



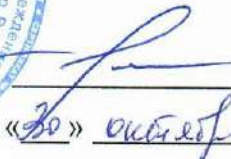
МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
(КарНЦ РАН)

ул. Пушкинская, 11, г. Петрозаводск, 185910  
тел. (8142) 76-97-10, 76-60-40, факс 76-96-00 E-mail: krcras@krc.karelia.ru  
ОКПО 02700018, ОГРН 1021000531133 ИНН/КПП 1001041594/100101001

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Генерального директора  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Федеральный исследовательский  
центр «Карельский научный центр  
Российской академии наук»  
член-корреспондент РАН  
доктор биологических наук



  
О.Н. Бахмет  
«30» октября 2024 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук» на диссертационную работу Борисовой Евгении Борисовны «Ставролит: Р-Т-Х условия и закономерности образования (на примере Северного Приладожья и других регионов мира)», представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа Борисовой Евгении Борисовны посвящена изучению условий образования ставролита, типичного и важного индекс-минерала метапелитов (высокоглиноземистых гнейсов) в зональных метаморфических комплексах. Иногда минерал встречается в породах основного состава, в частности – в «метабазитах» (по терминологии автора), где кристаллизуется, как правило, в низкоградиентных условиях метаморфизма (вплоть до УНР). Но, в каких бы породах ни встретился ставролит, своим нахождением этот минерал маркирует узкие температурные рамки метаморфизма, а в метапелитах – одноименную фацию. Всестороннее исследование закономерностей

появления ставролита, картирование метаморфической зоны, а также изограды ставролита в породах, представляет собой серьезную петрологическую задачу, предопределяющую актуальность проведенных Борисовой Е.Б. исследований.

Диссертационная работа базируется на фактическом материале, полученном автором при полевых работах, проведенных в течение трех полевых сезонов, материалах коллег и большом количестве литературных источников.

По структурным и вещественным признакам северная часть Свекофеннского метаморфического пояса Северного Приладожья автором впервые разделена на три блока. Впервые предложена методика оценки области устойчивости ставролита в зависимости от состава протолита в метапелитах и метабазитах, основанная на соотношениях главных химических компонентов «петрохимических модулей». Использование данной методики применимо при составлении карт и схем метаморфизма не только на территории Северного Приладожья, но и других ставролитсодержащих метаморфических комплексах мира, что наглядно демонстрирует автор в своей работе.

Положения, выносимые на защиту:

1. По особенностям химического состава пород, слагающих их минералов и метаморфического флюида фиксируется латеральная неоднородность ставролитовой зоны Северного Приладожья. Формирование ставролитсодержащих минеральных парагенезисов в метаморфическом комплексе по мусковит-хлоритовой ассоциации вместо хлоритоидных определяется геохимическими особенностями протолита, которые не были благоприятными для образования хлоритоида.

2. Образование ставролита в среднетемпературных метапелитах контролируется химическим составом протолита, количественными параметрами, позволяющими прогнозировать его появление являются соотношения петрогенных компонентов:  $Al_2O_3/SiO_2 = 0.19-0.92$ ,  $CaO/(FeOt+MgO) = 0.01-0.44$ ,  $K_2O/(FeOt+MgO) = 0.07-0.83$ ,  $Na_2O/(FeOt+MgO) = 0.02-0.34$ .

3. Устойчивость ставролита (конфигурация и количество Р-Т областей) в метабазитах при умеренных и высоких давлениях определяется величиной железомagneзиевого отношения ( $FeOt/MgO \ll 1$ ,  $FeOt/MgO \sim 1$ ,  $FeOt/MgO \gg 1$ ) в протолитах, а возможность образования ставролита в породах контролируется соотношениями петрогенных компонентов  $MgO/CaO$ ,  $CaO/(FeOt+MgO)$ ,  $Al_2O_3/(FeOt+MgO)$ , определенных для трех групп метабазитов.

Диссертация Борисовой Е.Б. состоит из 5 глав, введения, заключения, раздела «Фактический материал, методы и методика», списка сокращений (136 страниц текста), сопровождается 53 рисунками и 13 таблицами в виде приложений. Список литературы состоит из 180 наименований.

В **Главе 1** приводится характеристика особенностей изоморфизма ставролита с выделением железистых и магнезиальных разновидностей, которые отличаются по условиям образования. Кратко рассматриваются геологические особенности строения зонально-метаморфизованных пород Северного Приладожья с выделением трех блоков ставролитсодержащих пород. В главе приводится детальная петрохимическая и петрографическая характеристика ставролитсодержащих пород из выделенных блоков. Отмечается различие в химическом составе исследованных пород и слагающих их

минералов, связанное, по мнению автора, с изучением разноуровневых пород на современном эрозионном срезе либо с особенностями флюидной проработки.

**Глава 2** посвящена результатам определения P-T условий метаморфизма пород ставролитовой зоны, выполненных различными методами с применением современных программных комплексов (TWQ, Perple\_X). Автором проделана большая работа по оценке флюидного режима и моделирования минералообразования ставролитсодержащих и безставролитовых пород.

**Глава 3** содержит изотопно-геохронологические данные по глиноземистым гнейсам и сланцам. Комплексный подход с использованием монацита (U-Pb датирование) и граната (Sm-Nd датирование), в качестве минералов-геохронометров, позволил автору определить возраст пика метаморфических изменений для пород Северного домена 1.80 – 1.79 млрд лет. Представленные геохронологические данные хорошо согласуются с результатами других исследований по региону и не вызывают сомнений.

В **Главах 4 и 5** детально рассматриваются петрохимические критерии («петрохимические модули»), контролирующие образование ставролита в метапелитах и метабазах. Более сложной задачей является моделирование условий образования ставролита в метабазах, с которой автор хорошо справился, наглядно продемонстрировав результаты работы на графиках. Выделенные закономерности образования ставролита при изменении первичного химического состава получены впервые и могут быть использованы для решения проблем картирования сложных зональных метаморфических комплексов. В главах приведен сравнительный анализ рассчитанного термодинамического режима образования ставролита со ставролитсодержащими комплексами мира, где показано соответствие полученных моделей с условиями формирования реальных минеральных парагенезисов.

**Заключение** содержит краткие выводы основных глав, касающиеся петрографических наблюдений, результатов моделирования, установленных «петрохимических модулей», геохронологических данных. В качестве основных факторов, влияющих на образование ставролитовых парагенезисов в метапелитах и метабазах автор указывает P-T условия метаморфизма, химический состав протолита и флюида.

#### **Замечания**

Большая часть замечаний носит технический характер. Например, на геолого-метаморфических схемах Приладожья присутствует лишняя зона VI. В записи минеральных ассоциаций и парагенезисов нет единообразия, помимо традиционных «+»; «±» и дефис, дополнительно используется запятая, или запятая и дефис. Без пояснений это путает читателя.

Некоторый вопрос вызывает терминология рассматриваемых диссертантом горных пород. Если с метапелитами все логично, то к метабазам, по-видимому, отнесены все другие породы более высокой основности. Так, на рис. V-1 (с....71), где по оси абсцисс располагается кремнезем, все фигуративные точки составов пород лежат в области составов с содержанием кремнезема ниже 45%, а в подрисуночной подписи фигурирует «метабазит». Правильнее говорить – «метаультрабазит». В этой связи возникает следующий вопрос: не является ли низкое содержание кремнезема (и отсутствие кварца) очевидным условием образования магнезиального ставролита?

В работе используются различные версии программы Perple\_X v. 6.88 и v. 6.90-6.91 и различные базы данных при расчетах hp02ver и hp62ver (Holland, Powell, 1998, 2011), что может привести к существенным различиям в P-T оценке одних и тех же пород.

Несмотря на сделанные замечания, представленная диссертация заслуживает высокой оценки. Работа оставляет хорошее впечатление, написана грамотным научным языком. Иллюстрации, графический материал и табличные данные наглядно демонстрируют полученные в ходе подготовки работы аналитические результаты. Признаков плагиата в диссертации не обнаружено. Материал диссертации прошел апробацию в 5 статьях в журналах из списка ВАК, в том числе 4 статьи – в журналах, реферируемых в системах Scopus и WOS, а также докладах на различных геологических конференциях (9 тезисов). Защищаемые положения хорошо обоснованы и не вызывают замечаний. Проведенное исследование является законченным и целостным, основная цель работы достигнута.

Таким образом, диссертация Евгении Борисовны Борисовой отвечает требованиям ВАК, является законченной научно-квалификационной работой, имеющей значение для развития исследований в области метаморфической минералогии, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Отзыв подготовлен научным сотрудником, лаборатории геологии и геодинамики докембрия ИГ КарНЦ РАН, кандидатом геолого-минералогических наук Максимовым Олегом Александровичем и научным сотрудником лаборатории геологии и геодинамики докембрия ИГ КарНЦ РАН, кандидатом геолого-минералогических наук Сибелевым Олегом Станиславовичем.

Отзыв на диссертацию Борисовой Евгении Борисовны рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации на заседании Ученого совета Института геологии – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр РАН» (ИГ КарНЦ РАН) 22.10.2024 года, протокол № 08.

Отзыв на диссертацию Борисовой Евгении Борисовны рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр РАН» 29.10.2024 года, протокол № 09.


**Отзыв подготовили:**

Научный сотрудник лаборатории и геодинамики докембрия ИГ КарНЦ РАН, кандидат геолого-минералогических наук (1.6.3 – Петрология, вулканология)



Максимов Олег Александрович

Научный сотрудник лаборатории и геодинамики докембрия ИГ КарНЦ РАН, кандидат геолого-минералогических наук (25.00.04 – Петрология, вулканология)

  
Сибелев Олег Станиславович

Председатель Ученого совета КарНЦ РАН, чл.-корр РАН, доктор биологических наук

  
Бахмет Ольга Николаевна

Собственноручную подпись О.С. Сибелева, О.А. Максимова и О.Н. Бахмет удостоверяю:

Ученый секретарь КарНЦ РАН, кандидат биологических наук

  
Фокина Наталья Николаевна

  
30 октября 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук» (КарНЦ РАН)

Почтовый адрес: 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, улица Пушкинская, д. 11

Телефон: +7 (8142) 76-60-40

Сайт организации: <http://www.krc.karelia.ru/>

Адрес электронной почты: [krcras@krc.karelia.ru](mailto:krcras@krc.karelia.ru)