

белковой природы. Исследованы влияния pH, температуры, природы и концентрации фоновых электролитов на сорбцию желатина из модельных растворов. Показано, что максимальная сорбционная емкость по желатину достигается при pH = 4,5.

Полученные результаты указывают на потенциальную возможность использования сорбента из березового луба в качестве подложки для иммобилизации ферментов и микроорганизмов.

Литература

1. *Лысогорская Е.Н., Рослякова Т.В., Беляева А.В.* и др. Получение и биокаталитические свойства трипсина, иммобилизованного на криогеле поливинилового спирта // Прикладная биохимия и микробиология. 2008. Т. 44. № 3. С. 270.
2. *Коваленко Г.А., Перминова Л.В., Сапунова Л.И.* Гетерогенные биокатализаторы для получения сахаристых крахмалопродуктов — патоки и сиропов разного углеводного состава // Катализ в промышленности. 2010. № 2. С. 61.
3. *Артемьев А.В., Попов В.О., Королева О.В.* и др. Перспективы использования ферментативного катализа в текстильной промышленности // Катализ в промышленности. 2006. № 1. С. 42.
4. *Максимова Ю.Г., Демаков В.А., Максимов А.Ю., Овечкин Г.В.* Каталитические свойства нитрилгидратазы, иммобилизованной на оксидах алюминия и углеродсодержащих адсорбентах // Прикладная биохимия и микробиология. 2010. Т. 46. № 4. С. 416.
5. *Клабуновский Е.И.* Последние достижения в применении каталитического асимметрического синтеза в практической медицине и агрохимии // Катализ в промышленности. 2006. № 4. С. 52.
6. *Пирог Т.П., Шевчук Т.А., Волошина И.Н., Грегирчак П.Н.* Использование иммобилизованных на керамзите клеток нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки воды от нефти // Прикладная биохимия и микробиология. 2005. Т. 41. № 1. С. 58.
7. *Коваленко Г.А., Перминова Л.В., Плаксин Г.В.* и др. Иммобилизованные дрожжевые мембраны как биокатализаторы процесса инверсии сахарозы // Прикладная биохимия и микробиология. 2005. Т. 41. № 4. С. 454.
8. Пат. 2311954 (РФ). Энтеросорбент и способ его получения / С.А. Кузнецова, М.Л. Щипко, Б.Н. Кузнецов и др. 2007.
9. *Веприкова Е.В., Кузнецова С.А., Скворцова Г.П., Щипко М.Л.* Свойства и применение сорбционных материалов из луба коры березы // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2008. № 3. С. 286.
10. *Полюдек-Фабини Р., Бейрих Т.* Органический анализ. Л.: Химия, 1981.
11. *Джэйлс Ч., Ингрэм Б., Ключи Дж.* и др. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел / Под ред. Г. Парфита, К. Рочестера. М.: Мир, 1986.

УДК 544.47

«ХИМРЕАКТОР» НА ДУНАЕ

© 2011 г. **А.С. Носков**

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск

5–9 сентября 2010 в Вене прошла XIX Международная конференция по химическим реакторам «Химреактор-19». Конференция была включена в план мероприятий Европейской Федерации по химическим технологиям. Основным организатором конференции традиционно стал Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН. Соорганизаторами выступили Российский центр науки и культуры (РЦНК)

Носков А.С. – докт. хим. наук, профессор, зам. директора по научной работе ИК СО РАН. E-mail: noskov@catalysis.ru.

в Вене, Федеральное агентство «Россотрудничество», Министерство образования и науки Российской Федерации, Научный совет по теоретическим основам химической технологии РАН и Научный совет по катализу ОХНМ РАН.

Конференция «Химреактор» имеет глубокие традиции, восходящие к Всесоюзным совещаниям по моделированию химических реакторов 1960-х гг. Она проводится раз в два года в крупных научных, производственных и культурных центрах мира. XIX Международную конференцию по химическим реакторам решили провести в Вене.



Современные знания каталитических процессов и реакторов являются базовыми в химическом и нефте-химическом секторах промышленности, создают основу экологически безопасных технологий, способствуют развитию химических методов продуктивного использования возобновляемого природного сырья. Конференция «Химреактор-19» собрала более 200 известных в мире специалистов, половину их числа составили представители российской науки и производства, другую — участники конференции из 37 стран мира. Научная программа конференции включала шесть пленарных и семь ключевых лекций, 70 устных и 100 стендовых докладов.

На конференции «Химреактор-18» было решено учредить научную лекцию имени проф. М.Г. Слинько — основателя конференции, бессменного ее руководителя до 2003 г. и почетного Председателя до 2008 г. Право чтения лекции получают известные ученые, достигшие крупных результатов в области математического моделирования химических процессов и реакторов. Профессор Ю. Матрос (компания «Matros Technologies», США), один из учеников М.Г. Слинько, открыл конференцию «Химреактор-19» первой посвященной М.Г. Слинько лекцией на актуальную во все времена тему «Как разработать оптимальный каталитический реактор?», еще раз показавшей богатство творческого наследия М.Г. Слинько и роль созданной им научной школы. Лектор, осветив научную биографию М.Г. Слинько, отразил состояние современных исследований в развитие его идей в области математического моделирования каталитических процессов, проблем нелинейной динамики каталитических процессов и реакторов, показал сложный, многоуровневый и мультидисциплинарный характер задачи создания оптимальных реакторов, проанализировал основные достижения и причины неудач на этом пути.

Пленарные лекции носили обзорный характер и отражали ключевые направления, которые легли в основу научной проблематики конференции. Директор Института мембранных технологий из Италии профессор Л. Джорно отразила в своей лекции состояние разработок мембранных реакторов, перспективы их использования в се-

парации газов, при переработке сточных вод, в пищевой промышленности и в медицине. Мембранные биореакторы и основанные на них биотехнологии особенно привлекательны с экологической точки зрения. Кроме того, применение мембранных реакторов хорошо вписывается в общую идеологию концепции устойчивого развития.

В области создания новых перспективных типов химических реакторов особый интерес представляют многофункциональные устройства. Именно этому вопросу была посвящена лекция профессора Я. Схаутена (Эйндховенский технологический университет, Нидерланды). Он начал с краткого экскурса в историю создания многофункциональных микрореакторов и показал связь между микрореакторами и контактными устройствами с набором вращающихся дисков. Благодаря хорошему перемешиванию газовой смеси, в таких устройствах достигаются высокие коэффициенты тепло- и массообмена, что позволяет резко увеличить производительность и селективность катализатора по сравнению с традиционными реакторами.

Доктор Х. Ститт (фирма «Johnson Matthey», Великобритания) высказал интересные идеи проведения многофазных каталитических процессов в реакторах, структурированных в масштабе 0,5–5 мм. Микроканальные и монолитные системы такого типа позволяют улучшить смешение, интенсифицировать перенос тепла и массы, что позволит преодолеть снижение производительности реакторов с мешалками при масштабном переходе. Лектор привлек внимание к проблемам поиска новых областей применения структурированных многофазных реакторов, в которых их уникальные свойства могут проявиться наиболее ярко.

Директор Института проблем переработки углеводородов СО РАН, член-корреспондент РАН В. Лихолобов (Омск, Россия) показал, что разные формы наноструктурированных углеродных материалов: фуллерены, луковичные структуры, нанотрубки, нанонити, графены и др. могут стать основой для индустрии наноматериалов. В своей пленарной лекции он изложил технологические основы производства наноуглеродных материалов специального назначения из газообразных и жидких углеводо-

родов через стадию формирования наноглобул, обозначил перспективы их практического применения и новые направления в высокотемпературном синтезе наноструктурированных углеродных композитов.

Пленарная лекция доктора В. Яковлева (Институт катализа СО РАН, Россия) была посвящена основным тенденциям развития биоэнергетики с акцентом на получение моторных биотоплив. Основное внимание было уделено работам, посвященным разработке катализаторов и процессов на их основе для получения биодизеля, гриндизеля – топлива с высоким цетановым числом. Сопряженные процессы перестерификации и мягкого гидрокрекинга позволяют комплексно перерабатывать в биотопливо растительные масла и другое растительное сырье. Лектор показал возможности использования для получения биотоплив еще одного вида возобновляемого сырья – продуктов пиролиза древесины.

Участники конференции отметили, что пленарная сессия прошла на высоком научном уровне, авторами были представлены новейшие результаты по приоритетным направлениям развития химических технологий. Важную роль в формировании научных дискуссий по основным направлениям конференции сыграли «ключевые» доклады, которые, как правило, носили характер постановки задач и задавали тон секционным устным докладам.

Научная программа конференции «Химреактор-19» была представлена докладами в трех секциях и традиционно включала работы, посвященные кинетическим исследованиям, физико-химическим и математическим основам процессов в реакторах, а также изучению тепло-массопереноса и гидродинамики в химических реакторах.

Секция I была посвящена достижениям в области кинетических исследований и разработки научных основ создания химических реакторов.

В области фундаментальных аспектов значительное внимание было уделено разработкам перспективных типов химических реакторов. Пленарная лекция профессора Я. Схаутена, посвящена многофункциональным микрореакторам, которые среди этих разработок представляют особый интерес. Тепло-массопереносу и моделированию аэродинамики течения газовой смеси в данных типах реакторов были посвящены устные доклады Р.Г. Джорди (фирма «Sasol Technology», Южная Африка) и Е. Реброва (Эйндховенский технологический университет, Нидерланды).

В ключевой лекции М. Синева (Институт химической физики РАН, Москва) был проведен анализ развития за последние 30 лет кинетических исследований процесса получения углеводородов непосредственно из метана – так называемому окислительному сочетанию метана. Отмечены этапы развития кинетических моделей, начиная с феноменологических подходов и заканчивая детальными исследованиями механизма реакции на основе применения современных физико-химических методов. Резуль-

таты моделирования данного процесса в реакторе с псевдоожиженным слоем катализатора были представлены в устном докладе С.М. Джасо (Берлинский технологический институт, Германия). История разработки реакторов «реверс-флоу», которые сочетают химическую реакцию и регенерацию тепла в неподвижном слое катализатора, была рассмотрена в ключевой лекции Г. Бунимовича (фирма «Matros Technologies», США). Основное внимание было уделено результатам их технологического использования в разных промышленных процессах.

Применению методов компьютерного CFD-моделирования для исследования поведением реагирующих сред в разных химических реакторах были посвящены доклады: «Процесс получения жидких топлив методом “газ в жидкость”» С. Антала (фирма «Interphase Dynamics», США); «Течение газожидкостных потоков в узких капиллярных каналах» Э. Эроча (Дрезденский технический университет, Германия); «Гидродинамика трехфазных реакторов с суспендированным катализатором» О. Кленова (Институт катализа СО РАН, Новосибирск).

Всего в рамках этой секции было прочитано 26 докладов, затрагивающих разные каталитические реакции: от риформинга метана на перовскитных катализаторах (В. Садыков, Институт катализа СО РАН, Новосибирск), окисления циклогексена (О. Темкин, Московская академия тонкой химической технологии), о-ксилола (Ф. Лопес-Изунза, Университет Мехико) до, например, получения камфена из α -пинена – продукта, который применяют для производства душистых веществ и синтетической камфары. (И. Симакова, Институт катализа СО РАН, Новосибирск).

Секция II отразила разработку новых реакторов, моделирование физико-химических процессов в реакторах, оптимизацию режимов их работы с целью улучшения эксплуатационных показателей. В рамках секции было сделано 24 устных доклада. Семь из них были посвящены использованию структурированных реакторов, включая уже традиционно популярные микрореакторы, для увеличения селективности и производительности каталитических процессов и обеспечения их безопасности. В частности, рассматривались сильно экзотермические процессы производства водорода методом парциального окисления углеводородов, селективное окисление СО в присутствии водорода, процессы гидрирования.

Большой интерес вызвал доклад профессора Д. Ласса (Хьюстонский университет, США), посвященный регенерации противосажевых фильтров дизельных двигателей закрытого типа. Представлены экспериментальные результаты определения оптимальных условий регенерации фильтров, обеспечивающих высокую скорость и полноту химических реакций дожигания частиц сажи, а также сохранность микроканалов фильтра от спекания.

В докладах П. Снытникова и М. Зыряновой (Институт катализа СО РАН, Новосибирск) были представлены результаты исследований в микроканальных реакторах

процесса селективного окисления монооксида углерода в присутствии водорода на медь-цериевом катализаторе и метанирования монооксида углерода на никель-цериевом катализаторе.

Использованию мембранных технологий для увеличения производительности химических процессов за счет сдвига химического равновесия в сторону образования полезных продуктов были посвящены три доклада. В частности, А. Кучеров (Институт органической химии РАН, Москва) продемонстрировал высокопроизводительный и безопасный способ получения этилена окислительным дегидрированием этана в мембранном реакторе.

Несколько работ было посвящены изучению возможностей применения гидродинамических эффектов — струй, вихревых эффектов для интенсификации тепло- и массопереноса химических аппаратах. Два доклада касались преимуществ использования микроволнового излучения в качестве источника энергии для эндотермических каталитических процессов — производства водорода методом паровой конверсии метанола и каталитического пиролиза тяжелых углеводородов.

В девяти докладах основным инструментом исследования являлось математическое моделирование физико-химических процессов в реакторах разных типов, включая реакторы для многофазных процессов, с неподвижным и с кипящим слоем катализатора, структурированные, мембранные и многофункциональные. В докладе С. Тхотла (Институт им. Макса Планка, Германия) обсуждены пути повышения эффективности процессов ректификации в результате оптимизации конструкции реактора. В докладе И. Агирре (Университет Бильбао, Испания) показаны преимущества новой, передовой технологии каталитической дистилляции для получения ацетала, в которой сочетаются катализ и разделение продуктов реакции и исходных веществ.

В нескольких докладах было продемонстрировано успешное использование методов математического моделирования для оптимизации промышленных каталитических процессов синтеза оксида этилена (С. Чжу, Восточно-Китайский университет, Шанхай, Китай), парциального окисления о-ксилола (С. Кастильо-Арайза, университет Истапалапа, Мексика), синтеза никотиновой кислоты (Е. Овчинникова, Институт катализа СО РАН, Новосибирск).

Секции III отразила предметную область, связанную с вопросами производства и использования альтернативных топлив. В подсекции А было представлено направление, посвященное процессам переработки биомассы в продукты топливного и химического назначения 18 устными и 15 стендовыми докладами. Профессор В. Кафаров (Колумбийский нефтехимический институт) в ключевой лекции представил интересные результаты получения биотоплив третьего поколения из микроводорослей с высоким содержанием липидов, это направление является

одним из самых популярных в биоэнергетике. Ключевая лекция профессора К. Ван Гима (Гентский университет, Бельгия) была посвящена получению олефинов посредством каталитического крекинга тяжелых фракций продуктов пиролиза биомассы. Следует отметить ряд работ сотрудников университета Ebo Akademi из г. Турку (Финляндия), в котором под руководством профессора Д.Ю. Мурзина ведутся исследования в области переработки растительного сырья с получением ценных химических соединений. Профессор Э. Хеерес (Гронингенский университет, Нидерланды) изложил актуальный подход к фракционированию бионефти — продукта быстрого пиролиза биомассы с целью выделения ценных водорастворимых химических соединений типа карбоновых кислот, альдегидов, фенолов, фуранов и левоглюкозана. Такой комплексный подход обеспечивает более полное использование продуктов пиролиза биомассы, в результате чего может быть повышена конкурентоспособность пиролизных технологий. В докладах в очередной раз была подчеркнута важность использования современных подходов в катализе и в инженеринге при переработке возобновляемой растительной биомассы и создании каталитических процессов получения биотоплив.

Подсекция В секции III включила доклады, посвященные вопросам технологий защиты окружающей среды при переработке твердых отходов (два доклада), производства водорода и экологически чистых топлив (пять докладов), переработки природного газа и нефти (три доклада), переработки биоэтанола в ценные продукты (два доклада). В частности, в докладе М. Сугано (Университет Нихон, Япония) рассмотрена термическая переработка автомобильных покрышек посредством их ожигения совместно с углем. Производство водорода из биомассы обсуждалось в докладах профессора И. Ханика (Институт теоретических основ химических процессов, Прага), С. Эрнандеса (Туринский институт технологий). Технология получения из биоэтанола моторных топлив с низким содержанием ароматических веществ рассмотрена в докладе Ю. Макарги (Московская академия тонкой химической технологии), а в докладе А. Кагырмановой (Институт катализа СО РАН, Новосибирск) приведены результаты испытания процесса получения этилена из биоэтанола. Моделирование и экспериментальные результаты процесса экологически чистого каталитического сжигания природного газа в энергетических газотурбинных установках представлены в докладе профессора З. Исмагилова (Институт катализа СО РАН, Новосибирск).

По традиции, в рамках конференции были организованы выставка химического оборудования и презентации фирм. Большой интерес вызвала экспозиция компании «UOP» (США) — лидера в разработке передовых технологий для нефтеперерабатывающей, газоперерабатывающей и нефтехимической отраслей. Компания «Peter Huber» (Германия) представила результаты практическо-



го использования термостатов. Компании «LAAKS» (Россия) и ООО «Ростбиохим» (Россия), «Autoclave Engineers Division of Snap-Tite Inc.» (США) представили лабораторное оборудование для каталитических исследований при высоких давлениях, в частности, реактор для процесса Фишера-Тропша и других высокотемпературных процессов. Привлекли внимание экспонаты компании «Tirit» (Швейцария), одного из крупнейших поставщиков реакторных систем высокого давления. В выставке принял участие Пол Петерс (США), директор Европейского представительства международной информационной Chemical Abstracts Service. Рекламно-информационные продукты компании вызвали большой интерес у делегатов конференции. Обсуждение представленных экспонатов продолжалось на Круглых столах, организованных представителями компаний.

В целом, можно констатировать, что конференция «Химреактор-19» отразила прогресс, достигнутый в мировой науке и промышленной практике в области разработки и исследования химических реакционных процессов за последние годы. Ее проведение позволило участникам обменяться ценной научной информацией, установить контакты для будущего сотрудничества, а также сформулировать наиболее актуальные направления будущих перспективных разработок и исследований. Сочетание работ глубокого фундаментального характера с докладами, имеющими важное практическое значение, стало отличительной чертой прошедшего научного форума.

Большую поддержку в проведении конференции оказали Посольство Российской Федерации в Австрий-

ской Республике и Российский центр науки и культуры (РЦНК) в Вене. Их деятельное участие обеспечило оперативное решение многих вопросов в подготовительный период и способствовало четкой организации мероприятия международного уровня. На открытии в адрес конференции поступило поздравление от Чрезвычайного и Полномочного посла Российской Федерации в Австрийской Республике С.Ю. Нечаева, а в церемонии открытия участвовал директор РЦНК О.Ю. Ксенофонтов. Во время работы конференции в Посольстве России состоялась встреча Чрезвычайного и Полномочного посла РФ С.Ю. Нечаева с делегацией участников конференции. На встрече присутствовали ведущие российские ученые, представители бизнеса и зарубежные соотечественники. Стороны отметили высокий уровень организации конференции и подтвердили взаимную заинтересованность и готовность к дальнейшему расширению сотрудничества в научно-технической сфере. Посол С.Ю. Нечаев предложил сделать Вену местом регулярных конференций с участием австрийских и российских специалистов, а также общеевропейских и международных конгрессов по развитию инновационных технологий в наукоемких, высокотехнологичных отраслях.

Завершив конференцию «Химреактор-19» в Вене, инициативная группа разворачивает организационную работу над проведением очередной, на этот раз юбилейной, конференции «Химреактор-20», которая должна состояться в 2012 г.

В подготовке материала приняли участие В.А.Чумаченко, С.И. Решетников, А.П. Кагырманова, Е.И.Смирнов, В.А.Яковлев и Т.В. Замулина.