**Синтез катализаторов паровой конверсии этанола на основе силикатов лантана  
со структурой апатита**

***Лопатин М.Ю.1, Фёдорова А.А.1, Морозов И.В.1, Фёдорова Ю.Е.2, Капустин Г.И.3, Кнотько А.В.1, Шаталова Т.Б.1, Еремеев Н.Ф.2, Садовская Е.М.2, Садыков В.А.2***

*Студент, 5 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*

*E-mail: maksim.lopatin@chemistry.msu.ru*

Паровая конверсия этанола является основой будущей водородной энергетики, поэтому поиск катализаторов данной реакции представляет собой актуальную задачу. Одними из перспективных катализаторов данного процесса являются силикаты РЗЭ со структурой апатита. Целью нашей работы был синтез и исследование недопированного и допированных силикатов лантана со структурой апатита с нанесённым NiO.

Синтез проводили модифицированным золь-гель методом с использованием темплата. К предварительно частично гидролизованному в среде 0.1 М HNO3 тетраэтоксисилану был добавлен водный раствор темплата, а также нитратов лантана(III) и допирующих элементов (Al, Fe, Mg, Cu) (m(H2O):m(SiO2)=10). В качестве темплата были использованы β-циклодекстрин (β-CD) и мочевина (U), количество которых было рассчитано по формуле: , где m(β-CD):m(U)=1:3. На высушенные и отожжённые при 600 °C (4 ч) образцы пропиткой по влагоёмкости был нанесён нитрат никеля(II), после чего они вновь были отожжены при 600 °C (2 ч). В работе изучалось влияние замещения в позиции кремния на свойcтва образцов, которые были исследованы методами термического анализа, РФА, рентгеноспектрального микроанализа, низкотемпературной сорбции N2 и изотопного обмена кислорода, а также была изучена каталитическая активность образцов в реакции паровой конверсии этанола.



Было получено пять образцов состава NiO/La9.33Si5.5X0.5O26-δ (ω(NiO)=6.3 вес. %,   
X = Al, Fe, Mg, Cu, Al+Fe (мольное соотношение 1:1)), которые обозначены шифрами вида LXSO, где X отражает допирующий элемент (LASO, LFSO, LMSO, LCSO, LAFSO). Для сравнения также был получен образец состава NiO/La9.33Si6O26 с шифром LSO.

По результатам термического анализа, проведённого после сушки образцов, было установлено, что разложение протекает в несколько стадий примерно одинаково для всех образцов.

По результатам РФА установлено, что основной фазой является силикат лантана со структурой апатита La9.33Si6O26. Образцы LSO, LASO, LMSO, LCSO являются однофазными, а образцы LFSO и LAFSO содержат примесь LaFeO3.

По результатам РСМА было установлено, что содержания La и допирующих элементов соответствуют теоретическим значениям, а содержание Ni превышает теоретическое значение, что свидетельствует о концентрировании Ni на поверхности.

Анализ текстуры образцов методом низкотемпературной сорбции N2 показал, что они являются мезопористыми и обладают удельной площадью поверхности 7–12 м2/г.

Метод термопрограммированного изотопного обмена (ТПИО) с 18O2 показал, что для всех образцов наблюдался сходный характер обмена, причём обмен протекал по механизму R1 на центрах апатита и R2 на никелевых центрах. Также методом ТПИО с C18O2 продемонстрирована высокая кислородная подвижность образцов.

Образцы были испытаны в реакции паровой конверсии этанола. Образцы LSO, LASO, LFSO, LMSO, LAFSO работали стабильно с конверсией EtOH от 85 % до 100 % и выходом водорода от 55 % до 65 %. Наиболее эффективным оказался образец, содержащий железо.



*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-72-10034, бюджетного проекта FWUR-2024-0033 Института катализа имени Г.К. Борескова СО РАН и на оборудовании, приобретенном за счет средств Программы развития МГУ.*

