

шихся и своевременное принятие мер по устранению выявленных недостатков;

- формировать у студентов необходимые навыки уверенного применения компьютерной техники;

- развивать мотивацию обучаемого к использованию современных информационных технологий в практической деятельности» [1];

- повысить темп предъявления студентам материала, предлагая его в графической или звуковой форме, активизируя при этом все виды памяти;

- предоставлять информационную среду для индивидуального творчества;

- организовывать самостоятельную работу обучаемого.

При этом роль преподавателя по мере совершенствования технологий сводится к управлению учебным процессом, которое включает в себя консультирование на всех этапах учебной программы и контроль качества знаний студентов, а студент получает возможность:

- автоматизировать поиск, сбор, хранение, анализ, обработку и передачу необходимой учебной информации и экономить время при выполнении перечисленных видов деятельности;

- изготовить собственный вариант пособия в зависимости от своей индивидуальности, дописать или переработать пособие, вставляя в него новую и удаляя устаревшую информацию;

- получить объективную оценку уровня собственных знаний по курсу, разделу, теме через автоматизированную систему контроля, устранить пробелы в знаниях на основе полученных рекомендаций в режиме интерактивного диалога;

- автоматизировать обработку результатов лабораторного эксперимента, расчетов в процессе

выполнения контрольных заданий, курсового и дипломного проектирования;

- формировать и развивать практические умения на профессионально ориентированных тренажерах, проводить учебные исследования на реальных экспериментальных стендах и в виртуальных лабораториях;

- развивать информационную культуру, т.е. умение находить, отбирать, обрабатывать и выдавать информацию;

- регулировать процесс обучения во времени, уровне глубины и сложности в соответствии с особенностями познавательных процессов и личностными предпочтениями.

Возможности использования УЭИ в образовательном процессе предоставляют массу преимуществ, как преподавателю, так и студенту, способствуя совершенствованию учебного процесса, повышению качества знаний обучающихся и соответствие требованиям современного общества к уровню подготовки специалиста.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волков, Ю.А. Традиционные и новые технологии обучения: «принцип дополнительности» / Ю.А. Волков, А.М. Махов, В. Меденцев // Высш. образование в России. - 2003. - № 6. - С. 35-43.

2. Особенности разработки интернет-учебников для системы дистанционного обучения / С.М. Аракелян [и др.] // Проблемы перехода классических университетов в систему открытого образования : Интернет-конф. : тез. докл. - М.: Изд-во МЭСИ, 2001. - С. 19-22.

Приоритетные направления науки, техники и технологии

ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ С *o*-КСИЛОЛОМ

Ефименко И.С., Каницкая Л.В.

*Иркутский государственный технический университет
Иркутск, Россия*

Изомеризация ксилолов над цеолитовыми катализаторами – известный процесс кислотного катализа. Предполагается, что изомеризация ксилола в газовой фазе происходит по двум механизмам: внутримолекулярному и межмолекулярному. Внутримолекулярный механизм предполагает образование бензил-ионных промежуточных продуктов. Межмолекулярный включает последовательное диспропорционирование ксилола, которое сопровождается реакциями пералкилирования молекул ксилола и триметилбензола,

полученного в результате реакции диспропорционирования [1].

Каталитическое превращение *o*-ксилола проводят в проточных реакторах в интервале температур 350 – 550 °С в токе водорода, в течение 1 – 2 ч. В результате каталитического превращения *o*-ксилола образуются продукты изомеризации: *m*-ксилол, *n*-ксилол и продукты диспропорционирования: бензол, толуол, мезитилен и псевдокумол. В продуктах изомеризации преобладает *m*-ксилол [2].

Нами изучены реакции превращения *o*-ксилола под воздействием микроволнового (МВ) излучения без катализатора и над катализатором (90% ЦВМ + 10% Al₂O₃) в проточной (температура в зоне реакции составила 52 °С, время реакции 12 мин, индукционный период 4 мин, мощность 1 кВт, частота 2450 Гц) и стационарной (температура 100 °С, время реакции 8 мин, индукционный

период 4 мин, мощность 800 Вт, частота 2450 Гц) установках.

МВ излучение имеет ряд преимуществ перед традиционным термическим нагревом, равномерность прогрева реакционной массы по всему объему вне зависимости от ее теплопроводности, безынерционность нагрева, отсутствие теплоносителя [3].

Перед каталитической реакцией катализатор обрабатывали микроволновым излучением для удаления адсорбированной влаги. Удаление влаги из сорбентов и катализаторов приводит к изменению их сорбционной и каталитической активности. Доказано, что при подготовке цеолитов, как адсорбентов и катализаторов, микроволновая обработка более эффективна и безопасна для кристаллической структуры цеолита, нежели термическая [4], [5]. В данном случае, использованный цеолит играет роль активатора, т. е. он служит приемником излучения и передатчиком тепла растворителю [5].

Анализ продуктов реакции проводили с помощью количественной спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C [6]. В продуктах, полученных в стационарном и в проточном режимах, обнаружены продукты изомеризации и диспропорционирования

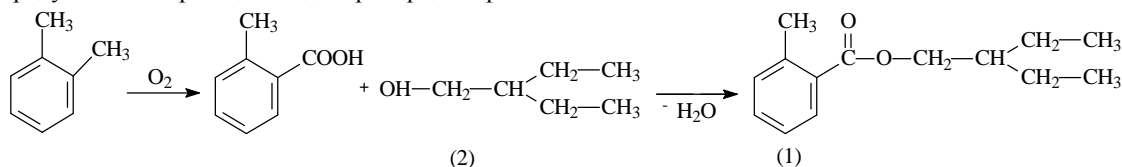
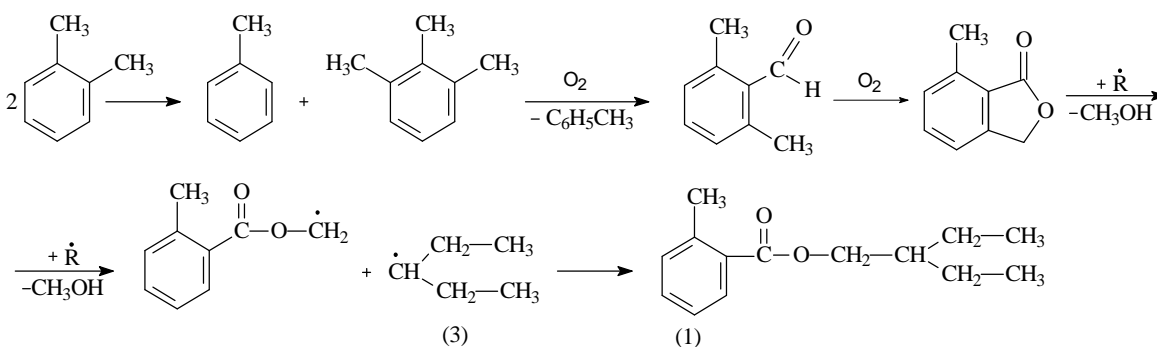


Схема II. Окисление *o*-ксилола до ангидрида, образование свободных радикалов и радикальное присоединение, с образованием сложного эфира.



Образование соединений (2) и (3) объяснить достаточно сложно, если не предположить, что протекают реакции деструкции ароматического кольца. Реакции деструкции ароматических колец в присутствии цеолитовых катализаторов ранее не наблюдали. Анализ продуктов превращения *o*-ксилола только под воздействием МВ-излучения методом количественной спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C показал наличие в них смеси насыщенных алифатических углеводородов. Образование алканов возможно лишь при протека-

нии *o*-ксилола: бензол, толуол, *n*-ксилол, а также продукты, не образующиеся при традиционном термическом катализе над цеолитами: нафталин и 2'-этилбутиловый эфир 2-метил бензойной кислоты (соединение 1). При предварительной обработке катализатора микроволновым излучением содержание соединения 1 в продуктах реакции ~ в 3 раза выше, чем без предобработки.

Наличие в продуктах каталитического превращения *o*-ксилола кислородсодержащего соединения (1) можно объяснить реакциями окисления посредством молекулярного кислорода воздуха, т. к. реакции протекали на поверхности раздела фаз в присутствии воздуха. Можно предположить два различных механизма образования соединения (1): Схема I и схема II.

Схема I. Окисление *o*-ксилола до эфира карбоновой кислоты, с последующей реакцией конденсации до эфира бензойной кислоты.

Метильная группа *o*-ксилола окисляется до карбоксильной группы. Одновременно с этим протекает деструкция ароматического кольца, его гидрирование и окисление до спирта. Далее идет реакция конденсации, с образованием сложного эфира:

В результате реакции диспропорционирования *o*-ксилола образуется толуол и триметилбензол, который в дальнейшем вступает в реакции окисления.

нии реакций деструкции ароматического кольца и последующей гидрогенизации образующихся продуктов. Однако установлено, что в отсутствие катализатора не протекают реакции изомеризации и окисления. Следовательно, соединения (2) или (3) образуются исключительно в результате воздействия МВ-излучения.

В результате микроволновой обработки *o*-ксилола на цеолитовом катализаторе в проточной и стационарной установках протекают следующие реакции: реакции изомеризации и диспро-

порционирования, с образованием толуола, бензола, *m*- и *n*-ксилолов; радикальная реакция с образованием нафталина; реакции деструкции ароматического кольца; реакции гидрирования продукта деструкции ароматического кольца и окисление его до спирта; реакции окисления метильной группы *o*-ксилола до карбоновой кислоты; реакции конденсации спирта с карбоновой кислотой.

Авторы выражают благодарность с. н. с. Иркутского Государственного Университета, к. х. н. Скорникова С.А. за любезно предоставленные синтетические цеолиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Guisnet M., Gner N. S., Morin S.. *Microporous and Mesoporous Materials* 35-36 (2000) 47-59.
2. Бенашвили Е.Н., Латышева Л.Е., Баидошвили О.С., Скорникова С.А.. *Сообщ. АН Грузии*, 151, №2, 1995, с. 232-236.
3. Целинский И.В., Брыков А.С., Астарьев А.А.. *Журнал общей химии*. 1996. Т. 66. Вып. 10. с 1696- 1698.
4. Ефименко И.С.. «Вестник ИрГТУ» № 3 (23) 2005 с.154
5. Рахманкулов Д.Л., Бикбулатов И.Х., Шулаев Н.С., Шавшукова С.Ю. *Микроволновое излучение и интенсификация химических процессов*. М.: «Химия», 2003, 220 с.
6. Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарёв Д.Ф. *Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки*. М.: «Химия», 2000, 408 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕШАННЫХ СОРБЕНТОВ, НЕ СОДЕРЖАЩИХ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Марченко Л.А., Шабанов А.С.

Кубанский государственный технологический университет

В настоящее время ужесточаются требования к приему сточных вод промышленных предприятий, в составе которых выявляют значительное количество экологически опасных веществ.

Гидроксиды металлов являются перспективными сорбентами вследствие их высокой устойчивости, простоты изготовления, низкой стоимости на единицу сорбционной ёмкости.

На кафедре неорганической химии нами синтезированы новые сорбенты со слоистой структурой на основе гидроксидов алюминия и магния различного состава, исследована их сорбционная способность по отношению к Cr(VI) и Pb(II).

При получении систем СОГ(совместно осаждаемых гидроксидов) непрерывным способом, концентрацию солей металлов подобрали

таким образом, чтобы их соотношение составило, соответственно, 80:20 %, 50:50% и 20:80%.

Основной технологической особенностью полученного сорбента является высокая сорбционная активность к улавливанию широкого спектра загрязнений из водной среды. Важным эксплуатационным достоинством является восстановление сорбционных свойств за счет регенерации и периодической активации в процессе использования.

Введение в состав продукта большего количества ионов Al^{3+} приводит к более сильному смещению полосы валентного колебания гидроксила на ИК-спектрах, что говорит об образовании более сильных водородных связей. Энергия водородной связи была оценена по формуле Соколова. Как показали расчеты, значения энергии водородной связи приблизительно равны: для образца содержащего 20% $Al(III)$ – $20,3 \cdot 10^3$ Дж/моль, для образца содержащего 50% $Al(III)$ – $21,8 \cdot 10^3$ Дж/моль, для образца содержащего 80% $Al(III)$ – $23,1 \cdot 10^3$ Дж/моль. Образование сильных водородных связей препятствует внедрению частиц большого размера в межслоевые пространства структуры сорбента, что снижает его сорбционные свойства. Наибольшей удельной поверхностью обладает индивидуальный оксигидроксид алюминия, наименьшей - гидроксид магния. Это объясняется тем, что более окристаллизованные осадки имеют более низкую удельную поверхность, чем аморфные.

В результате замещения части трехвалентного алюминия двухвалентным магнием возникает общий дефицит положительных зарядов, который компенсируется извне другими катионами. Ион магния легко внедряется в кристаллическую структуру сорбента и легко продуцирует из нее. Эти дополнительные катионы магния составляют большую часть обменного комплекса. Другую часть катионного обменного комплекса составляют так называемые ненасыщенные валентности. Известно, что на плоских поверхностях структуры сорбента валентности кислорода и гидроксогрупп в основном насыщены. На ребрах же имеются частично свободные валентности ионов алюминия, кислорода и гидроксила. Такие ненасыщенные валентности заполняются внешними противоионами Mg^{2+} , не входящими в решетку сорбента. Эта особенность строения данного сорбента обеспечивает как высокую активность к ионному обмену, так и большую адсорбционную способность.

Проведенные исследования позволили расчетным путем получить количественную оценку относительной способности ионов поглощаться синтезированными совместно осаждаемыми гидроксидами металлов со слоистым типом структуры, и на основе сопоставления расчетных и экспериментальных данных определить эффективность теоретических прогнозов и вы-