

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Селезневой Елены Вячеславовны  
«Особенности структуры кристаллов системы  
 $K_3H(SO_4)_2 - (NH_4)_3H(SO_4)_2 - H_2O$   
и влияние катионного замещения на физические свойства»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.18 «Кристаллография, физика кристаллов»**

Одним из перспективных классов источников электричества, альтернативных углеводородной энергетике, являются водородные топливные элементы. К числу нерешенных проблем в области этого типа источников является создание стабильных материалов для мембран с высокой протонной проводимостью. Соединения исследуемого в работе класса рассматриваются как перспективные материалы мембран топливных элементов, в силу чего изучение корреляции свойств с составом и кристаллографической структурой является чрезвычайно актуальной научной и технической задачей.

В диссертационной работе Селезневой Е.В. проведены комплексные исследования структуры и физических свойств кристаллов с катионным замещением  $(K_{1-x}(NH_4)_x)_mH_n(SO_4)_{(m+n)/2}$  включая растровую электронную микроскопию, импедансную спектроскопию, поляризационную микроскопию, структурный анализ с использованием рентгеновского, синхротронного излучений и нейтронов.

Научная новизна работы заключается в получении экспериментальных данных о структурных типах синтезированных соединений, системе межатомных связей при формировании суперпротонных фаз и не вызывает сомнений. Формирование суперпротонной фазы при комнатной температуре в кристаллах  $(K_{1-x}(NH_4)_x)_3H(SO_4)_2$  ( $x \sim 57\%$ ) обнаружено впервые (минимальная температура появления протонной проводимости составляла  $160^\circ\text{C}$  в  $CsHSO_4$ ), что указывает на перспективность данных соединений для водородной энергетике.

Показано, что исследованные кристаллы имеют высокую проводимость ( $\sigma = 10^{-3} - 10^{-1} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ), что в сочетании с необходимым для топливных элементов диапазоном рабочих температур  $70 - 200^\circ\text{C}$  выгодно отличает их от других известных материалов с протонной проводимостью и делает результаты работы практически значимы.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современного исследовательского оборудования, а также обсуждением результатов работы научным сообществом на научных конференциях и в опубликованных статьях.

К сожалению в работе проведены исследования только температурной стабильности исследованных соединений, в то время как для топливных элементов важна также и стабильность во времени. Известно, что сульфатные соединения менее стабильны, чем фосфатные в силу взаимодействия с водородом и протекания реакции с образованием летучего сероводорода. Возможно, замещение калия на аммонийные группы приведет к увеличению стабильности соединения во времени, но это показано не было.

Приведенные замечания не снижают ценности новых решений и результатов, полученных автором. Диссертационная работа представляется законченной научно-квалификационной работой, имеет важное фундаментальное значение, удовлетворяет всем критериям Положения «О порядке присуждения ученых степеней». Селезнева Е.В., заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – «Кристаллография, физика кристаллов».

Доцент  
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»  
кандидат физ.-мат. наук, с.н.с.

 С.П. Кобелева

Адрес: 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4.

Телефон: (495) 955-01-50. Адрес электронной почты: kob@misis.ru




Подпись Кобелевой С.П. заверяю

должность

Ф.И.О.

Зам. директора  
Кадрового

  
14.08.2018

КУЗНЕЦОВА А.В.

Я, Кобелева Светлана Петровна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации и их дальнейшей обработкой.