

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Тимакова И.С. «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

Диссертация И.С. Тимакова посвящена актуальной проблеме исследования фазовых превращений и формирования суперпротонных фаз в твердотельных протонных проводниках на основе ряда кислых сульфатов с катионами аммония, калия и рубидия. Все эти материалы современны и востребованы в различных областях альтернативной энергетики, использующих водородные технологии при создании электрохимических устройств, таких как топливные элементы, сенсоры и др.

В настоящее время, поиск новых составов суперионников носит случайный характер. Поэтому исследования фазовых превращений при катионном замещении в ряде четырехкомпонентных водно-солевых систем является актуальным для выявления общих закономерностей фазообразования и обеспечивают научную основу для разработки технологий синтеза твердых растворов с составом, близким к стехиометрическому составу суперпротонных фаз, не полученных на данный момент.

Научная новизна и практическая значимость результатов состоят в том, что впервые показано, что существует непрерывный ряд твердых растворов $K_3H(SO_4)_2-Rb_3H(SO_4)_2$ и ограниченный ряд твердых растворов $(K,Rb)_9H_7(SO_4)_8 \cdot H_2O$. Реализована модель фазовых переходов при подгруппе $M_3H(SO_4)_2$, экспериментально обнаружено разупорядочение при достижении пороговой длины водородной связи в результате катионного замещения Rb - K. Найденный в работе критерий получения твердых растворов и метод катионного замещения в многокомпонентных водно-солевых системах

позволяют оптимизировать поиск суперпротонов и целенаправленно реализовать суперпротонные переходы в кислых сульфатах. Показано, что температура существования суперпротонной фазы ограничена реакцией твердофазного распада или дегидратацией.

Полученные соединения с высокой протонной проводимостью могут использоваться в качестве активного элемента водородного сенсора.

Достоверность и объективность полученных результатов подтверждена их апробацией на 26 международных и всероссийских конференциях, публикацией 5 статей с соавторами по теме диссертации в журналах, входящих в перечень ВАК и Web of Science. Экспериментальные результаты воспроизводимы и выводы по ним достоверны, данные по областям существования твердых растворов и фаз на диаграммах состояния четырехкомпонентных систем могут быть практически использованы на химических производствах.

В целом по автореферату можно сделать заключение, что диссертация представляет собой профессионально грамотное завершённое научное исследование, которое вносит весомый вклад в разработку научных подходов, средств и методов роста водорастворимых кристаллов требуемого состава в подгруппе $M_3H(SO_4)_2$ ($M=K, Rb, NH_4$). Благодаря проведенным исследованиям фазовых равновесий определены условия воспроизводимого синтеза кристаллов более 20 фаз заданных составов и целого ряда твердых растворов, определен характер и значения растворимости для всех соединений и твердых растворов на их основе, предсказан и экспериментально реализован фазовый переход в твердых растворах ряда кислых сульфатов, выявлен системный критерий катионного замещения, позволяющий целенаправленно получать суперпротонные фазы в многокомпонентных солевых системах. Разработанный подход позволил повысить эффективность получения суперпротонных кристаллов за счет уменьшения количества кристаллизаций.

Автореферат позволяет заключить, что по масштабам решаемых задач, научной новизне и практической значимости представленная диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении научных степеней», а ее автор, Тимаков Иван Сергеевич заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.20 – Кристаллография, физика кристаллов.

Борисенко Елена Борисовна

Доктор технических наук, специальность 01.04.07- физика конденсированного состояния

Ведущий научный сотрудник Лаборатории физико-химических основ кристаллизации

Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН)

г. Черноголовка, Московская обл., ул. Академика Осипьяна д.2, 142432, Россия

8(49652)2-84-01

e-mail: borisenk@issp.ac.ru

/ Борисенко Е.Б.

15. 11. 2023

Подпись Борисенко Е.Б. заверяю

Ученый секретарь ИФТТ РАН

Кандидат физ.-мат. наук



/Терещенко А.Н.