

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Колчиной Людмилы Михайловны  
«Синтез и высокотемпературные свойства многокомпонентных купратов –  
перспективных катодных материалов для твердооксидных топливных  
элементов»

на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальностям 02.00.01 – неорганическая химия и  
02.00.21 – химия твердого тела

Исследования материалов для топливных элементов в настоящее время представляют большой научный интерес, а эта тематика входит в перечень приоритетных направлений науки и относится к критическим технологиям Российской Федерации. В этой связи представленная соискателем диссертационная работа, посвященная исследованию перспективных катодных материалов, является актуальной. Согласно автореферату, исследовано влияние кристаллической структуры и химического состава на физико-химические свойства многокомпонентных купратов. Из исследованных купратов предложены наиболее перспективные составы, а также протестированы в качестве катодных материалов топливного элемента. С точки зрения фундаментальных исследований работа направлена на поиск и установление взаимосвязи между химическим составом, кристаллической структуры и физико-химическими свойствами. Для этого были выбраны соединения с различными типами структур и с различными типами координационных полиэдров иона меди. Стоит отметить большой объем полученных и систематизированных экспериментальных результатов.

По автореферату имеется несколько вопросов:

1. По утверждению автора в оксидах со структурой  $T'$  не наблюдается значимых отклонений содержания кислорода от стехиометрического, в том числе и при нагревании. Однако, как видно из рис. 2 температурная зависимость параметра решетки  $c$ , не совсем линейна, причем ошибка определения параметров не указана. Если предполагать восстановление  $\text{Ce}^{4+}$  до  $\text{Ce}^{3+}$ , в процессе измерений, то температурная зависимость параметров решетки должна быть нелинейна, т.к. на линейное расширение накладывается нелинейная зависимость процесса восстановления церия. Проводилась ли оценка индекса кислородной стехиометрии после экспериментов? С учетом ошибки определения индекса кислородной нестехиометрии возможно ли восстановление до  $\text{Ce}^{3+}$  непосредственно во время

синтеза образцов, а также какую степень окисления может иметь Pr? Каким методом можно оценить содержание  $\text{Ce}^{3+}$  и  $\text{Ce}^{4+}$  в синтезированных образцах?

2. Для топливных элементов важным параметром является также сохранение характеристик после нескольких циклов запуска-остановки, что может приводить к отслаиванию и растрескиванию катодного материала. Выполнялись ли такие эксперименты, и если да, то сохранялись ли продемонстрированные характеристики топливного элемента?

Касательно замечаний по автореферату, то в таблице 1 для структур T' указана ошибка определения индекса кислородной нестехиометрии как " $\approx 0$ ", тогда как метод иодометрического титрования имеет вполне определенную погрешность измерений.

В целом, судя по автореферату, диссертационная работа производит хорошее впечатление. Её результаты опубликованы в крупных рецензируемых журналах и апробированы на целом ряде международных конференций. Работа отвечает требованиям, предъявляемым кандидатским диссертациям, а её соискатель – Колчина Людмила Михайловна заслуживает присвоения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 02.00.01 - неорганическая химия и 02.00.21 - химия твердого тела.

Старший научный сотрудник  
Лаборатории процессов кристаллизации  
Института кристаллографии им. А.В. Шубникова  
ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН  
кандидат физико-математических наук

Гребенев Вадим Вячеславович

31.05.2017  
Гребенев Вадим Вячеславович  
Лаборатория процессов кристаллизации  
Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова  
ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН  
Адрес: 119333, г. Москва, Ленинский проспект, д. 59  
тел. +7(499)135-63-11  
факс: +7(499) 135-10-11;  
e-mail: office@crys.ras.ru  
Веб-сайт: <http://www.crys.ras.ru/>

подпись *В.В. Гребенев*  
заверяю: *Н.С. Едешин*

*Гребенев Вадим Вячеславович*  
*Н.С. Едешин*  
Отдел кадров