

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Каневой Екатерины Владимировны  
«Кристаллохимия редких и сложных силикатов щелочных пород»  
по специальности «1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические  
методы поисков полезных ископаемых»  
на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук

**Актуальность темы диссертации.** Диссертация Е.В. Каневой посвящена редким и сложным силикатам щелочных пород, преимущественно из щелочных комплексов Мурунского массива и массивов Дара-й-Пиоз (Таджикистан) и Хан-Богдо (Монголия). Минералогия щелочных комплексов – достаточно хорошо и активно развитая и развивающаяся область, но исторически исследования были сосредоточены преимущественно на объектах Кольского полуострова (Хибинский и Ловозерский массивы), Канады (Монт-Сент-Илер), частично Гренландии (Иллимаусак). Гораздо меньше данных имеется по щелочным комплексам, которые попали в поле зрения диссертанта, в основном благодаря их географической удаленности и труднодоступности. Вместе с тем исследование минералогии этих объектов чрезвычайно интересно в связи с редкометальной и редкоземельной минерализацией, что представляет большой интерес в связи с индустриальной, технологической и даже геополитической важностью стратегических металлов. Помимо этого, исследование минералов как неорганических фаз природного происхождения имеет и другое измерение, связанное с их использованием в качестве прототипов для создания новых функциональных – так называемых минералоподобных – материалов. Эта область минералогических исследований в последнее время приобрела особую актуальность, что определяет как актуальность рецензируемой диссертации, так и её **научную и практическую значимость.**

**Новизна** полученных результатов состоит прежде всего в новизне самих данных о кристаллических структурах изученных в диссертации минералов. Несмотря на то, что среди объектов, описываемых в работе, нет ни одного нового структурного типа, проведенные исследования несомненно вносят существенный вклад в понимание кристаллохимии редких и сложных силикатов щелочных комплексов. Е.В. Каневой удалось найти в уже известных минеральных видов ряд структурных особенностей, ранее не отмечавшихся. Так, для власовита и армстронгита при помощи рентгеноструктурного анализа определены новые пространственные группы, для нарсарсукита, мизерита и других минералов – интересные и тонкие особенности структурного разупорядочения, и т.п. При изучении образцов карлтонита установлен новый минеральный вид – фторкарлтонит, рассмотренный и утвержденный Международной минералогической ассоциацией.

Проведенные автором исследования отличаются использованием мультиметодологического подхода с широким задействованием разнообразных современных методов минералогических и кристаллохимических исследований, включая электронно-микрондовый анализ, рентгеноструктурный монокристалльный анализ, порошковую рентгенографию, инфракрасную спектроскопию, дифференциально-термический анализ, что обуславливает высокое качество полученных результатов и их высокую **достоверность.** Это же определяет и **обоснованность** сделанных в работе выводов, хотя, по мнению оппонента, формулировки защищаемых положений оставляют желать лучшего (см. ниже).

**Личный вклад** Е.В. Каневой в представленные в диссертации научные результаты является, без сомнения, определяющим.



**Общая характеристика диссертации.** Диссертация состоит из Введения, шести глав и заключения; основные табличные материалы вынесены в приложения. Список литературы насчитывает 715 наименований, всего диссертация содержит 396 страниц.

Общая структура диссертации определяется характером исследованных автором объектов, которые разделяются на гетерополиэдрические титано- и ниобосиликаты и микропористые алюмосиликаты (глава 2), кольцевые силикаты (глава 3), слоистые силикаты (глава 4), силикаты с трубчатыми и гибридными силикатными анионами (глава 5). В главе 6 приводятся результаты высокотемпературных кристаллохимических исследований ряда объектов, описанных в предыдущих четырех главах. В Заключении перечислены основные результаты диссертации.

Как по объему, так и по качеству и уровню представленных результатов диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Вместе с тем, необходимо сделать ряд **замечаний**, которые можно разделить на принципиальные и второстепенные.

#### **Принципиальные замечания.**

1. В главе 1 диссертации даны общие сведения о редких и сложных силикатах и перспективах их применения в промышленности и высоких технологиях. Вместе с тем, периодически автор говорит о важности понимания «особенностей атомной структуры и механизмов превращения минералов... для представления о геологических процессах, приводящих к образованию <щелочных> массивов» (с. 15; здесь и далее – ссылки на текст диссертации). Однако, остается так и непонятным, как понимание кристаллохимии минералов влияет на наше представление о характере геологических процессов. Лучше было бы говорить о формах концентрации редких и рассеянных элементов на последних стадиях формирования щелочных комплексов. Создается впечатление, что материалоевческий аспект «заслоняет» для автора геолого-минералогическую важность полученных ею результатов.

2. В связи с вышеупомянутой труднодоступностью и сравнительной малоизученностью щелочных комплексов, находящихся в поле внимания диссертанта, следовало бы дать хотя бы краткий обзор истории исследования редких и сложных минералов (например, Мурунского массива), большой вклад в изучение которых внесли представители иркутской минералогической школы, к которой, как можно надеяться, причисляет себя автор. Ни для кого не секрет, что формирование отечественной структурно-минералогической школы происходило под большим влиянием открытий новых минеральных видов Кольского полуострова – так первая расшифровка кристаллической структуры в Советском Союзе была сделана Б.К. Бруновским на катаплеите – хибинском минерале, предоставленном ему для исследования И.Д. Борнеман-Старынкевич. Вместе с тем, открытия иркутских минералогов внесли существенный вклад в исследование щелочных комплексов Сибири, открыв в них уникальные минеральные виды, не встречающиеся нигде в мире, причем иногда в колоссальных количествах (достаточно вспомнить чароит!). Отсутствие главы, посвященной минералогии щелочных комплексов, минералы которых изучает автор, несколько досадно, но, разумеется, не необходимо.

3. Шестая глава, посвященная высокотемпературной кристаллохимии ряда изученных минералов, в диссертации является самой неудачной и производит впечатление неупорядоченности. Исследуемые структуры настолько сложны, что выявить там конкретную механику структурных преобразований, крайне непросто. Следует признать, что автору не удалось создать прозрачную картину высокотемпературных изменений фактически ни для одного случая, разбираемого в работе. Вместе с тем, фактические данные, полученные диссертантом, безусловно ценны и заслуживают специального внимания.

#### **Второстепенные замечания.**



1. К сожалению, защищаемые положения трудно признать удачными, ни по сути, ни по форме.

Из первого защищаемого положения: «Структурно-химические особенности, связанные с дополнительными анионными компонентами микропористых каркасных алюмосиликатов одного минерального вида из различных месторождений, могут служить диагностическими критериями». Хочется спросить: диагностическими критериями чего? Самих минеральных видов? Но ведь речь идет об одном и том же минеральном виде. Можно только догадываться, что имел в виду автор.

Второе защищаемое положение. «Изоструктурные минералы щелочных пород (такие как фторкарлтонит и карлтонит, тинаксит и токкоит, одинцовит и наккаалаакит и др.) не являются просто структурными аналогами, а представляют собой индивидуальные минеральные виды, обладающие как сходствами, так и уникальными особенностями, и могут быть идентифицированы, основываясь на их структурных и спектроскопических характеристиках». Понятно, что хочет сказать диссертант, но «просто структурные аналоги» с разным химическим составом как раз и представляют собой «индивидуальные химические виды». Может ли автор привести пример «просто структурных аналогов», которые не могут быть идентифицированы на основании структурных и спектроскопических характеристик?

2. В работе много весьма неудачных формулировок и выражений, - отметим некоторые из них:

- «о заселенности полиэдрических и анионных позиций» (с. 9; позиция не может быть полиэдрической; это точка в пространстве);

- «около 90% минералов титана применяется в пигментах» (с. 10; очевидно, речь идет о титановом сырье в целом, а не о минералах как таковых);

- «между фельдшпатоидами, самой распространенной группой минералов в земной коре, и цеолитами можно выявить множество сходств» (с. 23; ошибка: самой распространенной группой минералов в земной коре являются полевые шпаты, а не фельдшпатоиды);

- « $\text{Th}^{4+}$  практически полностью нерастворим *во всем*, кроме высоких концентраций фторида» (с. 26; курсив наш – С.К.);

- «один из подходов в сравнении минералов заключается в исследовании различий в термическом поведении на первый взгляд схожих материалов, чтобы определить, в чем могут заключаться их различия» (с. 33; различия исследуются для определения различий);

- «две или более топологически идентичные структуры при разных температурах или давлениях могут незначительно отличаться параметрами элементарной ячейки и положениями атомов» (с. 33; бессмысленная фраза);

- «в каркасных структурах, которые в основном имеют связанные с углами полиэдрические единицы» (с. 34; похоже на буквальный перевод с английского: *corner-sharing*);

- на страницах 196, 208 и др. используется термин «термоупругое поведение», который не является общепринятым; почему не просто «термическое поведение»?

- «исследования высокотемпературных характеристик каркасных и кольцевых силикатных структур демонстрируют, что основным механизмом их сжатия и расширения является наклон тетраэдров» (с. 227; очевидно, имеются в виду повороты тетраэдров вокруг гибких шарниров с изменением валентных углов Т-О-Т);

- «свойства поздних остаточных растворов, не образовавших собственных минералов, также отражаются в особенностях кристаллической структуры, химического состава, свойств изучаемых минералов и влияния на них происходящего ионного обмена» (с. 227; не понятно, какие собственные минералы могут быть у растворов).

Несмотря на сделанные замечания, как уже указывалось, работа представляет собой существенный вклад в развитие кристаллохимии природных силикатов щелочных

комплексов Сибири, Монголии и Таджикистана, и содержит важные результаты как для петрологических и геохимических реконструкций условий образования месторождений полезных ископаемых, так и для разработки новых минералоподобных материалов с интересными функциональными свойствами.

Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих российских и международных научных журналах и прошли апробацию на авторитетных конференциях и симпозиумах по профилю работы.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Е.В. Каневой «Кристаллохимия редких и сложных силикатов щелочных пород» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной задачи – разработка кристаллохимии редких и сложных силикатов щелочных комплексов, имеющей существенное значение для специальности «1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых». Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (пункты 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24.09.2013), а сам автор – Екатерина Владимировна Канева – заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности «1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент

Генеральный директор ФИЦ КНЦ РАН  
Доктор геолого-минералогических наук, профессор  
Академик РАН



С.В. Кривовичев

Подпись *С.В. Кривовичева*  
ПО МЕСТУ РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИК ОБЩЕГО ОТДЕЛА  
ФИЦ КНЦ РАН

*Л.В. Коструб*  
\* 13 \* 13  
Л.В. КОСТРУБ  
20 25 ГОДА