

ОТЗЫВ
официального оппонента о диссертации
Червяковской Марии Владимировны
«Определение микроэлементного и изотопного (U-Pb, Lu-Hf) состава
природных полигенных (полихронных) зерен циркона ЛА-ИСП-МС методом»
представленной на соискание ученой степени
кандидата химических наук
по специальности 1.4.2. Аналитическая химия

Диссертационная работа Червяковской М. В. посвящена изучению состава цирконов, в том числе природных полихронных цирконов различного генезиса. Исследование этого акцессорного минерала, разработка и развитие методик его анализа является актуальной задачей в связи с его уникальными изотопно-геохимическими свойствами, в частности не только с возможностью определять абсолютный геологический возраст одновременно по нескольким изотопным системам, но и использовать состав циркона как важный генетический индикатор. Целью диссертационного исследования является разработка ЛА-ИСП-МС-методик определения микроэлементного состава и изотопных отношений радиоактивных и радиогенных стабильных изотопов в природных цирконах.

Для достижения заявленной цели автор выполнила несколько методических исследований с использованием целого комплекса физико-химических методов анализа, включающих процедуры измерения на сложных аналитических приборах, что позволило ей решить поставленные в диссертационной работе задачи. С помощью разработанной методики Мария Владимировна не только добилась глубокой характеристики объекта исследования, с использованием такого фактора как зональность единичного зерна минерала, но и создала впечатляющую базу данных по природным цирконам различных геологических объектов. Материалы её исследования могут быть применены в практической области изотопно-геохимического анализа.

В работе впервые показана зависимость селективности и точности лазерной абляции от плотности энергии, частоты следования импульсов, диаметра и глубины кратера. Также, с помощью подобранного комплекса методов, показана возможность выбрать наиболее подходящий образец сравнения.

Таким образом, актуальность, новизна и практическая значимость диссертационной работы Червяковской М. В. не вызывают сомнений.

Работа изложена на 235 страницах печатного текста, содержит 115 рисунков и 58 таблиц, включает следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, перечень условных обозначений и сокращений, введение, литературный обзор, экспериментальную часть, основные результаты, заключение и выводы. Список литературы состоит из 183 ссылок. Диссертационная работа несмотря на некоторые микроскопические орфографические и стилистические огрехи, оформлена аккуратно. Каждую главу предваряет краткая аннотация, содержащая основную суть раздела. В конце главы приведено краткое резюме с основными выводами. При изложении достигнутого приводятся четкие формулировки полученных результатов и выводов, Таблицы и рисунки содержат всестороннюю информацию по полученным новым данным.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи работы, отмечена новизна, теоретическая и практическая значимость работы и полученных результатов, изложены положения, выносимые на защиту.

Литературный обзор «Метод ЛА-ИСП-МС в определении микроэлементного и изотопного (Lu-Hf, U-Pb) состава природных цирконов» состоит из пяти разделов, где выполнен обзор методологии и метрологических характеристик анализа объектов, рассматриваются особенности строения и эволюции цирконов и проведена постановка задачи исследования.

В экспериментальной части работы, главы 2-4:

2. «**Аппаратура и техника эксперимента»;**
3. «**Разработка ЛА-ИСП-МС методик определения химического и U-Pb, Lu-Hf изотопного состава зерен циркона»;**

4. «ЛА-ИСП-МС анализ химического и U-Pb, Lu-Hf изотопного состава образцов сравнения. Апробация методик»;

детально описаны приборы использованные в работе, изложены методики исследования и техника эксперимента. Подробно описаны образцы сравнения, исходные реагенты, материалы и их основные физико-химические параметры. Приведена блок-схема выделения цирконов и их шлихового анализа в процессе подготовки к дальнейшим исследованиям.

Исследовано влияние операционных параметров на случайную и систематическую ошибку определения содержания элементов и изотопных отношений. Большое внимание уделено проблеме фракционирования элементов и изотопов в ходе масс-спектрометрических измерений. В процессе отработки метрологических характеристик методик, Мария Владимировна тщательно изучила закономерности девиантного поведения различных изотопов, что позволило ей получить достоверные результаты.

Достоверность результатов полученных в работе Червяковской М. В. подтверждена опробованием методики на межлабораторном анализе цирконов и на международных стандартах, в том числе на образцах сравнения циркона. Сопоставление данных полученных автором с литературными данными и результатами независимых методов анализа других исследователей в других лабораториях даёт согласованные значения в пределах статистической погрешности.

В последних двух главах:

5. «ЛА-ИСП-МС-анализ химического и U-Pb, Lu-Hf изотопного состава гомогенных (монохронных) зерен циркона: апробация методик на примере проб из кимберлитов и алмазоносных россыпей Якутии»;

6. «ЛА-ИСП-МС-анализ химического и U-Pb, Lu-Hf изотопного состава полигенных (полихронных) зерен циркона: апробация методик на примере проб из различных геологических объектов Урала и Русской платформы»;

автор демонстрирует *практическое применение разработанной методики* на природных цирконах различного генезиса из разных геологических провинций Якутии, Урала и Русской платформы.

На примере исследования различных цирконов не только подтверждена правильность разработанных методик, но и получена информация о геологических процессах протекавших в различных региональных структурах. Это позволило дополнительно изучить интересные природные объекты расширить геологические представления о них и сделать вывод о приемлемости использования подходящих образцов сравнения.

В этой части работы разработки автора приобретают пограничный характер на стыке двух дисциплин, геологической и методологической, что, по моему мнению, расширяет объектную базу исследования.

Выводы обоснованы и соответствуют полученным в работе результатам. Основные результаты работы по теме диссертации, опубликованы в 3 статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ по специальности 1.4.2. Аналитическая химия. Также по теме исследования опубликованы десять статей, одна монография, тезисы тридцати четырёх докладов. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации, и характеризуют результаты проведённых исследований.

В качестве замечаний следует отметить:

– при описании методики определения микроэлементного состава цирконов с помощью ЛА-ИСП-МС не уделено должного внимания такой проблеме как интерферирующее влияние молекулярных ионов на полезные сигналы измеряемых изотопов в квадрупольном масс-спектрометре. В заявлении списке для постановки методики определения содержания элементов в ряде минералов, фигурируют пятьдесят восемь элементов. Определение некоторых фигурантов этого списка серьёзно затруднено на квадрупольном ИСП-МС, именно из-за большого числа молекулярных наложений;

- для количественной оценки неопределённости некоторых величин и повторяемости измерений автор использует такой статистический параметр как коэффициент вариации или относительное стандартное отклонение выраженное в процентах. Но в тексте относительное стандартное отклонение иногда обозначается как стандартное отклонение. Таким образом возникает путаница понятий;
- по мнению оппонента, раздел «Список сокращений» является неполным. В этот список не входят, например, такие аббревиатуры, встречающиеся в тексте, как CCD, SSD, NEB. Кроме того, недостаточно определён термин «реплика» используемый автором.

Указанные недостатки не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

Работа Червяковской М. В., посвященная разработке методик для исследования цирконов с помощью комплекса физико-химических методов, по актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Уровень решаемых задач представляется соответствующим требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата химических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

Таким образом диссертация Червяковской Марии Владимировны является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством доктора геолого-минералогических наук, академика Вотякова С. Л., содержащей новое решение актуальной научной задачи разработки методик определения микроэлементного состава и изотопных отношений в природных цирконах.

Учитывая необходимость разработки новых эффективных методик изотопно-геохимических исследований применимых для дальнейшего использования, важность и высокое качество результатов проведенных исследований, считаю, что диссертационная работа **«Определение микроэлементного и изотопного (U-Pb, Lu-Hf) состава природных полигенных (полихронных) зерен циркона ЛА-**

ИСП-МС методом» Червяковской Марии Владимировны отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

Официальный оппонент,

кандидат химических наук по специальности 02.00.02. Аналитическая химия
старший научный сотрудник Лаборатории изотопно-аналитической геохимии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения
Российской академии наук (ФГБУН ИГМ СО РАН) (г. Новосибирск)

Адрес: Россия, 630090, г.Новосибирск, Проспект Академика Коптюга, д. 3.

рабочий телефон +7(383) 330-46-07

мобильный телефон +7-913-725-25-83

электронный адрес stas@igm.nsc.ru

электронная страница

<https://www.igm.nsc.ru/index.php/component/comprofiler/userprofile/stas?Itemid=240>

(Согласен на обработку персональных данных)

  Палесский Станислав Владиславович

30 января 2023 года

Подпись Палесского С. В. заверяю

Учёный секретарь

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения
Российской академии наук (ФГБУН ИГМ СО РАН) (г. Новосибирск)

электронная страница

<https://www.igm.nsc.ru/index.php/component/comprofiler/userprofile/kartozia?Itemid=480>

К.Г.-М.Н.

Андрей Акакиевич

30 января 2023 года

