

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Тимакова Ивана Сергеевича**

*“ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ВОДНО-СОЛЕВЫХ СИСТЕМАХ
КИСЛЫХ СУЛЬФАТОВ КАЛИЯ, РУБИДИЯ И АММОНИЯ И ВЛИЯНИЕ
КАТИОННОГО ЗАМЕЩЕНИЯ НА ИХ СВОЙСТВА”*,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.20. – «Кристаллография, физика кристаллов»

Одним из актуальных направлений современной химии твердого тела, кристаллохимии и материаловедения является поиск новых функциональных твердофазных неорганических материалов на основании развития представлений о связях их структуры и свойств. В ряду таких материалов значительное место занимают соединения с высокой протонной проводимостью, суперпротоники, для электрохимических устройств, таких как топливные элементы, электролизёры, сенсоры, мембранные реакторы и др. Неустойчивость суперпротонной фазы по отношению к реакции дегидратации является проблемой практического применения суперпротоников и требует поиска новых фаз с высокой термической стабильностью.

Диссертационная работа **Тимакова И. С.** посвящена выявлению закономерностей формирования суперпротонных фаз на примере многокомпонентных систем кислых сульфатов с катионами аммония, калия и рубидия. Суперпротонные соединения, представленные в данной работе, отличаются от большинства подобных материалов механизмом высокой «собственной» протонной проводимости, обусловленной существованием разупорядоченных сеток водородных связей.

Для решения поставленных задач автор использует современные методы исследования (методы рентгеновской дифракции, термического анализа, импедансной спектроскопии, поляризационная микроскопия и др.). Совместное использование этих методов позволило автору выявить условия реализации твердых растворов в одном структурном типе и установить критерии длины водородной связи при реализации суперпротонных фазовых переходов. В результате работы **Тимаков И.С.** предложил эффективный метод поиска новых составов суперпротоников так и метод управления фазовыми переходами, вследствие которых и возникает высокая протонная проводимость.

Вместе с тем, в качестве замечаний следует отметить следующие:

- 1) Элементный состав твердых растворов определялся по данным энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDXS). Метод EDXS является полуколичественным и его данные следовало бы подтвердить другими методами анализа элементного состава, такими как ICP-MS/AAS/OES. Насколько равномерно элементы распределены в монокристаллах твердых растворах?
- 2) Данные по определению положения водорода и длин водородных связей следовало подтвердить исследованиями методом нейтронной дифракции.
- 3) Термин «микрофотография» является атавизмом прошлого, следует использовать понятие изображение (анг. *image*), так как представляет собой полученное цифровое изображение, а фотографии, полученные в процессах проявления-фиксации-промывки и тд.

4) Стр. 6. «Рентгеноструктурные исследования и обработка данных проведены в Институте Екатериной». Хотелось бы знать фамилию Екатерины и о каком институте идет речь?

По объему выполненного эксперимента, его актуальности, по научной и научно-прикладной значимости результатов, их новизне, достоверности, уровню обсуждения работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ (от 24 сентября 2013г. № 842), а ее автор **Тимаков Иван Сергеевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.20 – «Кристаллография, физика кристаллов». В работе **Тимакова И.С.** решена актуальная задача исследования фазовых равновесий в четырёхкомпонентных водно-солевых системах, а также выявление влияния изоморфного замещения на свойства твердых растворов сложных гидросульфатов.

Лазорьяк Богдан Иосипович

доктор химических наук по специальности 02.00.01 - Неорганическая химия

профессор

Лазорьяк Б.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет

Кафедра химической технологии и новых материалов

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, стр. 3

Телефон: +7(495)9392138

E-mail: bilazoryak@gmail.com

20.11.2023

Морозов Владимир Анатольевич

доктор химических наук по специальности 02.00.21 –химия твердого тела,

ведущий научный сотрудник, доцент

Морозов В.А

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет

Кафедра химической технологии и новых материалов

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, стр. 3

Телефон: +7(495)9393687

E-mail: morozov@tech.chem.msu.ru; morozov111vla@mail.ru

20.11.2023

