

ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ КАТАЛИЗА В РАБОТЕ 23-го МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ (CHISA-2018) И 21-й КОНФЕРЕНЦИИ ПО ИНТЕГРАЦИИ, МОДЕЛИРОВАНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И УМЕНЬШЕНИЯ ВЫБРОСОВ (PRES 2018)

© 2018 г. Э.М. Сульман, А.А. Степачёва, О.В. Манаенков, А.М. Сульман,
В.Г. Матвеева, М.Г. Сульман

Тверской государственный технический университет

Совместная работа 23-го Международного конгресса по химической технологии и 21-й Конференции по интеграции, моделированию и оптимизации процессов для энергосбережения и уменьшения выбросов, которые проводились с 25 по 29 августа 2018 г. в Праге, позволила участникам ознакомиться с последними достижениями химической технологии, биотехнологии и катализа. В работе совмещенного мероприятия приняли участие около 700 ученых из 64 стран Европы, Азии, Северной и Южной Америки. Участники Конгресса представляли ведущие научно-исследовательские организации, университеты и промышленные лаборатории. Программы Конгресса и Конференции включали более тысячи докладов, посвященных современным разработкам в области нефтепереработки, переработки возобновляемого сырья, производства продуктов и полупродуктов тонкого химического синтеза, биокатализа, оптимизации и интенсификации промышленных процессов, в том числе более ста работ в области катализа.

Одна из ключевых лекций, представленная *E. Epelde* (Испания), была посвящена синтезу и изучению катализатора на основе цеолита HZSM-5. Как известно, цеолитные катализаторы проявляют высокую активность в процессах конверсии C_{4+} -олефинов до пропилена. Основным недостатком использования алюмосиликатных материалов является их быстрая деактивация за счет зауглероживания поверхности. Авторы предложили способ температурной обработки промышленного цеолита с соотношением $SiO_2 : Al_2O_3 = 30$. При нагревании образцов алюмосиликата в закрытом автоклаве до температуры выше 300 °C, связанная вода, содержащаяся в цеолите,

служит деалюминирующим агентом. За счет подобной модификации снижается кислотность материала, увеличивается объем мезопор, при этом удельная площадь поверхности меняется незначительно. Для приготовления катализатора модифицированный цеолит смешивали с бентонитовой глиной и $\gamma-Al_2O_3$. Полученный композит представлял собой систему с тремя уровнями пористости: микропористый цеолит, мезо- и макропористый наполнитель (бентонит + оксид алюминия). При тестировании полученных катализаторов в процессе крекинга бутена-1 было выявлено, что увеличение температуры обработки цеолита приводит к незначительному снижению конверсии бутилена, однако селективность к этилену и пропилену значительно возрастает. Температурная обработка цеолита также позволяет уменьшить снижение каталитической активности при длительном использовании катализатора (1 % снижения активности против 12 % для исходного цеолита).

Исследования в области каталитической переработки вакуумного газойля были представлены в докладах *E. Rodrigues* (Португалия), *E. Epelde* и *F.J. Vela* (Испания). Авторы исследовали совместную гидроконверсию газойля и пиролизных масел, полученных при переработке автомобильных покрышек. В докладах было отмечено, что добавление к вакуумному газойлю пиролизного масла при использовании Со- и Ni-содержащих катализаторов, нанесенных на цеолиты, увеличивает выход этилена, пропилена и изобутана — продуктов крекинга углеводородной смеси, снижая при этом образование изопарафинов и ароматических углеводородов. Кроме того, было отмечено резкое снижение содержания серы и кислорода в

полученных продуктах за счет протекания реакций гидродесульфирования и гидродеоксигенирования. Авторы отметили, что подобный подход позволит интенсифицировать процессы нефтепереработки с целью производства топлив, соответствующих современным стандартам.

Еще одна ключевая лекция по изучению влияния структуры, кислотности и микропористости цеолитных катализаторов на селективность в синтезе фармакологически активных соединений была представлена *N. Kumar* (Финляндия): сотрудниками университета Abo Akademy были исследованы протонированные формы цеолитов H-USY-80, H-USY-15, H-USY-12, H-ZSM-5-23, H-ZSM-5-80 и Fe-H-Beta-150. Эти каталитически активные материалы различаются по структуре, распределению пор по размерам, а также по кислотности. Изучение каталитической активности цеолитов проводилось в процессе изомеризации оксида вербенола до транс-диолюв — противосудорожных и обезболивающих препаратов. Было отмечено, что наибольшую каталитическую активность проявляют цеолиты с высокой концентрацией льюисовских и бренстедовских кислотных центров на поверхности (H-USY-80, H-USY-15 и H-USY-12). Эти катализаторы отличаются большой площадью поверхности и широкими порами. Также большую роль в активности отмеченных цеолитов в изомеризации оксида вербенола играет наличие тетраэдрического алюминия в структуре трехмерной сетки алюмосиликата.

Особый интерес слушателей вызвали доклады в области исследования катализаторов на основе благородных металлов. *R. Pečinka* и *P. Boutikos* (Чехия) представили работы по использованию Pt/Al₂O₃ и Pd/Al₂O₃ в окислении CO и NO_x в присутствии пропилена. Представленные исследования показали высокую эффективность и чувствительность Pt/Al₂O₃-катализатора в окислении монооксидов азота и углерода в автомобильных двигателях в присутствии C₃H₆ по сравнению с Pd/Al₂O₃. Доклад *K. Hiebler* (Великобритания) был посвящен разработке Pd-стабилизированных Pickering-эмульсий в синтезе фармакологически активных соединений в процессах кросс-сочетаний. Была отмечена способность Pickering-эмульсий, включающих палладийсодержащие частицы, увеличивать межфазную площадь поверхности для каталитических реакций, что позволяет интенсифицировать процессы, проходящие в проточных микрореакто-

рах. В докладе *H. Grénman* сообщалось о результатах совместного исследования специалистов из Финляндии, Италии и Германии по использованию Ru-катализаторов в получении фруктозы и ксилозы из инулина и ксилана. Эти катализаторы показали высокую эффективность и стабильность рутенийсодержащих цеолитных систем как в периодическом, так и в проточном режиме. Рутениевые катализаторы, нанесенные на оксиды титана и циркония, были представлены *O.U. Valdés-Martínez* (Мексика). Композиты показали высокую эффективность в реакции гидродеоксигенирования фенолов с высоким выходом ароматических углеводородов.

Большое количество докладов было посвящено катализу в переработке биомассы в жидкое моторное топливо. Свои разработки в данной области представили, в частности, ученые Тверского государственного технического университета. В докладах *О.В. Магнаенкова* и *А.М. Сульман* сообщалось о палладий- и рутенийсодержащих катализаторах, нанесенных на полимерную матрицу сверхсшитого полистирола, которые показали высокий выход целевых продуктов (низкомолекулярных диолов и ароматических углеводородов) при гидропереработке инулина и лигнина. Была отмечена высокая стабильность данных катализаторов в переработке лигноцеллюлозной биомассы. Доклад, посвященный гидротермальному синтезу никелевого катализатора, представила *А. Степачева*. Полимерстабилизированная никельсодержащая система, синтезированная в среде перегретой воды, показала высокую активность и эффективность в деоксигенировании жирных кислот в среде сверхкритического гексана. Было отмечено, что гидротермальный метод позволяет получать катализаторы с высокой дисперсностью и равномерным распределением частиц активной фазы, при этом практически не изменяя площадь поверхности полимерного носителя.

Участникам совместных мероприятий была предоставлена возможность ознакомиться с новинками научно-технической литературы, представленной на стенде издательства DeGruyter, программного и аппаратного обеспечения, представленных на стендах таких производителей научного оборудования, как Chemstations, Bruker, PerkinElmer, NETZSCH, Q-Lab Corporation и др. Также для участников Конгресса были организованы встречи с редакторами высокорейтинговых журналов, выпускаемых в издательствах Elsevier и JohnWiley.