

Ивановский государственный химико-технологический университет  
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН  
Научный совет РАН по физической химии

*III Всероссийская научная конференция  
(с международным участием)  
«Актуальные проблемы теории и практики  
гетерогенных катализаторов  
и адсорбентов»*

(к 100-летию кафедр технологии неорганических веществ  
и физической и коллоидной химии  
Ивановского государственного химико-технологического университета)

*26 – 30 июня 2018 года*

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**  
**ТОМ 2**  
**СИНТЕЗ, ИССЛЕДОВАНИЕ**  
**И ТЕХНОЛОГИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ**  
**КАТАЛИЗАТОРОВ**

Иваново  
2018

УДК 536:544.723.2/544.47/544.72  
ББК 24.54 П75

ISBN 978-5-9616-0536-5

III Всероссийская научная конференция (с международным участием) «Актуальные проблемы теории и практики гетерогенных катализаторов и адсорбентов». 26 – 30 июня 2018 г. Иваново: Материалы конференции.– ФГБОУ ВО Иван. гос.хим.-технол. ун-т. Иваново. 2018. Т. 2 – 330 с.

В сборнике опубликованы тезисы и материалы докладов Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы теории и практики гетерогенных катализаторов и адсорбентов», прошедшей с 26 июня по 30 июня 2018 г в Костромской области, деревне Кузьминка, санаторий «Серебряный плес».

Тезисы опубликованы в авторской редакции

Ответственные за выпуск:

*Афинеевский А.В., Прозоров Д.А., Румянцев Р.Н.*

Подготовка материалов к печати:

*Афинеевский А.В.*

Дизайн обложки:

*Овцын А.А.*

ISBN 978-5-9616-0536-5

©ФГБОУ ВО Ивановский государственный  
химико-технологический университет, 2018

## ВЛИЯНИЕ НОСИТЕЛЯ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ В УСЛОВИЯХ ПЛАЗМЫ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

*Голубина Е.В., Маслаков К.И., Егорова Т.Б., Локтева Е.С.*

**Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,  
e-mail: golubina@kge.msu.ru**

Катализаторы, включающие нанесенные наночастицы металлов, являются весьма перспективными во многих процессах. Высокая дисперсность активного металла обеспечивает эффективность каталитических систем, рациональное использование дорогостоящего металла, а также новые свойства, отличные от грубодисперсных систем. Поскольку часто восстановление металла проводят газообразным водородом при повышенных температурах, вероятность агрегации образующихся частиц достаточно высока. Для низкотемпературного восстановления металлов часто используют  $\text{NaBH}_4$ , однако в этом случае остаточные количества Na и B могут негативно сказаться на каталитической активности.

В работе исследовали процесс восстановления PdO на поверхности ( $\text{ZrO}_2+10$  мольн.%  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ),  $\text{TiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в условиях низкотемпературной аргоновой плазмы тлеющего разряда. Плазмохимическую обработку проводили в зоне горения тлеющего разряда вакуумной проточной электро-разрядной установки в атмосфере аргона (давление Ar около 100 Па; 50 Гц; 200 мА; 1,3 кВ). Степень восстановления PdO контролировали методами температурно-программированного восстановления (ТПВ) и РФЭС. Размер и форму образующихся частиц Pd исследовали методом просвечивающей микроскопии высокого разрешения (ПЭМ ВР).

Долю окисленных состояний палладия определяли разложением Pd3d РФЭС спектров на соответствующие компоненты. Исследование образцов после обработки показало, что после 30 минут воздействия аргоновой плазмы в 2%Pd/ZrGaO<sub>x</sub> и 2% Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> доля восстановленного палладия составляет 86% и 88%, соответственно. Обработка 2% Pd/TiO<sub>2</sub> в течение 30 мин обеспечивает восстановление 58% палладия в образце.

Методом ПЭМ ВР установлено, что обработка предшественника катализатора низкотемпературной аргоновой плазмой тлеющего разряда приводит к формированию хорошо окристаллизованных наночастиц палладия размером от 3 до 55 нм. Микрофотографии образцов после 30 мин обработки представлены на Рис. 1.

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ НОСИТЕЛЯ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ Ni и Pd, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ  
ЛАЗЕРНОГО ЭЛЕКТРОДИСПЕРГИРОВАНИЯ**

*Голубина Е.В.<sup>1</sup>, Ростовщикова Т.Н.<sup>1</sup>, Локтева Е.С.<sup>1</sup>, Маслаков К.И.<sup>1</sup>,  
Кожевин В.М.<sup>2</sup>, Гуревич С.А.<sup>2</sup>, Явсин Д.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва,  
e-mail: golubina@kge.msu.ru

<sup>2</sup> Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе РАН,  
г. Санкт-Петербург

Разработка современных методов синтеза и исследования наноструктурированных катализаторов с ультранизким содержанием металла представляет актуальную фундаментальную научную задачу. Эффективным методом равномерного нанесения слоя наночастиц металла на носитель является лазерное электродиспергирование (ЛЭД). Метод позволяет варьировать степень заполнения носителя наночастицами металла при сохранении среднего размера частиц, что затруднено при использовании традиционных «мокрых» методов нанесения.

В работе сравнивали моно- и биметаллические Ni и Pd катализаторы, полученные осаждением наночастиц методом ЛЭД на  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и углеродный носитель Сибунит. Для детального исследования состава получаемых биметаллических частиц осаждение также проводили на Cu-сетку для ПЭМ. В качестве источника металла в методе ЛЭД использовали массивные Ni, Pd или сплав Ni<sub>77</sub>Pd<sub>23</sub> для получения моно- и биметаллических катализаторов, соответственно.

Каталитическую активность сравнивали в реакции окисления CO, которую проводили в импульсном микрокаталитическом реакторе со стационарным слоем катализатора в режимах последовательного повышения и понижения температуры реакции при стехиометрическом соотношении CO:O<sub>2</sub> = 2 (He, 1%CO+2%O<sub>2</sub>).

Методом ПЭМ-ЭДА установлено, что при использовании NiPd сплава в качестве мишени в методе ЛЭД на поверхность носителя осаждаются биметаллические частицы, средний размер которых составляет около 1 нм. Соотношение Ni/Pd в индивидуальных нанесенных частицах варьируется от 1.8 до 3.0. Исследование содержания металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии показало, что суммарное соотношение нанесенных металлов соответствует составу исходного сплава.

Электронное состояние металлов после нанесения на оксидный и углеродный носитель исследовали методом РФЭС (Таблица 1).

Установлено, что природа носителя оказывает существенное влияние на валентное состояние металлов в конечном катализаторе. Так, при нане-



## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ Ce-Zr МАРГАНЦЕМ НА ИХ АКТИВНОСТЬ В РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ СО

Каплин И.Ю., Шишова В.В., Локтева Е.С., Голубина Е.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Российская Федерация, г. Москва, e-mail: kaplinigormsu@gmail.com

Перспективными катализаторами окисления монооксида углерода являются системы  $CeZrO_x$  [1]. Дополнительная модификация оксидами переходными металлов позволяет расширить температурный интервал их работы. В качестве модификаторов могут быть успешно использованы оксиды марганца [2]. Способ введения Mn может влиять на объемную и поверхностную структуру Ce-Zr-Mn оксидных систем. Поэтому данная работа посвящена выявлению влияния способа приготовления на структурные и каталитические свойства модифицированных оксидов  $MnO_x-CeZrO_x$  в реакции окисления CO.

В работе приготовлены два типа оксидных систем  $MnO_x-Ce_{0.8}Zr_{0.2}O_2$ : (1) Mn-CZ – соосаждением солей-прекурсоров в присутствии темплата (бромид цетилтриметиламмония, СТАВ) и (2) Mn-CZ IM нанесением ацетата марганца на приготовленный способом (1) двойной оксид  $Ce_{0.8}Zr_{0.2}O_2$  (CZ). Далее полученные осадки сушили и прокаливали при 500°C в течение 3,5 ч (способ 1) или при 400°C в течение 2 ч (способ 2). Целевое содержание Mn в обеих системах составляло 8 масс.%. Каталитические испытания проводили в импульсном режиме, использовали газовую смесь 2 об. % CO, 1 об. % O<sub>2</sub> в He. Анализ продуктов реакции проводили методом ГЖХ (неподвижная фаза Porapak Q).

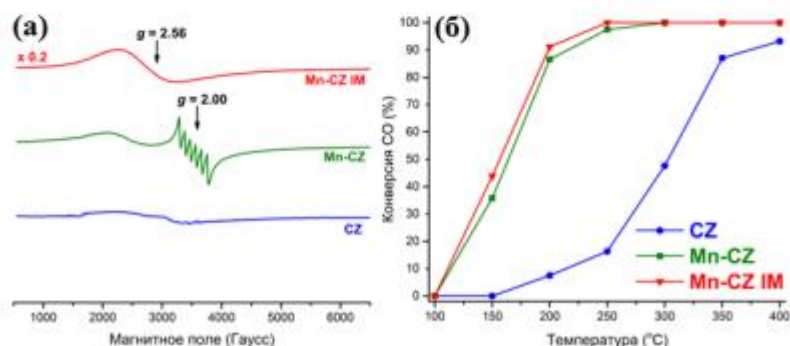


Рис. 1. (а) Кривые зависимости конверсии CO от температуры; (б) ЭПР спектры образцов

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА АКТИВНОГО ЦЕНТРА КОБАЛЬТ-УГЛЕРОДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ГИДРОДЕХЛОРИРОВАНИИ ХЛОРБЕНЗОЛА**

*Клоков С.В.<sup>1</sup>, Локтева Е.С.<sup>1</sup>, Голубина Е.В.<sup>1</sup>,  
Рябошанка Д.А.<sup>1</sup>, Минин А.С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Химический факультет, г. Москва, e-mail: servadklokov@gmail.com

<sup>2</sup>Институт физики металлов Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург

Каталитическое гидродехлорирование (ГДХ) – эффективный способ утилизации хлорорганических отходов благодаря отсутствию диоксинов среди продуктов и получению углеводородов для дальнейшего рецикла. Катализаторы на основе Pd и Ni высокоактивны в ГДХ, применение Co в литературе практически не исследовано. В настоящей работе проведено сравнение двух систем на основе кобальта и углерода (Co@C и Co/C) в ГДХ хлорбензола (ХБ).

Композит Co@C получали методом бесконтактной плавки Co в потоке инертного газа, содержащего углеводороды [1]. Композит Co/C получали пиролизом в инертной атмосфере опилок, пропитанных раствором Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Характеристики полученных катализаторов представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Характеристики композитов Co@C и Co/C

Композит	S <sub>в</sub> ет	d <sub>н</sub> , нм	Содержание Co, масс. %									
			ААС		РФЭС		СЭМ-ЭДС		ТПВ		Магнитометрия	
			Общее	Поверхн.	Поверхн.	Поверхн.	Окисл.	Окисл.	Восст.	Окисл.		
Co@C	62	7.3	79.13	73.06	30.63	4.0	78	7				
Co/C	261	3.9	1.31	1.70	1.98	-	-	1.36				

По данным ПЭМ, в образце Co@C преимущественно присутствуют частицы Co, покрытые графеновыми слоями. Однако имеется небольшая

доля частиц, частично покрытых и не покрытых углеродом, которые могут состоять из CoO. Co/C включает углеродную матрицу, содержащую в объеме частицы CoO размером 3–4 нм. По данным РФЭС, в Co@C содержится Co<sup>0</sup>. ТПВ профиль Co@C содержит пик с максимумом при 210 °С, он соответствует восстановлению Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> до CoO, и второй при 310 °С, связанный с восстановлением CoO до Co. Оба вызваны восстановлением небольшой доли частиц CoO, не покрытых углеродом. Объем поглощенного при ТПВ H<sub>2</sub> соответствует содержанию окисленного Co в Co@C не более 4 масс. % при общем содержании Co ~80 масс. %, что согласуется с данными магнитометрии (78% Co<sup>0</sup> и 7% окисленного Co). Рост намагниченности в результате восстановления CoO до Co происходит при 260 °С, что согласуется с данными ТПВ.

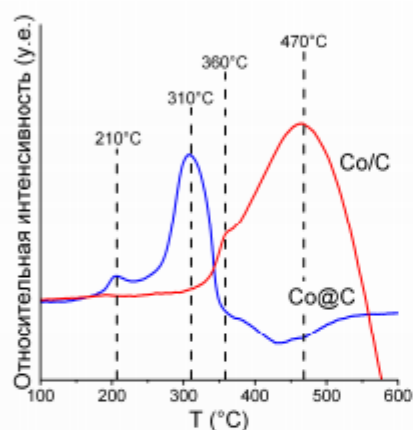


Рис. 1. Профили ТПВ композитов Co@C и Co/C

Каталитические свойства тестировали в парофазном ГДХ ХБ (подача H<sub>2</sub> 12 мл/мин, ХБ 0.01 ммоль/мин, 8 мг катализатора) в диапазоне температур 150–350 °С; Co/C испытывали сразу после синтеза и после 3 лет хранения на воздухе. Свежеприготовленный Co/C намного эффективнее (конверсия ХБ 85–90%), чем образец Co@C (менее 40%), несмотря на значительно меньшее содержание кобальта преимущественно в окисленном состоянии; наименее эффективен Co/C после хранения

По данным РФЭС, в Co/C содержится CoO. ТПВ профиль Co/C содержит небольшой пик при 360 °С, соответствующий восстановлению CoO до Co, и широкий пик при 470 °С, соответствующий взаимодействию углеродного носителя с H<sub>2</sub>. По данным магнитометрии, часть CoO в Co/C может восстанавливаться при 200–250 °С в изотермических условиях.

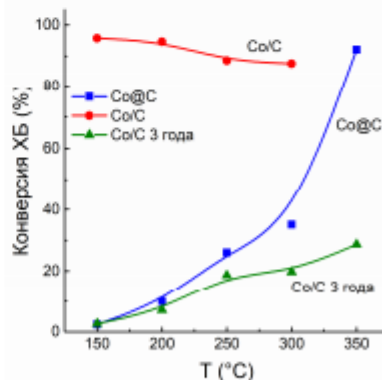


Рис. 2. Зависимость конверсии хлорбензола от температуры в присутствии Co@C и Co/C



**ГИДРОДЕХЛОРИРОВАНИЕ 1,3,5-ТРИХЛОРБЕНЗОЛА НА Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  
МОДИФИЦИРОВАННОМ ГЕТЕРОПОЛИСОЕДИНЕНИЕМ  
H<sub>8</sub>[Si(W<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sub>6</sub>]: ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ НОСИТЕЛЯ**

*Локтева Е.С.<sup>1</sup>, Голубина Е.В.<sup>1</sup>, Курбанова У.Д.<sup>2</sup>,  
Липатова И.А.<sup>3</sup>, Школьников Е.И.<sup>3</sup>*

- <sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, химический факультет, Россия, Москва, e.lokteva@gambler.ru  
<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, филиал в г. Баку, Азербайджан, Баку  
<sup>3</sup> Объединенный институт высоких температур РАН, Россия, г.Москва

Гидродехлорирование (ГДХ) хлорорганических соединений выгодно отличается от окислительных способов их утилизации: метод менее энергоемкий, не приводит к образованию более сильных экотоксикантов – полихлорированных дибензо-*p*-диоксанов и фуранов, известных как диоксины, и позволяет сохранить для повторного использования углеводородную составляющую перерабатываемых веществ. Палладийсодержащие катализаторы на углеродных носителях наиболее активны и стабильны в реакции [1], однако невысокие технологические параметры углеродных носителей (низкая прочность и плотность) заставляют продолжать поиск более подходящих носителей и эффективных модификаторов. Привлекательную альтернативу углеродным носителям представляет оксид алюминия, свойства которого можно регулировать за счет способов приготовления и добавления модификаторов, среди которых ранее отмечена перспективность гетерополисиоединений на основе вольфрама или молибдена [2].

В работе проведено сравнение каталитических систем 2 масс.% Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, приготовленных с использованием трех типов Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, из которых два получены на основе изопропоксида алюминия, один без прокаливания, второй – после прокаливания при 600 °С. В качестве образца сравнения применяли оксид алюминия производства фирмы Engelhard. Кроме того, в ходе приготовления еще трех образцов проведена обработка оксида алюминия гетерополикислотой H<sub>8</sub>[Si(W<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sub>6</sub>]6H<sub>2</sub>O, с последующим прокаливанием при 500 °С. Свойства и обозначения катализаторов представлены в табл. 1. После нанесения палладия пропиткой из водного раствора нитрата катализаторы прокаливали при 500 °С, затем восстанавливали в токе водорода при этой же температуре, и после охлаждения в токе водорода окисляли поверхность металлических частиц с помощью следов кислорода, присутствующих в техническом N<sub>2</sub>.

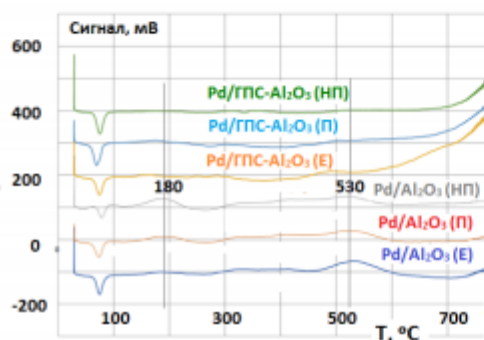
Каталитические свойства тестировали в мультифазном ГДХ 1,3,5-трихлорбензола (1,3,5-ТХБ) при 50 °С. Реакционная среда включала 1,3,5-ТХБ (0.35 ммоль), растворитель – изооктан, 10 %-ный водный раствор



КОН, катализатор межфазного переноса (Аликват 336, 0.26 ммоль),  $H_2$  и палладиевый катализатор (100 мг). Анализ продуктов проводили методами ГЖХ (Agilent6890N) и хромато-масс-спектрометрии (Trace DSQ-2).

**Таблица 1.** Обозначения катализаторов, содержание компонентов, текстурные и каталитические свойства в ГДХ 1,3,5-ДХБ

Образец	Тип $Al_2O_3$	Содержание ГПС, масс. %	$S_{ВЕТ}$ , $m^2/g$	$t_{50}$ , мин	$t_{30}$ , мин
Pd/ $Al_2O_3$ (E)	Engelhard	-	173	180	50
Pd/ $Al_2O_3$ (П)	Прокален 600°C	-	263	250	34
Pd/ $Al_2O_3$ (НП)	Непрокален	-	220	-	165
Pd/ГПС- $Al_2O_3$ (E)	Engelhard	20	177	62	15
Pd/ГПС- $Al_2O_3$ (П)	Прокален 600°C	20	241	105	8
Pd/ГПС- $Al_2O_3$ (НП)	Непрокален	20	215	176	31



**Рис. 1.** ТТТВ профили катализаторов

Исследование методом термопрограммированного восстановления (ТПВ) показало, что все образцы содержат восстанавливающийся уже при комнатной температуре PdO, о чем говорит присутствие пика разложения гидроксида палладия при 80°C, и прочно связанный с поверхностью PdO, который восстанавливается в интервале

180- 530 °C. Все катализаторы проявили активность в ГДХ 1,3,5-ТХБ (табл.1), основным продуктом был бензол, хотя в реакционной смеси наблюдались также дихлорбензол и хлорбензол. Модификация ГПС приводит к снижению содержания трудно восстанавливаемого PdO. Это обеспечивает улучшение каталитических свойств в ГДХ 1,3,5-ТХБ (табл.1). Так, в присутствии Pd/ $Al_2O_3$  (E) время достижения 50% конверсии снижается в три раза, в присутствии Pd/ $Al_2O_3$  (П) – в 2,5 раза. Отмечена дезактивация катализаторов в условиях реакции, причем наибольшую устойчивость к дезактивации имеет Pd/ГПС- $Al_2O_3$  (E).

*Работа поддержана Фондом Содействия Развитию Малых Форм Предприятий в Научно-Технической сфере (Фонд Содействия Инновациям), грант №1964ГС1/26836*

Литература:

- [1] Diaz E., Mohedano A.F., Casas J.A. et al// Catalysis Today. 2015. V.241. P.86–91  
 [2] Навалихина М.Д., Кавалерская Н.Е., Локтева Е.С. и др. // Журнал физической химии, т. 86, №11, с. 1792–1798

## КАТАЛИЗАТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ СО НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦЕРИЯ: ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ТЕМПЛАТА И МОДИФИКАЦИИ ЦИРКОНИЕМ, ОЛОВОМ, МАРГАНЦЕМ И МЕДЬЮ

**Локтева Е.С., Каплин И.Ю., Голубина Е.В., Тихонов А.В., Шишова В.В.**

**Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет, Россия, г. Москва, e-mail: e.lokteva@rambler.ru**

Катализаторы на основе оксида церия применяют в составе каталитических конвертеров отработавших газов двигателей внутреннего сгорания для окисления углеводородов и СО до СО<sub>2</sub>. Разработка эффективных усовершенствованных каталитических систем чрезвычайно перспективна в целях сохранения окружающей среды. Реакция окисления СО при низких температурах протекает по механизму Ленгмюра-Хиншельвуда на поверхности катализатора, способного адсорбировать и активировать СО и О<sub>2</sub>. При высоких температурах осуществляется механизм Марса-ван-Кревелена, в котором участвует подвижный кислород кристаллической решетки оксидного катализатора. В настоящей работе адсорбционные свойства, способность к активации СО и кислорода, а также подвижность кислорода решетки оксида церия модифицировали с помощью двух типов добавок: введением в кристаллическую решетку циркония или олова, а также добавлением в состав катализатора, кроме церия/олова, второго типа редокс-пары (Cu<sup>+</sup>/Cu<sup>2+</sup> или Mn<sup>2+</sup>/Mn<sup>3+</sup>). С целью создания благоприятной текстуры катализаторы в работе готовили двумя разновидностями темплатного метода, с использованием органического темплата ЦТАБ (бромид цетилтриметиламмония) или биологического темплата – древесных опилок, и сравнивали с двойными системами CeZrO<sub>x</sub> и CeSnO<sub>x</sub>, полученными методом осаждения в отсутствие темплата. С целью достижения высокой дефектности кристаллической структуры прокаливание проводили при температуре 500°C [1]. Соотношение Ce:Zr и Ce:Sn составляло 4:1, содержание MnO<sub>x</sub> 10 мольн.%, CuO 25 мольн.% в CuO-CeZrO<sub>x</sub> (опилки), 29 мольн.% CuO-CeZrO<sub>x</sub> (СТАБ) [2] и 19 мольн.% в CuO-CeSnO<sub>x</sub>.

**Таблица 1**

Темплат	CeZrO <sub>x</sub>		MnO <sub>x</sub> -CeZrO <sub>x</sub>		CuO-CeZrO <sub>x</sub>		CeSnO <sub>x</sub>		CuO-CeSnO <sub>x</sub>	
	S <sub>вет</sub>	T <sub>50</sub>	S <sub>вет</sub>	T <sub>50</sub>	S <sub>вет</sub>	T <sub>50</sub>	S <sub>вет</sub>	T <sub>50</sub>	S <sub>вет</sub>	T <sub>50</sub>
Опилки	45	225	86	170	93	<100 <sup>1</sup>	-	-	-	-
ЦТАБ	83	300	48	165	89	95	93	225	84	<100 <sup>2</sup>
Без тем- плата	116	400	-	-	-	-	31 <sup>3</sup>	370 <sup>3</sup>	Нет данных <sup>3</sup>	140 [3]

<sup>1</sup> 80% при 100°C; <sup>2</sup> 92% при 100°C.

Каталитические свойства катализаторов, приготовленных с использованием различных добавок и темплатов, тестировали импульсным микрокаталитическим методом при 100–400 °С с использованием стехиометрической реакционной смеси (2 об. % CO + 1 об. % O<sub>2</sub> + 97 об. % He). Температуры достижения 50 %-й конверсии CO в присутствии всех катализаторов приведены в табл. 1.

Видно, что использование обоих видов темплатов способствует расширению температурного интервала работы CeZrO<sub>x</sub> и CeSnO<sub>x</sub> в область низких температур. Использование биотемплата обеспечивает более существенное повышение конверсии CO на двойной системе CeZrO<sub>x</sub>, и меньшее на тройных оксидах, приготовленных в присутствии ЦТАБ. Более дешевый модификатор по сравнению с диоксидом циркония – оксид олова – включает металл с переменной валентностью, за счет этого полученный катализатор более эффективен в окислении CO.

Дополнительная модификация оксидами меди или марганца позволяет получить каталитические системы, которые окисляют CO при температурах менее 100 °С, т.е. способны заменить катализаторы на основе благородных металлов. Так, наиболее эффективный катализатор CuO-CeSnO<sub>x</sub> при 100 °С обеспечивает конверсию CO 92 %.

Детальное изучение приготовленных материалов методами РФЭС, температурно-программированного восстановления (ТПВ), РФА, КР- и ЭПР-спектроскопии, а также адсорбционными позволило выявить особенности структуры и определить соотношения Ce<sup>3+</sup>/Ce<sup>4+</sup>, Cu<sup>+</sup>/Cu<sup>2+</sup>, Mn<sup>3+</sup>/Mn<sup>4+</sup>, степень встраивания оксидов-модификаторов и содержание активного кислорода в кристаллической решетке. В частности, на основании наличия сверхтонкого расщепления в спектре ЭПР и изменения его интенсивности при обработке образца водородом удалось выявить встраивание ионов Mn<sup>2+</sup> и Mn<sup>3+</sup> в кристаллическую решетку CeZrO<sub>x</sub>. Установлено также, что степень встраивания марганца и меди в кристаллическую решетку двойных оксидов незначительна, а распределение рентгеноаморфных оксидных фаз по поверхности зависит от способа синтеза. На основании проведенных исследований предложены механизмы воздействия модификаторов на каталитические свойства.

*Работа выполнена при поддержке Государственной программы №АААА-А16-116061750194-5 «Катализ и физикохимия поверхности»*

Литература:

- [1] Каплин И.Ю., Локтева Е.С., Голубина Е.В., Маслаков К.И., Черняк С.А., Леванов А.В., Строкова Н.Е., Лунин В.В. // Журнал физической химии, 2016, том 90, №11, с. 1634–1642.
- [2] Kaplin I.Yu., Lokteva E.S., Golubina E.V., Maslakov K.I., Strokova N.E., Chernyak S.A., Lunin V.V. // RSC advances, 2017, v. 7, №81, p. 51359–51372.
- [3] Ayastuy J.L., Iglesias-Gonzalez A., Gutierrez-Ortiz M.A. // Chem. Eng. J. 2014. V. 244. P. 372–381.



И НАНОКЛАСТЕРОВ ОКСИДА МАГНИЯ: ДОПИРОВАНИЕ И ДЕФЕКТЫ СТРУКТУРЫ.....	79
Гарифзянова Г.Г., Храпковский Г.М. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА $Pt_2Os_3(CO)_{12}(PH_3)_2$ .....	80
Гасанова Ф.Ч., Ахмедова Д.В., Багиев В.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИРКОНИЙ-НИКЕЛЬ ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	81
Гахраманов Т.О., Мамедов С.Э., Ахмедов Э.И. КИСЛОТНЫЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОКРЕМНЕЗЕМНЫХ ЦЕОЛИТОВ В РЕАКЦИИ АЛКИЛИРОВАНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА ЭТАНОЛОМ.....	82
Т.В., Ямановская И.А., Агафонов А.В. ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МИКРО-МЕЗОПОРИСТЫХ КАРКАСНЫХ ГЛИКОЛЯТОВ ТИТАНА НА ИХ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ И СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	84
Гладышева Е.К., Кашеева Е.И. ЭНЗИМАТИЧЕСКИЙ ГИДРОЛИЗ БАКТЕРИАЛЬНОЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ.....	85
Готов А.П., Артемова М.И., Смирнова Е.М., Демихова Н.Р., Чудаков Я.А., Ставицкая А.В., Винокуров В.А. КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ ГИДРИРОВАНИЯ И ИЗОМЕРИЗАЦИИ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	87
Готов А.П., Вутолкина А.В., Занина А.В., Махмутов Д.Ф., Максимов А.Л., Караханов Э.А. БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ Ni-Mo-СУЛЬФИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ В ГИДРИРОВАНИИ МОДЕЛЬНЫХ СУБСТРАТОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ IN SITU ВОДОРОДА.....	89
Голосная М.Н., Никитина Н.А., Пичугина Д.А., Кузьменко Н.Е. ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА V-Ti КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИИ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ПРОПАНА.....	91
Голубина Е.В., Маслаков К.И., Егорова Т.Б., Локтева Е.С. ВЛИЯНИЕ НОСИТЕЛЯ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ В УСЛОВИЯХ ПЛАЗМЫ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА.....	93
Голубина Е.В., Ростовщикова Т.Н., Локтева Е.С., Маслаков К.И., Кожевни В.М., Гуревич С.А., Явсин Д.А. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ НОСИТЕЛЯ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ Ni и Pd, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО ЭЛЕКТРОДИСПЕРГИРОВАНИЯ.....	95
Гордиенко Ю.А., Ломоносов В.И., Пономарева Е.А., Синев М.Ю. КИНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ ОКИСЛЕНИИ C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub> УГЛЕВОДОРОДОВ.....	97
Гордина Н.Е., Прокофьев В.Ю., Борисова Т.Н. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АКТИВАЦИИ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА НИЗКОМОДУЛЬНЫХ ЦЕОЛИТОВ.....	99



<b>Знойко С.А., Каналов А.А., Михайлова А.И., Кузьмин И.А., Васьурин А.С., Майзлин В.Е., Шапошников Г.П. ОКТАЗАМЕЩЕННЫЕ ФТАЛОЦИАНИНЫ КОБАЛЬТА КАК КАТАЛИЗАТОРЫ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ</b> .....	122
<b>Золотарева Н.В., Кемельбаева Д.Р., Колоянц К.В., Сулибанова М.Х. КВАНТОВОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРИРОВАНИЯ И ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УНТ В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРОВ</b> .....	123
<b>Зульфугарова С.М., Алексерова З.Ф., Аскеров А.Г., Шакунова Н.В., Гулueva Л.А., Литвишков Ю.Н. МИКРОВОЛНОВЫЙ ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ФЕРРИТОВ Co и Ni</b> .....	125
<b>Иванец А.И., Рощина М.Ю., Прозорович В.Г., Паньков В.В. ВЛИЯНИЕ АДСОРБЦИИ ИОНОВ <math>Mn^{2+}</math>, <math>Co^{2+}</math>, <math>Ni^{2+}</math>, <math>Cu^{2+}</math> НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА <math>MgFe_2O_4</math></b> .....	127
<b>Иванов О.С., Васильев Ю.В., Платонов О.И. ЭФФЕКТЫ СТАРЕНИЯ АЛЮМООКСИДНОГО КАТАЛИЗАТОРА В РЕАКТОРЕ КЛАУСА</b> .....	130
<b>Иванова Н.М., Висурханова Я.А., Лазарева Е.С., Соболева Е.А. СТРОЕНИЕ И ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ АНИЛИНА И ОКСИДА МЕДИ</b> .....	132
<b>Илибаев Р.С., Аллагузин И.Х., Бодрый А.Б., Кутепов Б.И., Павлова И.Н. МИКРОСФЕРИЧЕСКИЙ КАТАЛИЗАТОР ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ХЛОРИРОВАНИЯ ЭТИЛЕНА</b> .....	134
<b>Кадомцева А.В., Воротынец А.В. МЕХАНИЗМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ГЕРМАНИЯ</b> .....	135
<b>Калмыков П.А., Магдалинова Н.А., Клюев М.В. ЖИДКОФАЗНОЕ ГИДРОДЕГАЛОГЕНИРОВАНИЕ НА ПАЛЛАДИЙСОДЕРЖАЩИХ НАНОАЛМАЗАХ В МЯГКИХ УСЛОВИЯХ</b> .....	136
<b>Каплин И.Ю., Шишова В.В., Локтева Е.С., Голубина Е.В. ВЛИЯНИЕ СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ Ce-Zr МАРГАНЦЕМ НА ИХ АКТИВНОСТЬ В РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ СО</b> .....	139
<b>Караваев А.А., Локтев А.С., Дедов А.Г., Моисеев И.И. НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРО-МЕЗОПОРИСТОГО КОМПОЗИТА MF1/MCM-41</b> .....	141
<b>Кахраманова Ш.И., Джалаладинов Ф.Ф., Мунишева М.К., Гахраманов Т.О., Абдуллаев А.С. СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДВУХВАЛЕНТНОГО МАРГАНЦА, ЦИНКА И КОБАЛЬТА С ТРИПТОФАНом</b> .....	143
<b>Кахраманова Ш.И., Джалаладинов Ф.Ф., Худавердиев Р.А., Гаджиев А.Ш., Гахраманов Т.О. СИНТЕЗ И СВОЙСТВА КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ АКТИВНЫМИ ЛИГАНДАМИ</b> .....	144
<b>Климов О.В., Будуква С.В., Носков А.С., Сименцова И.И., Андреева А.В., Федотов К.В., Кондрашев Д.О., Клейменов А.В., Кубарев А.П., Храпов Д.В. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РЕАКТИВИРОВАННОГО</b>	

КОБАЛЬТСОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИЗАТОРА ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА.....	146
Клоков С.В., Локтева Е.С., Голубина Е.В., Рябошапка Д.А., Минин А.С. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА АКТИВНОГО ЦЕНТРА КОБАЛЬТ-УГЛЕРОДНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ГИДРОДЕХЛОРИРОВАНИИ ХЛОРБЕНЗОЛА.....	148
Константинова Е.М., Гордина Н.Е., Прокофьев В.Ю. СИНТЕЗ НИЗКОМОДУЛЬНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ С УЛЬТРАЗВУКОЙ ОБРАБОТКОЙ.....	150
Корчагин О.В., Богдановская В.А., Трипачев О.В. КАТАЛИЗ РЕАКЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ/ВЫДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРАХ ДМСО И ТЕТРАГЛИМА.....	151
Косенко Н.Ф., Филатова Н.В., Егорова А.А., Родионова В.И. МИКРОВОЛНОВАЯ ОБРАБОТКА ПРЕКУРСОРОВ ДЛЯ СИНТЕЗА МАГНЕЗИОХРОМИТА И ГАНИТА.....	153
Краснов А.И., Шаронов Н.Ю., Лефедова О.В. ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ 2-ХЛОР-4-НИТРОАНИЛИНА НА МЕТАЛЛАХ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ.....	156
Красникова Т.В., Никитенко Д.В., Митченко С.А. КИНЕТИЧЕСКИЙ ИЗОТОПНЫЙ ЭФФЕКТ HCl/DCI КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО ГИДРОХЛОРИРОВАНИЯ АЦЕТИЛЕНА.....	157
Кузнецов И.Ю., Бухаркина Т.В., Вержичинская С.В., Горяинова Ю.А., Калачаров И.М. КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДА ПРИ ЕГО КИНЕТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ.....	159
Куликова М.В., Дементьева О.С., Иванцов М.И. УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЕ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ТРЕХФАЗНОГО СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША.....	161
Курсин М.Е., Лефедова О.В. ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ЖИДКОФАЗНОЙ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ 4-НИТРОАНИЛИНА, АЗОБЕНЗОЛА И 2-НИТРО-2'- ГИДРОКСИ-5'-МЕТИЛАЗОБЕНЗОЛА НА НАНЕСЕННЫХ ПАЛЛАДИЙ УГЛЕРОДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ 2- ПРОПАНОЛА С ДОБАВКАМИ КИСЛОТЫ И ОСНОВАНИЯ.....	163
Ларина Е.В., Курохтина А.А., Ярош Е.В., Лагода Н.А., Шмидт А.Ф. ВОЗМОЖЕН ЛИ ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИЗ В РЕАКЦИЯХ СОЧЕТАНИЯ АРИЛГАЛОГЕНИДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАЛЛАДИЙ- СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ?.....	164
Ларина О.М., Зайченко В.М., Малова О.В., Лищинер И.И., Вяткин Ю.Л. ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ СИНТЕЗА МЕТАНОЛА.....	166
Лебедев М.А., Румянцев Р.Н., Ильин А.А., Попов Д.С., Горинская В.А., Ужеская У.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННОГО КАТАЛИЗАТОРА КОНВЕРСИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА ВОДЯНЫМ ПАРОМ.....	168

<b>Лебедев М.Д., Гончаренко А.А., Румянцев Е.В., Латыпова А.Р., Кополова Е.А. ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ СУБМИКРОННЫХ ЧАСТИЦ КРЕМНЕЗЕМА В ГЕТЕРОГЕННОМ КАТАЛИЗЕ .....</b>	<b>169</b>
<b>Левашов П.А., Матольгина Д.А., Овчинникова Е.Д., Тишков В.И., Левашов А.В., Еремеев Н.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ЛИЗИСА ЖИВЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КЛЕТОК НА ПРИМЕРЕ ДЕЙСТВИЯ НАТИВНОГО И ИММОБИЛИЗОВАННОГО ЛИЗОЦИМА .....</b>	<b>172</b>
<b>Лефедова О.В. КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ РОЛЬ ПРИ РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ЖИДКОФАЗНОГО КАТАЛИЗА .....</b>	<b>174</b>
<b>Локтева Е.С., Голубина Е.В., Курбанова У.Д., Липатова И.А., Школьников Е.И. ГИДРОДЕХЛОРИРОВАНИЕ 1,3,5-ТРИХЛОРБЕНЗОЛА НА Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, МОДИФИЦИРОВАННОМ ГЕТЕРОПОЛИСОЕДИНЕНИЕМ H<sub>8</sub>[Si(W<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sub>6</sub>]: ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ НОСИТЕЛЯ .....</b>	<b>176</b>
<b>Локтева Е.С., Каплин И.Ю., Голубина Е.В., Тихонов А.В., Шишова В.В. КАТАЛИЗАТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ СО НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦЕРИЯ: ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ТЕМПЛАТА И МОДИФИКАЦИИ ЦИРКОНИЕМ, ОЛОВОМ, МАРГАНЦЕМ И МЕДЬЮ .....</b>	<b>178</b>
<b>Луценко А.С., Белинская Н.С., Францина Е.В., Иванчина Э.Д. ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗТОРА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ .....</b>	<b>180</b>
<b>Магдалинова Н.А., Клюев М.В. КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В РЕАКЦИЯХ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ .....</b>	<b>182</b>
<b>Магеррамов А.М., Мамедов С.Э., Керимли Ф.Ш. ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КАДМИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Н-УЛЬТРАСИЛА В РЕАКЦИИ ДИСПРОПОРЦИОНИРОВАНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА .....</b>	<b>184</b>
<b>Мамедов С.Э., Ахмедова Н.Ф., Мирзалиева С.Э., Исмаилова С.Б. ПРЕВРАЩЕНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ .....</b>	<b>186</b>
<b>Мамедова С.Г., Багиев В.Л. ОБ АКТИВНОСТИ БИНАРНЫХ ЦИНК-МЕДЬ ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИИ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭТАНОЛА .....</b>	<b>187</b>
<b>Маркова Е.Б., Швецов А.О., Михаленко И.И. КРЕКИНГ ПРОПАНА НА КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ В ВИДЕ ЛИТИЙ-НИКЕЛЬ-КОБАЛЬТАТОВ .....</b>	<b>189</b>
<b>Маркова М.Е., Степачёва А.А., Гавриленко А.В., Сульман Э.М., Косивцов Ю.Ю. РАЗРАБОТКА НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГРЕТОЙ ВОДЫ .....</b>	<b>191</b>
<b>Медведева С.А., Либерман Е.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОДИСПЕРСНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ MeO<sub>x</sub>/CeO<sub>2</sub> (где Me=Pt, Pd, Pt-Pd) .....</b>	<b>194</b>