**Влияние замещения кремния на железо на свойства  
силикатов лантана со структурой апатита**

***Лопатин М.Ю.1, Фёдорова А.А.1, Морозов И.В.1, Фёдорова Ю.Е.2,  
Еремеев Н.Ф.2, Капустин Г.И.3, Кнотько А.В.1, Максимов С.В.1,  
Егоров А.В.1, Шаталова Т.Б.1, Долженко В.Д.1, Васильев А.В.1,  
Беззубов С.И.4, Колесник И.В.1, Тедеева М.А.1, Садыков В.А.2***

*Студент, 6 курс специалитета*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,   
химический факультет, Москва, Россия*

*2Институт катализа имени Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия*

*3Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН, Москва, Россия*

*4Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН, Москва, Россия*

*E-mail:* [*maksim.lopatin@chemistry.msu.ru*](mailto:maksim.lopatin@chemistry.msu.ru)

Материалы на основе силикатов лантана со структурой апатита привлекают внимание исследователей, поскольку имеют высокую кислород-ионную подвижность [1]. Это позволяет применять их в качестве электролита для твёрдооксидных топливных элементов, а также носителей для катализаторов с высокой окислительно-восстановительной активностью, используемых в различных процессах, одним из которых является получение водорода методом паровой конверсии этанола [1,2]. Улучшить кислород-ионную подвижность можно за счёт допирования силикатов лантана, в частности железом, которое занимает позиции кремния. Целью нашей работы были синтез и исследование допированных железом силикатов лантана со структурой апатита, полученных с помощью темплатного золь-гель метода с введением железа различными способами, с нанесённым NiO.

Синтез проводили модифицированным золь-гель методом с использованием темплата. К предварительно частично гидролизованному в среде 0.1 М HNO3 тетраэтоксисилану добавлен водный раствор темплата, а также нитратов лантана(III) и железа(III) в случае введения железа на стадии гелеобразования (m(H2O):m(SiO2)=10). В качестве темплата использованы β-циклодекстрин и мочевина. На высушенные и отожжённые при 600 °C (4 ч) образцы недопированного силиката лантана пропиткой по влагоёмкости нанесён нитрат железа(III), после чего они были вновь отожжены при 600 °C (2 ч). На все образцы пропиткой по влагоёмкости нанесён нитрат никеля(II), после чего их отожгли при 600 °C (2 ч).

Получено четыре образца состава NiO/La9.33Si6-xFexO26-x/2 (ω(NiO)=6.3 вес. %, x = 0.5, 0.6, 0.9, 1.2), при синтезе которых железо введено на стадии гелеобразования, а также два образца состава NiO/Fe2O3/La9.33Si6O26 c n(Fe):n(Si) = 0.6:5.4 и 1.2:4.8, при синтезе которых железо вводилось методом пропитки по влагоёмкости. В работе изучалось влияние способа введения и количества введённого железа на свойства образцов, которые были исследованы методами термического анализа, РФА, СЭМ-РСМА, ПЭМ-РСМА, спектроскопии в ИК и УФ-видимом диапазоне, ЭПР, низкотемпературной сорбции N2 и изотопного обмена кислорода, а также были изучены магнитные свойства и каталитическая активность образцов в реакции паровой конверсии этанола.

*Работа выполнена при поддержке Программы развития МГУ, а также бюджетных проектов FWUR-2024-0033 и FWUR-2024-0038 ФИЦ Института катализа СО РАН.*

**Литература**

1. Sadykov V. et al. Doped Lanthanum Silicates with the Apatite Structure as Oxide-Ion Conducting Electrolytes: Synthesis, Characterization and Application for Design of Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cell // Lanthanum: Compounds, Production and Applications. NY: Nova Science Publishers, 2010. Vol. 42, № 46. P. 1–108.

2. Lopatin M.Y. et al. A new approach to lanthanum silicates with apatite structure synthesis using β-cyclodextrin // Colloids Surf., A. 2025. Vol. 708.