



ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Новые каталитические процессы глубокой переработки углеводородного сырья и биомассы

2–6 октября 2023 / Красноярск, Россия



СБОРНИК ТЕЗИСОВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского
отделения Российской академии наук»

Российский научный фонд

Новые каталитические процессы глубокой переработки углеводородного сырья и биомассы

Седьмая школа молодых учёных

2 – 6 октября 2023 г.

Красноярск, Россия

Сборник тезисов

УДК 544.47
ББК Л54 + Л292
Н 766

Н 766 **Новые каталитические процессы глубокой переработки углеводородного сырья и биомассы. Седьмая школа молодых учёных [Электронный ресурс]:** сборник тезисов (2 – 6 октября, 2023 г., Красноярск, Россия)
– Новосибирск: Институт катализа СО РАН, 2023.
– ISBN 978-5-906376-51-0
– URL: <http://conf.nsc.ru/sconf-2023/ru>

В надзаг.:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского
отделения Российской академии наук»
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского
отделения Российской академии наук»
Российский научный фонд

Сборник включает тезисы пленарных лекций, устных и школьных докладов.

Тематика школы-конференции охватывает различные аспекты глубокой переработки органического (нефтегазового, угольного, растительного) сырья, включая:

- получение и подготовку сырья;
- исследование состава растительного сырья;
- разработку и исследование катализаторов;
- разработку и изучение новых каталитических процессов переработки сырья;
- применение физических воздействий для переработки сырья;
- использование физических методов для изучения катализаторов и процессов переработки сырья;
- разработку технологических основ процессов глубокой переработки органического сырья и др.

УДК 544.47
ББК Л54 + Л292

ISBN 978-5-906376-51-0

© Институт катализа СО РАН, 2023

Организаторы

- ФИЦ Институт катализа СО РАН
- ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН
- Сибирский федеральный университет
- Российский научный фонд
- Институт химии и химической технологии СО РАН



ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА
им. Г.К. БОРЕСКОВА



Красноярский
научный центр СО РАН



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Российский
научный
фонд



Институт химии и
химической технологии
СО РАН

Научный руководитель школы молодых ученых:

Председатель СО РАН

Академик РАН **Пармон Валентин Николаевич**

Институт катализа СО РАН, Новосибирск

Научная программа школы включает в себя:

пленарные лекции (45 минут) и устные доклады (15 минут).

Язык конференции - русский.

Школа проводится под эгидой 300-летия Российской академии наук



Научный комитет:

Председатель: **Таран Оксана Павловна**

д.х.н., профессор РАН, ИХХТ СО РАН, Красноярск

Горбунова Юлия Германовна

д.х.н., профессор, академик РАН, ИОНХ РАН, Москва

Калмыков Степан Николаевич

д.х.н., профессор РАН, академик РАН, МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

Носков Александр Степанович

д.т.н., профессор, член-корр. РАН, ФИЦ Институт катализа СО РАН, Новосибирск

Белкова Наталия Викторовна

д.х.н., профессор РАН, ИНЭОС РАН, Москва

Ростовщикова Татьяна Николаевна

д.х.н., доцент, МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

Степанов Александр Григорьевич

д.х.н., доцент, ФИЦ Институт катализа СО РАН, Новосибирск

Тарабанько Валерий Евгеньевич

д.х.н., профессор, ИХХТ СО РАН, Красноярск

Баранов Владимир Николаевич

к.т.н., директор ИЦМ СФУ, Красноярск

Барышев Руслан Александрович

к.ф.н., проректор по научной работе СФУ, Красноярск

Бухтияров Андрей Валерьевич

к.х.н., ЦКП «СКИФ», Новосибирск

Организационный комитет

Председатель: **Таран Оксана Павловна**

д.х.н., профессор РАН, ИХХТ СО РАН, Красноярск

Маляр Юрий Николаевич

к.х.н., доцент, ИХХТ СО РАН, Красноярск

Громов Николай Владимирович

к.х.н., ФИЦ Институт катализа СО РАН, Новосибирск

Зайцева Юлия Николаевна

к.х.н., ИХХТ СО РАН, Красноярск

Казаченко Александр Сергеевич

к.х.н., ИХХТ СО РАН, Красноярск

Левданский Александр Владимирович

к.х.н., ИХХТ СО РАН, Красноярск

Боровкова Валентина Сергеевна

ИХХТ СО РАН, Красноярск

Мирошникова Ангелина Викторовна

к.х.н., ИХХТ СО РАН, Красноярск

Ионин Владислав Александрович

ИХХТ СО РАН, Красноярск

Катализаторы $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ в неокислительном дегидрировании пропана: влияние введения CeO_2 на каталитические свойства

Городнова А.В., Каплин И.Ю., Локтева Е.С., Исайкина О.Я., Маслаков К.И., Голубина Е.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия

agorodnova6@gmail.com

Каталитическое дегидрирование пропана – перспективный метод синтеза пропилена, который является важным сырьем для полимерной промышленности, и возможный путь получения водорода – экологически безопасного энергоносителя. На сегодняшний день в промышленности широко используются системы на основе частиц Pt или CrO_x , нанесенных на Al_2O_3 . Платиновые катализаторы дорогие и недолговечные, а высокое содержание хрома в системах может представлять угрозу для здоровья человека из-за наличия токсичных соединений Cr^{+6} . Перспективными катализаторами в процессе дегидрирования пропана (ДГП) являются структурно-модифицированные системы на основе ZrO_2 и SiO_2 , содержащие небольшие количества CrO_x в качестве активного компонента [1]. Можно предположить, что, из-за легкости протекания окислительно-восстановительных реакций на поверхности CeO_2 , введение его в состав катализаторов ДГП позволит добиться лучшей стабильности [2].

В настоящей работе исследованы каталитические свойства в ДГП смешанных оксидных систем $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ ($y\text{CrZrSi}$, где y – массовое содержание Cr_2O_3), $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ (CeZrSi_x , где x – мольное соотношение ($\text{Ce}+\text{Zr}$) и кремния), и $\text{CeO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$, синтезированных с использованием темплата СТАВ. В образцах $y\text{CrZrSi}$ $y = 4, 7$ или 9 масс.%, а мольное соотношение активных металлов ($\text{Cr}+\text{Zr}$) и кремния составляло 0.8 . Содержание Cr в модифицированных диоксидом церия образцах было одинаковым и составило около 6 масс.%. В CeZrSi_x и CrCeZrSi_x значения $x = 1, 2$ или 4 , в то время как соотношение $\text{Ce}:\text{Zr}$ оставалось постоянным и составляло $1:3$. Каталитическую активность образцов исследовали в реакции ДГП на установке УЛКат-1 (УНИСИТ, Россия), работающей в проточном режиме, при температуре 550°C . Состав реакционной смеси: 40 об.% C_3H_8 , 60 об.% N_2 , скорость потока – 30 и 20 мл/мин. Анализ продуктов проводили методом газовой хроматографии (Кристалл-5000.2, Хроматэк, Россия), применяли колонку HP-PLOT “ Al_2O_3 ”-S (Agilent, США). В процессе ДГП образец 9CrZrSi с наибольшим содержанием хрома продемонстрировал лучшие каталитические свойства, поэтому синтез модифицированных CeO_2 систем был проведен с расчетным содержанием Cr_2O_3 , соответствовавшим его содержанию в наиболее активном образце (9 масс.%).

В ходе каталитических испытаний установлено, что церий оказывает промотирующее действие на активность в начальный период работы катализаторов. Наибольшие значения конверсии достигаются в присутствии образца CrCeZrSi_2 (93%). Системы CrCeZrSi_x демонстрируют высокую селективность по пропилену, максимальные значения которой достигаются в присутствии CrCeZrSi_4 . На начальных этапах скорости образования пропилена в присутствии CrCeZrSi_x выше, по сравнению с немодифицированным образцом 9CrZrSi . По мере нахождения в потоке реакционной смеси все системы постепенно дезактивируются и

скорости образования C_3H_6 стремятся к предельным значениям. В наименьшей степени дезактивация наблюдается для образцов CrCeZrSi_1 и 9CrZrSi (Рис. 1, а).

На ТПВ профилях систем CeZrSi наблюдается пик при 500–650°C связанный с восстановлением SeO_2 . Добавление Cr приводит к смещению данного сигнала в область более низких температур (480°C), что свидетельствует о сильном взаимодействии диоксида церия с оксидами хрома. Модифицирование системы CrZrSi диоксидом церия приводит к уменьшению удельной площади поверхности примерно вдвое с сохранением мезопористой структуры образцов. По данным РФА, содержащие церий системы имеют более высокую степень кристалличности, по сравнению с уCrZrSi. В спектрах комбинационного рассеяния модифицированных SeO_2 образцов наблюдается интенсивная F_{2g} линия кубического SeO_2 . В образцах CrCeZrSi_x до проведения каталитических испытаний также присутствуют гораздо менее интенсивные полосы, относящиеся к оксидам Cr^{3+} и Cr^{6+} . В КР спектрах образцов после 200 минут нахождения в потоке реакционной смеси (ас_CrCeZrSi_x и ас_9CrZrSi) появляются линии, относящиеся к различным формам углерода, а полосы в области 500-800 cm^{-1} , относящиеся к соединениям Cr^{3+} , становятся менее интенсивными. В образцах ас_CrCeZrSi_1 и ас_9CrZrSi отсутствуют линии, характерные для соединений Cr^{6+} (Рис. 1, б). Вероятно, в этих образцах происходит более полное восстановление хрома до активной формы Cr^{3+} , в результате чего данные системы дезактивируются в меньшей степени.

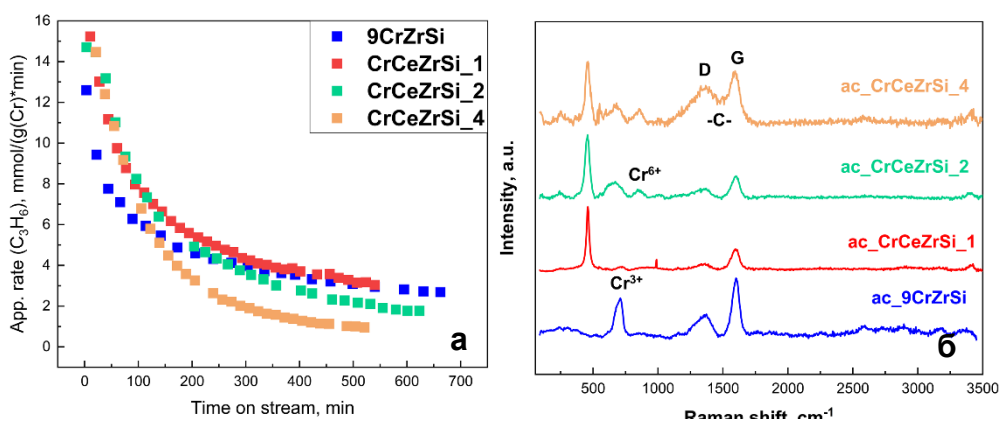


Рис. 1. Сравнение скоростей образования C_3H_6 в присутствии CrCeZrSi_x и 9CrZrSi (а);

Спектры комбинационного рассеяния образцов после катализа (б).

Системы CrCeZrSi_x являются активными в неокислительной дегидрировании пропана и демонстрируют высокую селективность по пропилену. SeO_2 оказывает промотирующее действие на катализаторы $Cr_2O_3-ZrO_2-SiO_2$ в начальный период реакции ДГП, однако не влияет существенно на их стабильность.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 22-23-00445 с использованием оборудования, приобретенного по Программе развития Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Литература:

- [1] E.V. Golubina, I.Yu. Kaplin, A.V. Gorodnova, E. S. Lokteva, O.Ya. Isaikina, K.I. Maslakov // *Molecules*. 2022. V. 27. P. 6095.
- [2] T.T. Miki, M. Ogawa, N. Haneda, A. Kakuta, S. Ueno, S. Tateishi, M. Matsuura // *J. Phys. Chem.* 1990. V. 94. P. 6464.

Научное издание

**НОВЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И БИОМАССЫ**

Седьмая школа молодых учёных
2-6 октября, 2023 г., Красноярск, Россия

Сборник тезисов

Под ред. академика В.Н. Пармона, д.х.н. О.П. Таран

Тезисы докладов опубликованы в представленном авторами виде,
ответственность за содержание тезисов остаётся за авторами

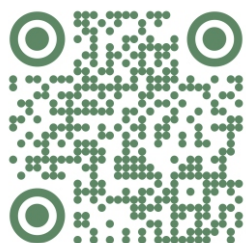
Составитель: Суворова М.С.
Компьютерная обработка: Суворова М.С., Макаренко Д.А.
Обложка: Иммен А.Р.

Издатель:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской
академии наук»
630090, Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 5, ИК СО РАН
<http://catalysis.ru>
E-mail: bic@catalysis.ru Тел. (383) 330-67-71

Электронная версия: <http://conf.nsc.ru/sconf-2023/ru/>
Издательский отдел Института катализа СО РАН
E-mail: pub@catalysis.ru Тел. (383) 326-97-15

Объём: 7,9 Мб. Подписано к размещению: 28.09.2023
Адрес размещения: <http://conf.nsc.ru/sconf-2023/ru/>
Системные требования: i486; Adobe Reader (чтение формата PDF)
ISBN 978-5-906376-51-0



Сайт школы