

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Ш.И.А. Элкалаши*

### «ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ, КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ОКСИДОВ $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАТОДОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Перспективными материалами для использования в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) являются сложные оксиды с перовскитной или перовскитоподобной структурой. Одной из наиболее интересных для применения в качестве катодных материалов ТОТЭ является система  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$ , однако литературные данные о структуре, кислородной стехиометрии, физико-химических и функциональных свойствах ее отдельных представителей ограничены и зачастую противоречивы, в связи с чем диссертация Ш.И.А. Элкалаши, посвященная систематическому исследованию фазовых равновесий в системе  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$ , а также кристаллической структуры, кислородной нестехиометрии, физико-химических и функциональных свойств ее представителей, является актуальной и представляет серьезный научный и практический интерес.

Соискателем впервые построен изобарно-изотермический разрез диаграммы состояния квазичетверной системы  $\text{NdFeO}_{3-\delta}$ – $\text{SrFeO}_{3-\delta}$ – $\text{SrCoO}_{3-\delta}$ – $\text{NdCoO}_{3-\delta}$  при температуре 1373 К на воздухе, уточнены области существования и структурные характеристики твердых растворов  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MO}_{3-\delta}$  ( $M = \text{Fe}, \text{Co}$ ),  $\text{NdFe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$  и  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$ , в широком интервале температур на воздухе изучена кислородная нестехиометрия сложных оксидов  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MO}_{3-\delta}$  ( $M = \text{Fe}, \text{Co}$ ) при  $0.2 \leq x \leq 0.95$  и  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$  при  $0.0 \leq x \leq 0.8$  и  $0.3 \leq y \leq 0.7$ , впервые исследована термическая и химическая совместимость твердых растворов  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MO}_{3-\delta}$  ( $M = \text{Fe}, \text{Co}$ ) с  $0.6 \leq x \leq 0.9$ ,  $\text{NdFe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$  с  $0.3 \leq y \leq 0.7$  и  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$   $0.3 \leq x \leq 0.8$  и  $0.3 \leq y \leq 0.7$  с материалами твердых электролитов  $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}$  и  $\text{La}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{Ga}_{0.82}\text{Mg}_{0.18}\text{O}_{3-\delta}$ , в широком интервале температур на воздухе изучена электропроводность сложных оксидов  $\text{NdFe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$  с  $0.3 \leq y \leq 0.7$  и  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{0.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{3-\delta}$   $0.3 \leq x \leq 0.7$ , а также проведена аттестация ячейки топливного элемента с катодным материалом состава  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y\text{O}_{3-\delta}$  ( $x = 0.8, y = 0.3, 1.0$ ).

Результаты работы представлены на различных международных научных конференциях и опубликованы в высокорейтинговых научных журналах, отвечающих профилю диссертации (“Solid State Ionics”, “Journal of Solid State Chemistry”, “Журнал неорганической химии”), что в достаточной степени подтверждает их высокую актуальность, научную и практическую значимость.

Автореферат диссертации понятно написан и хорошо проиллюстрирован, что позволяет сделать полноценное заключение о диссертационной работе. По автореферату имеется ряд замечаний: 1) на с. 7 написано «...правильный тетраэдр...»; тетраэдр, являющийся одним из платоновых тел, неправильным быть не может; 2) на с. 11 приводится ссылка на работу [5], которая отсутствует в списке цитированной литературы; 3) непонятно, на основании чего на с. 16 говорится о переходе ионов

железа из состояния  $Fe^{3+}$  именно в состояние  $Fe^{4+}$ , а не в  $Fe^{5+}$  или  $Fe^{6+}$ ; 4) имеют ли какой-либо физический смысл коэффициенты  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$  в уравнении (3), выражающем температурную зависимость КТР исследованных материалов; 5) имело бы смысл привести в автореферате значения энергий активации проводимости исследованных оксидов. Кроме того, в тексте имеется ряд опечаток и стилистических неточностей. Сделанные замечания не затрагивают сути самой работы и не снижают хорошего впечатления о ней как о завершеном научном исследовании.

Анализ автореферата диссертации и списка опубликованных по теме диссертации статей и тезисов докладов позволяет сделать заключение о том, что по объему экспериментального материала, уровню обработки и анализа полученных результатов диссертация Ш.И.А. Элкалаши полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор вполне заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Клындюк Андрей Иванович

Доцент

Кафедра физической и коллоидной химии, факультет химической технологии и техники, Белорусский государственный технологический университет

Кандидат химических наук, доцент

02.00.04 – физическая химия

220006, Минск, ул. Свердлова, 13А, Белорусский государственный технологический университет

Тел.: +375 17 327 72 27

e-mail: [klyndyuk@belstu.by](mailto:klyndyuk@belstu.by), [kai\\_17@rambler.ru](mailto:kai_17@rambler.ru)

30.08.2017 г.



А.И. Клындюк

