

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Русак Александры Андреевны «Фазовые отношения и распределение редких элементов между фазами в высокофтористой модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H при высоких TP-параметрах»* на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Диссертация А.А.Русак посвящена весьма актуальной и важной проблеме - изучению условий образования редкометалльных месторождений литий-фтористых гранитов. Задача посильная большому коллективу исследователей. Не удивительно, что диссертант взялась сначала решить главный вопрос проблемы – провести экспериментальные исследования в модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H и оценить эффекты распределения редких элементов (REE, Sc, Y, Li) между разными ее фазами. Результатам этой работы посвящена основная часть диссертации (глава 4). Два других вопроса: изучение фазовых отношений в модельной системе и сопоставление экспериментальных результатов с природными данными имеют подчиненное значение и лишь обозначены, как необходимые для дальнейшего детального изучения. Тем не менее, проведенные исследования имеют большое самостоятельное значение и вполне **достойны для защиты** на получение ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

На основе экспериментальных исследований, проведенных в Институте экспериментальной минералогии им ак. Д.С. Коржинского РАН, в модельной Li-F гранитной системе в широком диапазоне температур и давлений (при $T=400-1250^{\circ}\text{C}$, $P=1-2$ кбар), получены **важные научные результаты, составляющие три раздела работы, и сформулированные в трех защищаемых положениях диссертации.**

Существенно расширена область изучения модельной системы редкометалльных гранитов Si-Al-Na-K-Li-F-O-H - до параметров $T=400-1250^{\circ}\text{C}$ и $P=1-2$ кбар в условиях насыщения водой и фтором. Получены новые экспериментальные данные по фазовым отношениям в системе, определена область полного плавления (при $T=1000$ и 1250°C и $P=1$ кбар) и область расслоения расплава при $T=800$ и 700°C и $P=1$ и 2 кбар на две несмешивающиеся жидкости - алюмосиликатную и солевую. Рассмотрены порядок и параметры кристаллизации основных породообразующих минералов, в том числе криолита (от 700 до 500°C при $P=1$ кбар) - главного индикаторного минерала редкометалльно-редкоземельной минерализации Li-F гранитов.

В модельной гранитной системе при $T=500-800^{\circ}\text{C}$ и $P=1$ кбар получены новые экспериментальные данные по распределению редких и редкоземельных элементов (REE, Sc, Y, Li) между алюмосиликатным и солевым расплавами, а также между расплавом и водным флюидом при $T=700-800^{\circ}\text{C}$, $1-2$ кбар. Редкие и редкоземельные элементы в основном накапливаются в солевом щелочно-алюмофторидном расплаве, существенно меньше в равновесном алюмосиликатном расплаве и на порядок меньше во флюидной фазе. Определяющую роль в экстракции REE, Sc и Y в солевых расплавах играет литий. С ростом его концентрации в системе содержание редких элементов в солевом расплаве увеличивается.

Экспериментальные результаты, полученные в результате проведенных исследований в модельной гранитной системе, сопоставлены с данными по фазовым взаимоотношениям и поведению редких элементов в природных образцах редкометалльных криолитсодержащих гранитов. На примере образцов из трех месторождений Восточной Сибири (Улуг-Танзекского, Зашихинского и Катугинского) показано, что экспериментально изученная модельная гранитная система с фтором, литием и редкими элементами в принципе соответствует природным данным и может служить моделью формирования

криолитсодержащих редкометальных гранитов. Присутствие криолита в Li-F гранитах является индикатором их редкометальной (REE, Sc, Y, Li) минерализации.

И все-таки, признавая важность и значение полученных результатов, хотелось бы высказать некоторые замечания по автореферату диссертации и пожелания автору для дальнейшей работы.

1. **Защищаемые положения** диссертации составлены, на мой взгляд, не очень удачно. Обычно защищаются главные достижения проведенных исследований, а не отдельно взятые цифры, вырванные из контекста, даже, если в них сосредоточена большая часть полученных результатов. Фактически, такие обобщения по всем трем разделам работы в автореферате имеются, но представлены они почему-то в разделе «Научная новизна», что отвлекает внимание читателя от основных результатов исследования и снижает их более общее фундаментальное значение.

2. **Задача по изучению фазовых отношений** в модельной системе решена частично, поскольку автор не ставила перед собой задачу изучить полную фазовую диаграмму состояния модельной системы. Реально же, количество экспериментов (55), проведенных в процессе изучения системы, при таком количестве переменных и параметров для этой цели оказалось явно недостаточным. В результате проведенных исследований определены ТР параметры основных фазовых переходов в системе, областей плавления, ликвации и кристаллизации минералов. Но факт значительного расширения параметров экспериментального исследования модельной системы Li-F гранитов в качестве важного достижения автора среди защищаемых положений, к сожалению, не оказался. Продолжение исследований в этом плане кажется необходимым и весьма желательным.

3. **Во втором защищаемом положении** приводятся отдельные выборочные значения коэффициентов разделения элементов при переменных T , P и содержании воды в расплаве. Странно, что для всех главных элементов системы (REE, Sc, Y) в автореферате приведены всего лишь два частных значения коэффициента разделения между алюмосиликатным и солевым расплавами: для лантана $KD_{La}(LF/L)=73$ при $800^{\circ}C/1$ кбар и церия $KD_{Ce}(LF/L)=85$ при $700^{\circ}C/1$ кбар, а другие элементы этой группы даже не упоминаются.

4. В то же время, **детально обсуждается противоречивая зависимость лития** от параметров эксперимента. Такой интерес к литию вызван, возможно, тем, что для него характерен большой (от 2,6 до 4,6 раз) разброс значений коэффициента разделения (KD_{Li}) между силикатным и солевым расплавами при параметрах одного опыта, например, при $T=800^{\circ}C$ и $P=2$ кбар $KD_{Li}(LF/L)$ меняется в интервале от 1,7 до 7,86 ед. Такое изменение можно объяснить либо высокой летучестью этого элемента во время анализа, либо отсутствием термодинамического равновесия в системе во время эксперимента.

5. Предположение, что **равновесие в опытах достигалось не всегда**, подтверждается при сравнении состава экспериментальных стекол с составами криолитсодержащих гранитов (Рис. 11). На этой диаграмме сравниваются основные пороодообразующие компоненты, и влияние лития исключено. Однако область разброса составов стекол из эксперимента по сравнению с природными составами криолитсодержащих гранитов зашкаливает более чем в два раза, что может быть также связано с условиями термодинамического равновесия в изучаемой системе.

6. В **третьем защищаемом положении** три случайных образца из трех разных месторождений Восточной Сибири никак не могут претендовать на сколь-нибудь серьезное описание криолитсодержащих рудопроявлений, тем более с претензией на их мировой охват. Как бы тщательно и детально не описывались выбранные образцы, я бы пожелал автору все-таки съездить на какое-либо реальное месторождение редкометальных гранитов и вживую познакомиться с объектом исследования. Будет почва для дальнейших открытий.

Проведенные исследования и полученные экспериментальные результаты изучения модельной гранитной системы, тем не менее, существенно расширяют и продвигают наши знания о

редкометальном орудении Li-F гранитов и заслуживают всякого внимания и поддержки соискателя в получении искомой степени

Организационные и формальные требования, установленные «Положением о присуждении ученых степеней» **выполнены полностью и не вызывают сомнения.**

В процессе проведения исследований в Институте экспериментальной минералогии им. ак. Д.С. Коржинского А.А.Русак получила **навыки экспериментальной работы** с природным геологическим материалом и модельными химическими смесями на установке высокого газового давления УВДГ-2000. Она занималась подготовкой капсул для эксперимента при высоких параметрах, обработкой материала опытов после их завершения, анализом материала опытов и их обработкой.

А.А.Русак также имела возможность поработать в ведущих лабораториях России, **участвовать в проведении аналитических работ** современными инструментальными методами анализа вещества (электронно-зондовый микроанализ, метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, лазерная абляция).

Результаты, полученные А.А.Русак, прошли **апробацию** на многочисленных Российских и международных конференциях, опубликованы в трех научных журналах и 20 сборниках материалов конференций. А.А.Русак – вполне сложившийся исследователь. Она автор 74 статей, 39 тезисов, 66 докладов на конференциях, имеет 13 наград за лучшие публикации и выступления (система «Истина», МГУ).

Сделанные замечания по стилю изложения и интерпретации полученных результатов скорее могут быть отнесены к пожеланиям в дальнейшей работе, чем препятствуют положительному решению Ученого совета.

Диссертация Русак Александры Андреевны «Фазовые отношения и распределение редких элементов между фазами в высокофтористой модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H при высоких ТР-параметрах» соответствует критериям, установленным в пп.9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней»), а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

ФИО автора отзыва (полностью) Федькин Валентин Васильевич

Ученая степень к.г.-м.н.

Ученое звание снс

Должность ВНС

Структурное подразделение организации Лаб. Метаморфизма, магматизма и геодинамики литосферы

Полное наименование организации Институт экспериментальной минералогии им. ак. Д.С.Коржинского РАН

Адрес организации: индекс, страна, город, улица, дом 142432, Российская Федерация, г. Черноголовка Московской обл., ул. ак. Осипьяна, д. 4

Интернет сайт организации IEM web page

E-mail автора отзыва vfedkin@iem.ac.ru

Телефон автора отзыва +8(905)772-49-29

Я, Федькин Валентин Васильевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«04» декабря 2024 г.

Федькин

(В.В.Федькин)

ЗАВЕРЯЮ

3-й в. канцелярии ИЭМ РАН

Е.А.Тихомирова Е.А.ТИХОМИРОВА