

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию Борисова Артема Сергеевича на тему: «Кристаллохимия и свойства фумарольных сульфатных минералов и их синтетических аналогов», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по научной специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Изучение сульфатов природного происхождения – весьма **актуальная** и интересная тема, что связано не только с их минералогической значимостью, но и потенциальным интересом с точки зрения создания новых кристаллических материалов на их основе. Богатая сульфатная минерализация на фумаролах Толбачика представляет собой уникальные минеральные ассоциации, в которых можно выделить различные парагенетические последовательности, включающие безводные (среднетемпературные) ассоциации, сменяющиеся низкотемпературными ассоциациями с различной степенью гидратации. Моделирование процессов образования и преобразования минеральных ассоциаций фумарольных сульфатов – интересная и продуктивная задача, которую, в частности, поставил перед собой автор. Одно из интересных наблюдений автора – «значительно более сложное поведение экскалиационных минералов с дополнительными атомами кислорода в своем составе», связанное с гидроксилированием структур за счет протонирования «дополнительного» атома кислорода.

Чрезвычайно интересным и плодотворным представляются и части работы, связанные с синтезом аналогов экскалиационных сульфатов и экспериментальным исследованием их морфотропии (в частности, морфотропии соединений белоусовитого типа). Автором получено и охарактеризовано двенадцать (!) белоусовитоподобных соединений и блестяще разобрано их структурное и кристаллохимическое разнообразие, связанное с размерами и химической природой одновалентного катиона и галоген-иона. Результаты отличаются высокой **достоверностью и новизной**, подтвержденной качественными публикациями в международных научных журналах.

Работа отличается цельностью тематики, глубокой проработанностью поставленных проблем, четким и уже опытным кристаллохимическим чутьем, ясностью мысли. Нет никакого сомнения, что она заслуживает самой высокой оценки, что, однако, не избавляет её от некоторых **недостатков**.

1. На страницах 46-47 диссертации автор разбирает расчеты водородных связей в кайните методом функционала плотности (DFT). Однако, в списке методов, использованных при

подготовке работы, этот метод не значится. Его описание приведено на страницах 122-123 диссертации, причем многие детали остаются неясными. Какие базисные наборы использовались при оптимизации? Коль скоро оптимизировали всю структуру, насколько хорошо воспроизводились длины неводородных связей? Наконец, много вопросов оставляет таблица 10 и рисунок 15. Получается, что часть атомов водорода на молекулах воды вообще не образует никаких водородных связей (атомы H1b, H3a, H2b). Возможно, какие-то пояснения есть в научной статье по структуре кайнита, но в тексте диссертации они отсутствуют.

2. Можно посетовать на некоторый «нигилизм» автора диссертации в плане (скорее всего) непреднамеренного отсутствия упоминания о вкладе предшественников в те или иные направления исследований. В частности, очень скромно упоминаются работы Л.П. Вергасовой и С.К. Филатова по минералам вулканических экскаваций Толбачика, тогда как без этих пионерных по сути работ не было бы ни работ И.В. Пекова, ни последующих работ других коллег. Именно Л.П. Вергасова и С.К. Филатов «открыли» толбачинские минералы всему миру и сейчас мы наблюдаем всплеск открытых, связанных с исследованиями И.В. Пекова, О.Й. Сайдра, А.П. Шаблинского и др. Ещё один пример. На странице 55 автор пишет: «Подход «от минералов к материалам» обрел широкое распространение в области неорганического материаловедения в последние десятилетия (Dermeyer, 2009), а его эффективность показана на целом ряде примеров (Reynaud *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2015; Lander *et al.*, 2017)». Создается впечатление, что тема «от минералов к материалам» началась с работы В. Депмайера «Minerals as advanced materials», опубликованной в 2009 году. Между тем само название статьи 2009 года – своеобразный «плагиат» (без ссылки на оригинальную работу) сборника с аналогичным названием, вышедшего в 2008 году в издательстве Springer под нашим редакторством и содержащего целый цикл работ различных авторов на тему «от минералов к материалам». Кроме того, сама эта тема поднималась в литературе задолго до наших работ – в частности, А.П. Хомяковым и Дж. Феррарисом. К сожалению, этот недобросовестный «американский» подход – делать вид, что мы работаем на абсолютно неожженом поле, все больше и больше распространяется среди современных российских ученых. Вряд ли это делает честь представителям санкт-петербургской минералогической и кристаллографической школы.

3. Некоторые терминологические неточности. Автор переводит термин *interstitial* как «внутрикаркасный» (*interstitial* = букв. «межпозиционный»). Между тем, в русскоязычной литературе к таким ионам и ионным группировкам применяется термин «внекаркасный»,

т.е. не принадлежащий к каркасу, тогда как «внутрикаркасный» - это скорее «каркасообразующий».

В целом, хочется пожелать автору дальнейшей продуктивной и успешной научной работы на ниве минералогии и кристаллохимии. Все необходимые для этого задатки – любовь к полевой и экспериментальной работе, высокая кристаллохимическая культура, кристаллографическая структура мышления, - у него есть.

Диссертация Борисова Артема Сергеевича на тему: «Кристаллохимия и свойства фумарольных сульфатных минералов и их синтетических аналогов» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Борисов Артем Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по научной специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Председатель диссертационного совета
доктор геолого-минералогических наук, академик РАН,
профессор кафедры кристаллографии Института
наук о Земле СПбГУ

Кривовичев С.В.

24 октября 2022 года