «...изотопный Sm-Nd состав....» (стр. 9), или «...мантийно-коровый Sm-Nd изотопный состав....» (стр. 14). На наш взгляд следовало бы использовать такой параметр как ε_{Nd} .

Сделанные замечания не касаются выводов и положений диссертации, соискателем получены новые ценные данные, имеющие большое научное и практическое значение.

Работа Ю.С. Егоровой является завершенным исследованием. Полученные ею результаты в достаточной мере освещены в печати, защищаемые положения хорошо

аргументированы. Автор, Ю.С. Егорова, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Директора ИГМР НАН Украины

Чл.-кор. НАН Украины, профессор,

доктор геол. наук

А.Н. Пономаренко

Зам. директора ИГМР НАН Украины по научной работе

доктор геол. наук

Л.М. Степанюк

Подписи чл.-кор. НАН Украины, профессора, доктора геол. наук А.Н. Пономаренко и доктора геол. наук Л.М. Степанюка удостоверяю:

Ученый секретарь ИГМР БАН У

Канд. геол. наук

Maple

Д.С. Черныш

Александр Николаевич Пономаренко, член-корреспондент НАН Украины, профессор, доктор геологических наук, директор Института геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко, НАН Украины, заведующий отделом геохимии изотопов и масс-спектроскопии. (044) 501-15-20, E-mail: pan@igmof.gov.ua

И.П.СЕМЕНЕНКА

Леонид Михайлович Степанюк, старший научный сотрудник, доктор геологических наук, заместитель директора института по научной работе Института геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины, заведующий отделом радиогеохронологии. (044) 424-15-70, E-mail: stepanyuk@igmof.gov.ua

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины 03680 г. Киев-142, пр. Палладина, 34 Тел. (044) 501-15-20 Факс. (044) 424-12-70 E-mail: igmr@igmof.gov.ua

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Егоровой Юлии Сергеевны «Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук (специальность 25.00.04 – петрология, вулканология)

Представленная Ю.С. Егоровой работа посвящена изучению вещественного состава, строения и условий формирования санукитоидов Фенно-Карельской провинции Балтийского щита. Автором детально исследованы 34 интрузии санукитоидов формировавшихся в интервале 2,75-2,68 млрд. лет.

Структурно-геологические и петро-геохимические исследования позволили выделить две, отличающиеся по составу и строению группы: умереннощелочные многофазовые интрузии восточной части Фенно-Карельской провинции и известковощелочные одно- двухфазовые интрузии запада Фенно-Карельской провинции и Кольско-Норвежской провинции. На приведенных в автореферате диаграммах (Рис. 2) отчетливо выделяется промежуточное положение фигуративных точек составов известково-щелочных санукитоидов Западной Карелии и Кольского полуострова между полей составов умереннощелочных санукитоидов и составов архейских ТТГ с возрастом 2,9-2,65 млрд. лет.

Полученные автором изотопно-геохимические характеристики санукитодов (Sm-Nd, Rb-Sr, Pb, C системы) позволили обосновать преимущественно мантийный, не контаминированный источник для санукитоидов восточной части Фенно-Карельской провинции и предположить контаминацию ТТГ-ассоциацией санукитоидных расплавов запада Фенно-Карельской и Кольско-Норвежской провинций.

Автором рассмотрены 3 модели взаимодействия мантийного и корового вещества. (1) контаминация мантийного источника флюидами/расплавами, отделившимися от слэба в зоне субдукции, детально разработанная для санукитоидов Финляндии, объясняющая происхождение коровой компоненты метасоматозом мантийного клина продуктами дегазации/плавления терригенных осадков аккреционной призмы. Эта гипотеза отвергается автором на основании наличия в составе интрузий ранних фаз с мантийными характристиками изотопных составов Pb, Nd, Sr, C. (2) ассимиляция во время фракционной кристаллизации в магматических камерах, разработанная для санукитодиов Канады, Анабарского щита и Западной Карелии и (3) смешение мантийного и корового расплавов, объясняющая вариации составов для санукитоидов Индии.

Проведенные автором расчеты оценки доли контаминации мантийных санукитоидных расплавов материалом коры на основании данных Sm-Nd характеристик и расчеты методом масс-баланса по главным и редким элементам показывают, что для

большиства санукитоидов Западной Карелии и Кольского п-ва, а также некоторых интрузий Восточной Карелии удовлетворительна модель ассимиляции фракционировавшими мантийными расплавами материала коры ТТГ - состава. Для ряда интрузий санукитоидов более удовлетворительна модель смешения расплавов мантийного и корового происхождения.

Исследованные автором закономерные соотношения крупноионных литофильных и высокозарядных элементов позволили предложить формирование исходных санукитоидных расплавов в результате плавления метасоматизированного, при поднятии плюма или астеносферного диапира, мантийного гранатового лерцолита, с 4-7 % граната в рестите. В качестве механизма плавления метасоматизированного мантийного источника предлагается дегидратация флогопита и дегазация карбонатов с сохранением граната в рестите при соответствующих условиях: Р около 24 кбар и Т около 1150° С.

К числу замечаний можно отнести недостаточную, по мнению рецензента, обоснованность предположений о появлении высоких концентраций крупноионных литофильных элементов в результате метасоматоза мантийного источника при поднятии плюма или астеносферного диапира. Не показано место разработанной автором модели формирования санукитоидов в общей модели тектонического развития Балтийского щита.

Судя по автореферату и публикациям, работа Ю.С. Егоровой в полной мере отвечает требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы — Юлия Сергеевна Егорова заслуживает искомой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Рыборак Максим Валентинович

Portojah

кандидат геолого-минералогических наук

доцент кафедры минералогии,

петрографии и геохимии

Воронежского государственного университета

394006, Университетская пл. 1, Воронеж

Воронежская область. Россия

Тел. +7(473)2207966

ryborak.mv@gmail.com

ральное государственное бюджетное образовательное зеждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет» (ФГ5ОУ ВПО «ВГУ»)

Подпись Явги

подпись, расшифровка подписи

на автореферат Ю.С. Егоровой «Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 — «петрология, вулканология»

Диссертационная работа Ю.С. Егоровой представляет собой крупное обобщение по петрологии санукитоидов Балтийского щита, в основу которой положены как собственные новые материалы, так и многочисленные опубликованные данные по составу и изотопным характеристикам санукитоидов. Интерес к санукитоидам, исследования которых активно проводились в последние 20 лет, связан с тем, что это единственный тип гранитоидов, для которого доказано мантийное происхождение. Поэтому работа Ю.С. Егоровой не только раскрывает механизмы образования гранитоидов, но и дает информацию о составе метасоматизированной мантии, продуцирующей расплава, обогащенные некогерентными редкими элементами.

работе Ю.С. Егоровой впервые показана латеральная неоднородность санукитоидных массивов Фенно-Карельской провинции Балтийского щита и раскрыты причины этого явления. Защищаемые положения работы надежно обоснованы обширным собственным и заимствованным из публикаций фактическим материалом. Поражает обилие использованных Rb-Sr, Sm-Nd и Pb изотопных данных, которые корректно интерпретированы и согласованы между собой. Это позволило доказать наличие среди санукитоидов пород как с «чисто» мантийными, так и мантийно-коровыми изотопными характеристиками, и для последних продемонстрировать вероятный вклад более ранней коры тоналит-трондьемитового состава в гранитообразование. В этом состоит одно из главных достижений этой диссертационной работы. Другим достижением важным с точки зрения петрологии является оценка минерального состава и условий плавления метасоматизированной мантии, обеспечивших специфику редкоэлементного состава санукитоидов.

Наряду с бесспорными достоинствами диссертационная работа не лишена и недостатков.

- 1. За рамками рассмотрения в автореферате остается агент метасоматоза. Что это флюиды, отделяющиеся при дегидратации от пород субдуцирующей плиты или расплавы, образованные при плавлении метабазитов и соответствующие по составу породам ТТГ серии?
- 2. Отношение 87 Sr/ 86 Sr (0.7017) для неконтаминированных санукитоидов рассматривается как отражающее состав не деплетированной мантии, тогда как среднее ε Nd= +1.7 указывает на деплетированный источник. Вы не усматриваете в этом противоречия?
- 3. Модель смешения рассчитана на основании данных по изотопному составу Nd. Тестировалась ли она количественно по Sr и Pb изотопным данным?
- 4. Не показано, коррелирует ли возраст ксеногенных цирконов в санукитоидах с возрастом реальных пород ТТГ комплексов. Такая корреляция могла бы служить явным свидетельством участия ТТГ в образовании санукитоидов.
- 5. Во введении указано, что соискателем получены данные по изотопному составу кислорода, но далее в автореферате эта изотопная информация отсутствует.

Отмеченные недостатки и вопросы не умаляют достоинств диссертационной работы, которая на настоящее время является наиболее крупным обобщением по петрологии санукитоидов Балтийского щита, по объему фактического материала и выводам по ключевым вопросам условий образования и источников санукитоидов эта работа полностью отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности «петрология, вулканология». Ее автор, Юлия Сергеевна Егорова достойна

Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. Коптюга, 3 Лаборатория метаморфизма и матасоматоза р.т. 8-383-330-21-08 turkina@igm.nsc.ru Ведущий научный сотрудник, д.г.-м.н.

О.М. Туркина

подпись удостоверяю

ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ У.В.ГАЛЬЦОВА

27.10 .2014

