

Ташкентский химико-технологический институт,
Министерства Высшего и среднего специального образования
Республики Узбекистан, Ташкент
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт катализа им. Г.К. Борескова
Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск
Научный совет по катализу Отделения химии и наук о материалах
Российской академии наук, Москва
Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт (УзКФИТИ)
Государственно-акционерного концерна «Узфармсаноат», Ташкент
Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан, Ташкент
Государственно-акционерная компания «Узкимёсаноат», Ташкент
Национальная холдинговая компания «Узбекнефтегаз», Ташкент

Международная конференция «КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ, НЕФТЕХИМИИ И ЭКОЛОГИИ»

14 - 16 октября, 2013
Ташкент

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

<http://conf.nsc.ru/conf-tashkent-2013/ru>

Новосибирск - 2013



УДК 544.47+665.64
ББК 35.514

Международная конференция «КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ, НЕФТЕХИМИИ И ЭКОЛОГИИ» октябрь 2013, Ташкент, Республика Узбекистан: сборник тезисов докладов, компакт-диск, ответственные редакторы: А.С. Носков, М.П. Юнусов - Электрон., текстовые дан.- Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Россия, 148 стр., **ISBN 978-5-906376-02-2**

В надзаг.:

- Ташкентский химико-технологический институт, Министерства Высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан, Ташкент
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск
- Научный совет по катализу Отделения химии и наук о материалах Российской академии наук, Москва
- Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт Государственно-акционерного концерна «Узфармсанокат», Ташкент
- Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан, Ташкент
- Государственно-акционерная компания «Узкимёсанокат», Ташкент
- Национальная холдинговая компания «Узбекнефтегаз», Ташкент

Сборник включает тезисы ключевых лекций, устных и стендовых докладов секций:

- каталитические процессы нефтехимии, нефте- и газопереработки,
- энергосберегающие технологии и катализ,
- каталитические технологии защиты окружающей среды для промышленности

УДК 544.47+665.64
ББК 35.514

© Институт катализа СО РАН, 2013

ISBN 978-5-906376-02-2

Дорогие коллеги!

Организационный комитет Международной конференции «Каталитические процессы нефтепереработки, нефтехимии и экологии» приглашает Вас принять участие в Конференции и желает участникам успешной работы!

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Ташкентский химико-технологический институт, Министерства Высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан, Ташкент
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск
- Научный совет по катализу Отделения химии и наук о материалах Российской академии наук, Москва
- Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт Государственно-акционерного концерна «Узфармсаноат», Ташкент
- Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан, Ташкент
- Государственно-акционерная компания «Узкимёсаноат», Ташкент
- Национальная холдинговая компания «Узбекнефтегаз», Ташкент



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР
ГАК «УЗКИМЁСАНОАТ»

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Турабджанов С.М., профессор (Узбекистан) – Председатель
Пармон В.Н., академик РАН (Россия) – Председатель
Гончарук В.В., академик НАНУ (Украина)
Дадаходжаев А.Т., профессор (Узбекистан)
Досумов К.Д., профессор (Казахстан)
Исмагилов З.Р., член-корр. РАН (Россия)
Исмаилов Э., профессор (Азербайджан)
Капустин В.М., профессор (Россия)
Каюмов Ш.Ш., МВССО РУз (Узбекистан)
Лихолобов В.А., член-корр. РАН (Россия)
Лунин В.В., академик РАН (Россия)
Мажидов Ш.Х., НХК «Узбекнефтегаз» (Узбекистан)
Мазгаров А.М., академик АНРТ (Россия)
Махкамов Х.М., профессор (Узбекистан)
Носков А.С., профессор (Россия)
Парпиев О.Р., ККРНТ (Узбекистан)
Пимерзин А.А., профессор (Россия)
Рашидова С.Ш., академик АНРУз (Узбекистан)
Салихов Ш.И., АН РУз (Узбекистан)
Хаджиев С.Н., академик (Россия)
Шерматов Х.А., ГАК «Узкимёсаноат» (Узбекистан)
Юнусов М.П., профессор (Узбекистан)
Яруллин Р.С., «Татнефтехиминвест-холдинг» (Россия)

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Турабджанов С.М. – Председатель, ректор ТХТИ, Ташкент
Носков А.С. – Председатель, ИК СО РАН, Новосибирск
Адилов Р.И. – ТХТИ, Ташкент
Белый А.С. – ИППУ СО РАН, Омск
Гулямов Ш.Т. – УзКФИТИ, Ташкент
Дадаходжаев А.Т. – ГАК «УзХимпром», Ташкент
Закиров Б.С. – директор ИОНХ АНРУз, Ташкент
Зиёдуллаев О.Э. – ТХТИ, Ташкент
Ибодуллаев А. – ТХТИ, Ташкент
Икрамов А. – ТХТИ, Ташкент
Климов О.В. – ИК СО РАН, Новосибирск
Лавошников В.В. – УзКФИТИ, Ташкент
Мажидов Ш.Х., НХК «Узбекнефтегаз», Ташкент
Мансурова М.С. – УзКФИТИ, Ташкент
Махкамов Х.М. – директор УзКФИТИ, Ташкент
Насуллаев Х.А. – УзКФИТИ, Ташкент
Рахмонбердиев Г. – ТХТИ, Ташкент
Сайфуддинов Р. – ТХТИ, Ташкент
Чумаченко В.А. – ИК СО РАН, Новосибирск
Шерматов Х.А., ГАК «Узкимёсаноат» (Узбекистан)
Юнусов М.П. – УзКФИТИ, Ташкент

СЕКРЕТАРИАТ КОНФЕРЕНЦИИ:

Россия: Старцева Л.Я., Ключа М.А. – Институт катализа СО РАН, Новосибирск
Республика Узбекистан: Джалалова Ш.Б. – Узбекский научно-исследовательский
химико-фармацевтический институт, Ташкент,
Кадырова Д.С. – Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент



Ключевые лекции

KL-1 ÷ KL-9

Презентационный доклад

SP

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ В РОССИИ

Капустин В.М.
ОАО «ВНИПИнефть», Москва, Россия
vnipineft@vnipineft.ru

В настоящее время на развитие нефтепереработки оказывают большое влияние такие факторы, как утяжеление сырья, ухудшение его качества, необходимость переработки высоковязких битуминозных нефтей, матричных нефтей, что приводит к необходимости корректировки и разработке новых инновационных технологий. Наблюдается некоторый сдвиг структуры использования углеводородных ресурсов в сторону газов в качестве источника жидких углеводородов, в том числе активно обсуждается вопрос использования сжиженного природного газа (СПГ) в качестве топлива для судов.

Ужесточение требований и норм по качеству приводит к необходимости опережающего развития технологий для их производства.

В докладе приведены современные каталитические технологии переработки углеводородного сырья, в том числе нефтяных остатков, технологии каталитического крекинга, гидрокрекинга, изомеризации, гидрогенизационных процессов, каталитического риформинга и алкилирования. Рассмотрены основные лицензиары процессов глубокой переработки нефтяного сырья.

Важным аспектом модернизации является внедрение современных каталитических процессов и технологий, позволяющих получать топлива для холодного и арктического климата.

Рассмотрены вводы комплексов глубокой переработки нефти, предусмотренные генсхемой развития отрасли до 2020г. Проанализировано состояние ряда ключевых проектов по глубокой переработке нефти, в т.ч. комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов ОАО «ТАНЕКО», комплекса гидрокрекинга ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез», комплекса глубокой переработки нефти ЗАО «Рязанская НПК».

MASS SPECTROMETRY IN THE STUDY OF SULFUR COMPOUNDS IN PETROLEUM

Andersson Jan

*Institute für Anorganische und Analytische Westfälische Wilhelms-Universität,
Münster, Germany
anderss@uni-muenster.de*

Modern mass spectrometric methods have gained a tremendous importance in the field of petroleum analysis. They are used less for the identification of individual compounds and rather for obtaining an overview of the different kinds of classes of compounds and their molecular weight distribution. (For aromatic compounds this is equivalent to the extent of alkylation.)

Developments have largely been directed toward improving the resolution and now commercial instruments are available that easily reach a resolving power of over 1 million. However, this focus on resolution has obscured the fact that mass spectrometry has many pitfalls that are easily overlooked but that should be understood and taken into account when working with MS, especially when materials as complex as petroleum are investigated. Several such difficulties, often overlooked, will be discussed to sensitize the scientist to the fact that even with the highest resolving instruments careful analytical judgement is necessary in order to interpret the spectra correctly and to obtain the most information on the sample.

It will become obvious that the dream of being able to inject a petroleum sample into the mass spectrometer is just a dream. Even the highest resolving instruments cannot deal with the complexity of petroleum, making separation steps mandatory. Prefractionations are absolutely necessary to obtain correct data, and the more prefractionations, the better. Several examples will be given to illustrate this.

Finally it must be realized that MS is a qualitative and not a quantitative tool. Too many unknown and uncontrollable factors play a role in determining the size of the MS signal of each compound as will also be demonstrated here.

НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА

Лихолобов В.А.

*Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск, Россия
val@ihcp.ru*

Среди многочисленного семейства углеродных материалов, полученных к настоящему времени (фуллерены, графены, нанолуковицы, наноалмазы, нанотрубки, нанофиламенты и др.) особое место занимает углеродный материал, формирующийся при термическом разложении газообразных углеводородов в газовой фазе и в отсутствии специально вводимых катализаторов. В таких условиях первичные частицы углеродного материала представляют собой сферы нанометрового размера, одиночные или сросшиеся в агломераты различной степени разветвлённости. Для такого материала в последнее время введено понятие наноглобулярный углерод или наноструктурированный глобулярный углерод. Ярким представителем такого углеродного материала является сажа, а более корректно - технический углерод. Хотя промышленное производство этого материала началось более 150 лет назад, вариация его свойств при получении осуществлялась путём применения специальных прописей и номограмм (без понимания, почему надо делать именно так). Это связано с чрезвычайной чувствительностью потребительских (функциональных) свойств образующегося продукта к составу углеродного сырья-предшественника, температуре и функции её изменения в ходе процесса, времени синтеза, составляющего миллисекунды и др. Однако в последнее десятилетие, благодаря развитию физических методов исследования и вычислительной техники закономерности образования частиц наноглобулярного углерода удалось установить (в ряде случаев вплоть до молекулярного уровня), что легло в основу совершенствования реакторных устройств и получения ряда марок технического углерода с уникальными свойствами уже нашедшими своё применение

В докладе рассмотрены современные представления о механизме образования наноглобулярного углерода, основанные на изучении кинетики формирования (ударная труба) и текстуры (микроскопия, порометрия) частиц этого материала, влияния на эти процессы «ароматичности» исходного углеводорода, температуры его разложения, времени разложения и др. Показано, что использование этих сведений позволяет прогнозировать условия синтеза технического углерода с заданным размером первичных частиц и типом их агломерата (сферический, линейный, разветвлённый и др.)

Вторая часть сообщения рассматривает вопросы применения технического углерода для решения актуальных задач создания композиционных материалов для разных областей применения. Такие материалы образуются путём использования технического углерода как матрицы для формирования твёрдой фазы другого материала с последующим «выжиганием» этой матрицы или путём воздействия на частицы технического углерода высоких давлений и температур, в том числе путём высокоэнергетических лучевых воздействий. Демонстрируется перспективность дальнейших исследований закономерностей формирования частиц наноглобулярного углерода для создания новых неэнергоёмких процессов получения фуллеренов, нанолуковиц и ряда других форм углерода для технологий и материалов будущего.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КАТАЛИЗАТОРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВ И МАСЕЛ

Юнусов М.П., Джалалова Ш.Б., Исаева Н.Ф.

*Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт
им. А.С. Султанова, Ташкент, Республика Узбекистан
myunusov_uz@rambler.ru*

В настоящее время общей тенденцией развития нефтяной отрасли в мире стало ужесточение экологического законодательства, направленное на снижение вредных выбросов при использовании топлив и масел, а также постоянное повышение требований к качеству нефтепродуктов.

В докладе изложены результаты по разработке специальных каталитических систем предназначенных для снижения содержания соединений серы и ароматических углеводородов для производства высококачественных топлив и масел за счет использования различных комбинаций высокоактивных алюмокобальт и никельмолибденовых катализаторов, состав которых меняется в зависимости поставляемой задачи. Ключевым фактором технологии являются эффективные катализаторы, способные работать при относительно низких давлениях и температурах.

На действующих маслблоках процесс гидроочистки масел проводится в присутствии импортного алюмокобальтмолибденового катализатора, на котором протекают реакции разложения смолистых веществ, снижение цветности и содержания серы до 0,5%, но он не обеспечивает более высокое обессеривание и насыщение ароматических колец, не говоря уже о дециклизации. Глубина воздействия на химический состав масляных фракций в направлении обессеривания и гидрирования ароматических углеводородов определяются различными факторами, в том числе и природой катализатора и носителя. На основании изучения закономерностей формирования пористой структуры, удельной поверхности, механической прочности и т.д. впервые разработана серия алюмокаолинборатных крупнопористых носителей с бипористой структурой на основе смеси мелкокристаллического гидроксида алюминия, обогащенного Ангреноского каолина и активированного аммиаком грубодисперсного оксида алюминия. На его основе создана новая конструкция триметаллического Co-Ni-Mo катализатора АКНМ-3/5 с повышенной активностью в удалении «трудной» сероорганики в условиях сравнительно низкого давления водорода и температуры.

Показано, что при синтезе триметаллического катализатора методом однократной пропитки происходит внедрение ионов кобальта в координационную сферу гидратированных молибдатов никеля, наряду с образованием гетерополисоединений молибдена, сохраняющихся при термообработке.

Рассмотрены экспериментальные данные по влиянию концентрации и способа введения модификаторов (соединений титана, цинка и железа) на текстуру, фазовый состав, поверхностные и каталитические свойства катализаторов предгидроочистки, гидрообессеривания и гидродеароматизации. Комплексом физико-химических методов доказано влияние способа пропитки на валентное состояние никеля, кобальта, молибдена, вольфрама и их макрораспределение по грануле.

Изложены результаты по разработке и всестороннему исследованию ряд новых каталитических систем, том числе триметаллических, с различным соотношением и концентрацией никеля, кобальта, молибдена и вольфрама. В настоящее время каталитическая система, состоящая из катализатора гидрообессеривания АКНМ-3/5 и катализатора гидродеароматизации АКНМ-2/3, проходит испытания в условиях промышленного реактора на установке Г-24 Ферганского НПЗ. В идентичных условиях пилотных испытаний показано, что при использовании деасфальтизированного остатка вакуумной перегонки, в качестве модельного сырья, на разработанных многослойных системах содержание серы в гидрогенизате в среднем снижается с 1,33 до 0,47% масс., а индекс вязкости возрастает с 91 до 106,3. На промышленном АКМ катализаторе остаточное содержание серы составляет 0,62 % масс., а индекс вязкости лишь 92,1 %. Показатели III фракции масляного дистиллята по содержанию серы улучшаются с 0,9 до 0,18 % масс., а по индексу вязкости до 108,2.

Таким образом, показано, что за счет сочетания оптимальной текстуры и состава носителей, высокой гидрообессеривающей способности СоМо структур и высокой гидрирующей активности NiMo объемных соединений достигается эффект существенного улучшения качества базовых масел. При этом увеличение потребления водорода незначительно. Результаты опытно-промышленных испытаний позволяют сделать заключение, что использование разработанных нами каталитическая система, позволит в 1,5-1,6 раз увеличить срок службы каталитической загрузки и повысить качество производимых базовых масел.

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ НЕФТЕЙ, НЕФТЕПРОДУКТОВ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Мазгаров А.М., Вильданов А.Ф., Коробков Ф.А.

ОАО «Волжский научно-исследовательский институт углеводородного сырья»,

Казань, Россия

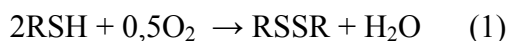
vniius@mail.ru, vniius.4lab@mail.ru

Объемы добычи и переработки сероводород- и меркаптансодержащих нефтей и газоконденсатов неуклонно увеличиваются во всех странах мира.

Низкомолекулярные меркаптаны и сероводород легколетучи, высокотоксичны, обладают резким неприятным запахом и коррозионной активностью, что создает большие экологические проблемы при хранении и транспортировке таких видов углеводородного сырья.

В начале 90-х годов были разработаны и приняты ТУ на Тенгизскую нефть, ограничивающее содержание сероводорода до 10 ppm, метил- и этилмеркаптанов в сумме до 20 ppm. В России также вводится новый ГОСТ на нефть ГОСТ Р 51858-2002, ограничивающий содержание сероводорода до 20 ppm, меркаптанов C₁-C₂ до 40 ppm.

Для очистки легких нефтей и газоконденсатов от меркаптанов C₁-C₃ ВНИИУСом разработан эффективный процесс ДМС-1. Сущность процесса заключается в жидкофазном окислении меркаптанов C₁-C₃ до дисульфидов кислородом воздуха в присутствии катализатора ИВКАЗ в водно-щелочном растворе при температуре 40-50°C и давлении 4-16 ати по реакции 1:



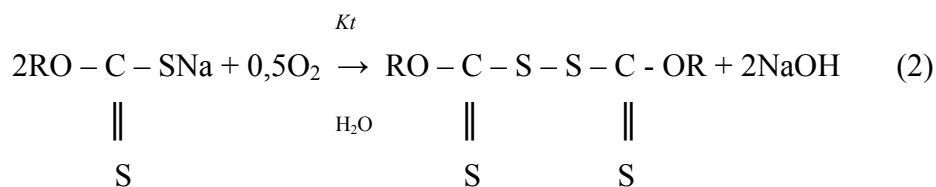
Первая установка мощностью 4 млн.тонн в год введена в эксплуатацию в марте 1995 года на Тенгизском ГПЗ. Содержание метил- и этилмеркаптанов в нефти до очистки 250-300 ppm, после очистки 3-6 ppm. Расход катализатора ИВКАЗ 0,05 г/т, каустика 50 г/т. К 2009 г. по этой технологии очищается уже 13 млн. тонн Тенгизской нефти.

Для очистки тяжелых нефтей от сероводорода и меркаптанов разработан и испытан на промыслах ОАО «Татнефть» процесс ДМС-1МА. В процессе ДМС-1МА меркаптаны окисляются до дисульфидов, сероводород в элементную серу, которая в свою очередь реагирует с меркаптанами, превращая их в дисульфиды.

Для очистки углеводородов C₃-C₅ от сернистых соединений (H₂S+RSH+COС=CS₂) разработан эффективный одностадийный щелочной абсорбционный процесс ДМД-2м с

KL-5

окислительной каталитической регенерацией щелочного раствора. Процесс основан на спиртово-щелочном гидролизе COS и CS₂ при 50-70°C и абсорбции CO₂+H₂S+RSH щелочью с последующим окислением меркаптидов и ксантогенатов (реакция 2) в соответствующие дисульфиды, токсичного сульфида натрия в нетоксичные сульфат и тиосульфат натрия кислородом воздуха на катализаторе ИВКАЗ.



Технология процесса ДМД-2М продана Ирану, где построена установка для очистки пропана (500 т/сут.) и бутана (500 т/сут.) на острове Харг в Персидском заливе.

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

Яковлев В.А.

*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия
yakovlev@catalysis.ru*

В последнее время возобновляемые источники энергии, в первую очередь биомасса растений, привлекают все большее внимание как альтернатива ископаемым энергоносителям. При этом технологический уровень переработки биомассы значительно ниже, чем в нефтепереработке, что является основной причиной высокой себестоимости биотоплива. Высокая технологичность нефтепереработки в основном связана с реализацией глубокой переработки нефти, основанной на применении каталитических процессов. Очевидно, что необходимо использовать уже отработанные в нефтепереработке подходы для переработки биомассы. Это позволит мягко интегрировать новые процессы по переработке биомассы в существующий ТЭК. Безусловно, учитывая особенности свойств биоресурсов требуется разработка новых или адаптация уже существующих каталитических процессов для нефтепереработки. Именно поэтому в Институте катализа СО РАН ведутся исследования в этой области по нескольким направлениям:

- получение биодизеля в присутствии гетерогенных катализаторов из липидов растительного происхождения [1-2];
- получение биокеросина из растительных масел через их гидрокрекинг и изомеризацию [3-4];
- каталитическое облагораживание бионефти – продукта быстрого пиролиза биомассы на катализаторах несulfидной природы [5-6];

Основная роль специалистов ИК СО РАН в рамках данных направлений заключается в разработке новых катализаторов, адаптированных к используемому биосырью и отработке технологических параметров целевых процессов.

Кроме того, в последние годы вышла на стадию коммерциализации разработка ИК СО РАН по сжиганию твердых топлив в кипящем слое катализатора, в формате строительства усилиями ООО «Термософт-Сибирь» (г. Новосибирск) опытных котельных на угле мощностью 1,0-6,0 Гкал/ч. Дальнейшим развитием указанного направления является адаптация технологии сжигания топлива в кипящем слое катализатора для сжигания иловых осадкой коммунальных очистных сооружений, а также производства технологического пара для когенерации [7].

- [1] Заварухин С.Г., Яковлев В.А., Пармон В.Н., Систер В.Г., Иванникова Е.М., Елисеева О.А., Химия и технология топлив и масел, 2010, т. 1, с. 3-7
- [2] O.V. Sherstyuk, A.S. Ivanova, M.Y. Lebedev, M.V. Bukhtiyarova, L.G. Matvienko, A.A. Budneva, A.N. Simonov, V.A. Yakovlev, *Applied Catalysis A: General*, 419– 420 (2012) 73– 83
- [3] Дундич В. О., Хромова С. А., Ермаков Д. Ю., Лебедев М. Ю., Новопашина В. М., Систер В. Г., Яковлев В. А., *Кинетика и катализ*, 2010, т. 51, № 5, с. 728–734.
- [4] Яковлев В.А., Лебедев М.Ю., Ермаков Д.Ю., Хромова С.А., Новопашина В.М., Кириллов В.А., Пармон В.Н., Систер В.Г., Патент РФ 2 356 629, 2009.
- [5] Yakovlev V.A., Khromova S.A., Sherstyuk O.V., Dundich V.O., Ermakov D.Yu., Novopashina V.M., Lebedev M.Yu., Parmon V.N., *Catalysis Today* 144 (2009) 362–366
- [6] Ardiyanti A.R., Khromova S.A., Venderbosch R.H., Yakovlev V.A., Heeres, H.J. *Applied Catalysis B: Environmental* 117– 118 (2012) 105–117
- [7] Патенты РФ: 2057988, 2084761, 2162197, 2146028, 2232942.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАТАЛИЗА В ОБЛАСТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Гончарук В.В.

*Институт коллоидной химии и воды НАН Украины, Киев, Украина
honch@icccw.kiev.ua*

Проблема предвидения каталитического действия в химических процессах является центральной задачей теории катализа. Наиболее целесообразный и реальный путь ее решения заключается в поиске и теоретическом обосновании закономерностей отдельных классов и типов каталитических процессов, выявлении взаимосвязи между физико-химическими свойствами поверхности, ее кристаллохимическим строением и каталитической активностью и селективностью. Независимой задачей является изучение структуры поверхности и поверхностных процессов, для чего используется комплекс современных взаимодополняющих физических и химических методов исследования.

Доклад посвящен изучению поверхностных структур природных слоистых алюмосиликатов в рамках кластерного приближения и установлению взаимосвязи между их физико-химическими характеристиками и каталитическими свойствами в гетерогенных реакциях кислотно-основного типа. Выбор природных алюмосиликатов в качестве объектов исследования обусловлен резко возросшим в последние годы интересом к этому у минералов, обладающих высокими адсорбционными каталитическими свойствами. Кроме того, методы физико-химического модифицирования разрешают целенаправленно регулировать как химические свойства поверхности, так и ее кристаллохимическое строение, т. е. создавать поверхностные кластеры различного химического состава и строения. Благодаря таким свойствам природных алюмосиликатов они представляют собой удобные объекты для решения указанных фундаментальных вопросов физической химии и теории гетерогенного кислотно-основного катализа.

X-RAY FLUORESCENCE AND ELECTRON SCANNING MICROSCOPY OF NANOSTRUCTURED CATALYSTS FOR HEAVY OIL PYROLYSIS

Ismailov E.H.¹, Lothar Heinrich²

¹*Institute of Petrochemical Processes, Azerbaijan National Academy of Sciences,
Baku, Azerbaijan*

²*Marcotech oHG, c/o Center for Nanotechnology, Muenster, Germany
etibar.ismailov@gmail.com, lothar.heinrich@marcotech.de*

At present, experts believe that in the near future will have to process extremely heavy oil. Reserves of light oil, convenient for the extraction and processing, are being depleted at an accelerated pace. But the processing of heavy oil is very difficult, energy intensive and, as a consequence, low-profit or unprofitable. Analysis of the published data of recent years show that the catalysts can improve the efficiency of heavy oil processing technology. Over the past 10-15 years have seen intensified research on testing of nano-structured and nanodispersed catalysts in petrochemical processes. The positive results in this direction have stimulated research on the development of methods that allow to obtain nanostructured materials with desired characteristics.

In the report the efficacy of application of the combination of X-ray fluorescence techniques and scanning electron microscopy by the example of selection of iron (cobalt) - containing nano-structured catalysts for the pyrolysis of heavy oil is demonstrated. It was shown that using a combination of the above methods it is possible to determine the morphology and elemental composition of the surface of the iron (cobalt) - containing catalysts, to calculate the usable area of the catalytic material, to get a more complete picture of the impact of the reaction mixture on the distribution of the active components of the catalyst.

ОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ КОНВЕРСИИ БИОЭТАНОЛА В ЭТИЛЕН

Досумов К., Наурызбаев М.К., Калиханов К.К.

*Казахский Национальный университет им. аль-Фараби,
«Центр физико- химических методов исследования и анализа»,
НИИ «Новых химических технологии и материалов», Алматы, Казахстан
dossumov50@mail.ru*

Уменьшение в мире природных энергоресурсов - нефти, природного газа и угля заставляют исследователей в области химии искать более альтернативные источники сырья. Сегодня наиболее перспективным возобновляемым источником с неограниченными запасами является биоэтанол, получаемый в процессе переработки растительного сырья. Из биоэтанола получают широкий спектр промежуточных и целевых продуктов крупнотоннажного нефтехимического и тонкого органического синтеза, такие как ароматические углеводороды, синтез-газ, дивинил, олефины и т. д. [1-4]. Среди них особое место занимает этилен, являющийся продуктом дегидратации этанола. Согласно [2], при современном соотношении цен процесс получения этилена из биоэтанола является выгодным даже при закупке биоэтанола из других стран. Мировое потребление этилена в ближайшие десять лет вырастет от 100 до 160 млн. т в год.

В настоящее время основным способом получения этилена является пиролиз прямогонного бензина и сжиженного нефтяного газа. Этот процесс проводится при высоких температурах - 780-1200°C и в атмосферу выделяется 180 миллионов тонн углекислого газа CO₂ [4]. Поэтому, в связи с сокращением природных ресурсов, а также из экологических соображений актуальной становится задача получения олефинов C₂-C₄ из спиртов C₁-C₄.

Представленное исследование посвящено каталитическому превращению биоэтанола в этилен. В качестве перспективных каталитических систем исследованы, не содержащие благородных металлов - оксиды меди, хрома и церия, а также модифицированный лантаном церий содержащий катализатор, нанесенный на оксид алюминия. Процесс проводили на установке проточного типа в интервале температур 250-450°C и объемной скорости реакции 300-14000 ч⁻¹. Изучение реакционной способности Cu -, Cr-, Ce – содержащих, нанесенных на оксид алюминия катализаторов показывает, что наиболее активен 3%Ce/γ-Al₂O₃. Активность катализаторов в реакции дегидратации этанола до этилена в одинаковых условиях (W=3000 ч⁻¹ и T_p=400°C) снижается в ряду: 3%Ce/γ-Al₂O₃ (выход этилена 80%)> 3%Cr/ γ-Al₂O₃ (76,3%)> 3%Cu/ γ-Al₂O₃ (75%).

Введение лантана в состав наиболее активного 3%Ce/ γ -Al₂O₃ катализатора увеличивает при температуре реакции 400°C выход этилена до 82% при конверсии этанола 94% с селективностью 87,2%. Оптимальная объемная скорость смещается в более высокую область от 3000 до 6000 ч⁻¹, т.е. повышается производительность катализатора.

Церийсодержащие катализаторы исследованы методом электронной микроскопии, результаты исследований показали, что на поверхности катализатора обнаруживаются фазы Ce₆O₄ и AlCe₃ с размерами 5-10 нм. Модифицирование 3%Ce/ γ -Al₂O₃ лантаном увеличивает дисперсность катализатора, наблюдаются скопления мелких частиц с размерами 2 нм, иногда в скоплениях присутствуют частицы с размером 10 нм, что возможно обуславливает активность катализатора.

Таким образом, разработан высокоэффективный 3%Ce+1%La/ γ -Al₂O₃ катализатор и определены оптимальная температура T_p=400°C и объемная скорость W=6000 ч⁻¹ дегидратации этанола, где выход этилена составляет 82%, при конверсии этанола 94% с селективностью 87,2%.

Список литературы:

- [1] Qureshi N., Ezeji T. C. Butanol (a superior biofuel) production from agricultural residues: Recent progress in technology, Biofuels, Bioprod Bioref. – **2** (2008) № 4. – P. 319–330.
- [2] Festel G.W. Biofuels – economic aspects, Chem. Eng. Technol. – **31** (2008) № 5. - P. 715–720.
- [3] Makarfi Y.I., Yakimova M.S., Koval L.M., Erofeev V.I., Talyshinsky R.M., Lermontov A.S., Tretyakov V.F. / Bioethanol –green feedstock for petrochemical industry/ 2nd International IUPAC Conference on Green Chemistry, 14-19 September 2008, Russia, p.9
- [4] Maria L. R., Daniel E.A., Eleni H. Oxidative dehydrogenation of ethane to ethylene in a membrane reactor: A theoretical study. Catalysis Today. **157**(2010) - P. 303–309.

КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сальников В.С.

*ООО "Сервисный центр "ХромоСиб", Омск, Россия
mail@chromosib.ru*

Группа компаний "Центр ХромоСиб" представляет комплекс лабораторного оборудования для исследования катализаторов и каталитических процессов. Комплекс оборудования включает следующие установки и приборы: установка для определения удельной поверхности катализаторов; проточная и проточно-циркуляционная установки для изучения каталитических свойств катализаторов и исследования каталитических процессов; комплекс газохроматографический для полного анализа реакционных компонентов с каталитических установок; устройство формирования газовых потоков (калибратор); измеритель газового потока для газов постоянного состава; измеритель газового потока любого состава.

Установка "Хемосорб" предназначена для определения активной удельной поверхности металлсодержащих катализаторов методом хемосорбции при импульсном титровании восстановленной поверхности кислородом или оксидом углерода, а также для проведения термопрограммированного восстановления/окисления/десорбции при изучении свойств поверхности катализаторов.

Каталитические установки – проточная ПКУ-1 и проточно-циркуляционная ПЦКУ-1, предназначены для исследования свойств катализаторов и каталитических процессов при небольшом избыточном давлении (до 1 атм.). Возможность приготовления реакционной смеси из 4-х газов и 2-х жидких потоков; температуры до 600/900 °С (металл/кварц - проточная, 600 °С - ПЦКУ-1); объем катализатора 1-10 мл. Система сепарации с захолаживанием от +3 °С со сбором жидкой фазы. Потоки на анализ - газ сепарации и паро-газовая смесь из реактора ("on-line" режим до 250 °С). Полностью автоматизированное управление от ПК - задание, поддержка и изменение газовых потоков и температур в ходе эксперимента, управление хроматографическим комплексом.

Комплекс газохроматографический на базе газового хроматографа "ХРОМОС ГХ-1000" позволяет проводить одновременный анализ сложной газовой и паро-газовой смеси из каталитической установки на нескольких детекторах с применением комбинированной газоаналитической схемы с использованием нескольких хроматографических колонок (капиллярных и/или насадочных). Использование специальных форколонок с обратной продувкой позволяет проводить одновременный селективный анализ заданной группы компонентов с полной защитой основной колонки от хроматографических ядов и коротким циклом авторегенерации. За один аналитический проход осуществляется одновременный анализ постоянных газов и органических компонентов. Управление от ПК.

Устройство формирования газового потока (УФПГС) может быть использовано: для создания 4-х независимых потоков газа заданного состава, например, для лабораторных установок; приготовления газовой смеси заданного состава из чистых газов или их смесей (калибратор). Точность задания потоков или состава смеси - не хуже 1%. Возможный диапазон состава смеси - от 100% до долей ppm.

SP

Встроенная система калибровки каналов по газам заданного состава. Расход газов или смеси - от 0.05 до 2500 мл/мин. Управление от ПК.

Измеритель газового потока ("ИРГ-3") содержит 3 канала и предназначен для непрерывного измерения потока газа заданного состава с диапазоном измеряемых расходов - от 0.1 до 3000 мл/мин. Каждый канал калибруется индивидуально по группе газов. Точность измерения не хуже 1%. Управление от ПК.

Измеритель газового потока ("Метка") предназначен для прямого измерения объемного расхода газа любого состава. Количество каналов -1, диапазон измеряемых расходов - от 2 до 2500 мл/мин, точность - не хуже 1%. Управление от ПК.



Устные доклады

ОР-1 ÷ ОР-19

ОС-1 ÷ ОС-23

КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ И ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ТОПЛИВ

Лавренев А.В., Казаков М.О., Булучевский Е.А., Карпова Т.Р., Федорова Е.Д.
Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск, Россия
lavr@ihcp.ru

Возможности простого синтеза, широкого варьирования кислотных и структурных свойств, доступность позволяют применять системы на основе модифицированных оксидов алюминия и циркония в качестве кислотных и полифункциональных катализаторов, как для традиционных, так и для самых современных процессов получения экологически чистых моторных топлив.

Основным путем решения проблемы получения высокооктановых бензинов с пониженным содержанием ароматических углеводородов является вовлечение в их состав оксигенатов, продуктов олигомеризации алкенов, алкилирования изобутана алкенами и изомеризации алканов C_5 - C_6 . В последние годы к алкилированию и изомеризации добавился также процесс гидроизомеризации бензолсодержащих бензиновых фракций. Общей чертой этих технологий является получение не вызывающих экологических проблем углеводородов ациклической или алициклической природы – изоалканов, изоалкенов и циклоалканов, октановые характеристики которых позволяют снижать долю аренов в бензинах.

Кроме известных мер по ограничению содержания бензола в автобензинах, связанных с использованием физических принципов разделения и выделения веществ (повышение начала кипения сырья риформинга, фракционирование риформинг-бензина, экстракция), в ближайшее время могут получить активное применение и каталитические технологии, в частности гидроизомеризация бензолсодержащих бензиновых фракций. Процесс гидроизомеризации основан на проведении полного гидрирования бензола в составе бензиновой фракции с последующей изомеризацией образующегося циклогексана в метилциклопентан, что позволяет полностью исключить снижение октанового числа. В большинстве случаев для гидроизомеризации пытаются применять ровно такие же системы, что и для изомеризации легких алканов C_5 - C_6 . Например, катализатор изомеризации на основе системы $Pt/SO_4^{2-}-ZrO_2-Al_2O_3$ в условиях процесса гидроизомеризации смесей бензола с алканами C_6 - C_7 не позволяет достигать полного гидрирования бензола, приводит к интенсивному протеканию

ОР-1

побочных реакций раскрытия цикла и гидрокрекинга, что очевидно связано с несбалансированностью его кислотной и гидрирующей функций. В результате варьирования химического состава системы $\text{Pt}/\text{SO}_4^{2-}\text{-ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ удается оптимизировать соотношение кислотных и гидрирующих свойств катализатора для его эффективного использования в процессе гидроизомеризации. Недавно нами была установлена возможность применения для гидроизомеризации нанесенного платинового катализатора, полученного с использованием в качестве носителя боратсодержащего оксида алюминия.

Современное промышленное алкилирование принципиально не отличается от процессов, разработанных в начале 1940-х годов и основанных на использовании жидких кислот - серной и фтористоводородной. Прогресс технологий алкилирования давно связывается с переходом от использования жидких кислот к применению твердых катализаторов. Несмотря на значительные усилия, приложенные исследователями, обеспечение стабильности работы твердых катализаторов алкилирования до сих пор остается плохо решенной задачей. Наиболее распространенное решение проблемы быстрой дезактивации твердых катализаторов по сравнению с жидкокислотными и их регенерации решаются путем организации работы катализатора в связанной системе реактор-регенератор и применением гидрогенизационных и экстракционных процедур восстановления активности, для которых используют водород и исходный изобутан. В рамках такой концепции твердокислотный катализатор алкилирования на основе сульфатированного оксида циркония был разработан и в ИППУ СО РАН.

Одним из первых процессов получения высокооктановых компонентов бензинов является олигомеризация легких алкенов $\text{C}_3\text{-C}_4$, которая была освоена в промышленном масштабе в 1940-х годах. Новые версии катализаторов олигомеризации базируются на использовании сульфоновых смол, цеолитов и анион-модифицированных оксидов металлов. В качестве активного катализатора олигомеризации бутенов нами предложено использовать боратсодержащий оксид алюминия. Катализатор олигомеризации этилена, обеспечивающий высокий выход компонентов бензиновых и дизельных топлив, может быть получен путем закрепления на боратсодержащем оксиде алюминия соединений никеля. При температуре 200°C , давлении 4.0 МПа, массовой скорости подачи этилена 1.1 ч^{-1} достигается практически полное превращение этилена при выходе жидких продуктов олигомеризации до 90.0 мас%, суммарное содержание алкенов C_{8+} в которых составляет 89.0 мас%.

ГИДРООЧИСТКА НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРНЫХ СИСТЕМ

Ёлшин Н.А.¹, Алиев Р.Р.¹, Целютина М.И.²

¹ОАО «ВНИИ НП», Москва, Россия

²ОАО «АЗКиОС», Ангарск, Россия

arr11@mail.ru

Одной из важнейших задач, стоящих перед нефтепереработкой является организация производства экологически чистых топлив. Ключевыми моментами в решении указанной проблемы являются [1-2]:

- выбор реакторов, обеспечивающих наибольший контакт исходного сырья с катализатором;
- подбор катализаторов, обладающих высокими прочностными свойствами в сочетании со стабильной активностью;
- использование защитных систем для уменьшения перепада давления по слою реактора;
- выбор условий активации катализатора с целью уменьшения закоксованности его в начальный период работы.

Катализатор АГКД-400 АН, производства ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» успешно используются на Бакинском НПЗ «Азернефтянаджаг», обеспечивая при температуре 290 – 300⁰С и давлении 40 ати получение малосернистых дизельных фракций с остаточным содержанием серы менее 50 ppm [3-4]. На установке Л-24/6 Ангарского НПЗ катализаторы серии АГКД-400 АН и БН эксплуатируются 6 лет без регенерации, при вовлечении в сырьё до 40 % вторичных газойлей. В настоящее время при температуре 335⁰С катализатор обеспечивает получение дизельного топлива с серой 16 -45 ppm.

С целью изучения возможного применения указанных катализаторов в процессе гидрооблагораживания вакуумного газойля были проведены пилотные испытания на двух видах сырья – с КК = 498⁰С и 560⁰С. Результаты испытаний промышленных катализаторов и лабораторных образцов представлены в табл. 1. Как видно, модифицированный катализатор АГКВ-500 при давлении 40 ати и объемной скорости подачи сырья 1,0 час⁻¹ на двух видах сырья обеспечивает большую глубину удаления серы в сравнении с промышленным образцом АГКД-400. При этом гидрогенизат содержит уменьшенное количество коксуемых соединений.

ОР-2

В табл. 2 представлены результаты гидроочистки – гидрокрекинга вакуумного газойля на цеолитном варианте катализатора АГКВ-500Ц.

Из полученных данных видно, что образец АГКВ-500Ц обеспечивает в сравнении с эталонным катализатором больший выход дизельных фракций, содержащих уменьшенное количество серы.

Таблица 1. Результаты испытаний в процессе гидроочистки вакуумного газойля

Показатели	Катализаторы			
	АГКД-400		АГКВ-500	
Сырьё:				
-фракционный состав, °С	360 – 498	360 – 560	360 – 498	360 – 560
- сера, %	0,9	1,1	0,9	1,1
- коксуемость, %	0,09	0,39	0,09	0,39
Температура процесса, °С	350	360	350	360
Гидрогенизат:				
- сера, %	0,12	0,14	0,09	0,012
- коксуемость, %	0,06	0,18	0,05	0,14

Таблица 2. Результаты испытаний катализаторов в процессе гидрокрекинга

при $P=4,0$ МПа, и $V_c=1$ ч⁻¹

Показатели	Сырьё фр. 360-500°С	Гидрогенизат, полученный при температурах, °С		
		ГКО-1	АГКВ-500Ц	
		360°С	360°С	370°С
Содержание:				
-ароматических углеводородов, %	54	23	19	19
- серы, %	1,1	0,15	0,06	0,04
Выход фракции, % об.:				
- н.к. - 160°С	-	3,5	3,0	3,5
- 160 - 360°С	-	38	39	42

Литература:

- [1] Алиев Р.Р., Катализаторы и процессы переработки нефти, М.: ОАО «ВНИИНП», 2010–389 с.
- [2] Алиев Р.Р., Ёлшин Н.А., Нефтепереработка и нефтехимия. – 2013, - №4, с.8-10
- [3] Резниченко И.Д., Алиев Р.Р., Кукс И.В., Процессы нефтехимии и нефтепереработки, Баку. – 2005. - №4, с. 53-55
- [4] Мамедов, Д.Н., Алиев Р.Р., Резниченко И.Д., Ибрагимов Р.г., Амиров Н.Н., Мир нефтепродуктов, - 2010, - №3, - с.24-26

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОДБОРА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ МОЛЕКУЛ H_x К АЦЕТИЛЕНУ

Турабджанов С.М., Икрамов А., Кадиров Х.И., Рузиев Д.У., Гофуров Б.Б.
Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Республика Узбекистан

В настоящей работе обсуждаются некоторые аспекты подбора катализаторов для присоединения молекул воды и уксусной кислоты к ацетилену.

Нами изучена реакция парофазной гидратации ацетилена в присутствии смешанных полифункциональных катализаторов ЦХ-1, КА-1, КА-2 и КХА-1, содержащих ZnO , AlF_3 , CdF_2 , Cr_2O_3 и Al_2O_3 в различных вариантах. Приведены данные по удельной поверхности и времени работы катализаторов до регенерации. Установлены некоторые закономерности подбора катализаторов для парофазной гидратации ацетилена, выход ацетальдегида в зависимости от колеблется в пределах $3 \div 83$ %, а ацетона $1,5 \div 86$ %.

Изучено влияние температуры в интервале $250-500^\circ C$ на процесс гидратации ацетилена. При температуре $250^\circ C$ выход ацетона на прореагировавший ацетилен составляет 15,2%. С повышением температуры до $425^\circ C$ выход ацетона увеличивается до 84,0%, а дальнейшее повышение температуры приводит к уменьшению выхода ацетона: при 500° до 52,0% за счет протекания побочных продуктов.

Рассчитана зависимость изменения энергии Гиббса от температуры. Установлено, что энергия Гиббса уменьшается от $-368,09$ кДж/моль до $-422,728$ кДж/моль в интервале температур от $298^0 K$ до $723^0 K$.

Рентгенограммы катализаторов сняты на дифрактометре ДРОН-2 ($Cu_{K\alpha}$ -излучение). Удельная поверхность образцов измерялась методом БЭТ. Кислотность катализаторов определяли рН-метрическим методом на рН-метре марки рН-673 со стеклянным электродом марки ЭСЛ-43-07. Определение пористой структуры катализаторов подтверждено методом ртутной порометрии.

В промышленности винилацетат получают винилированием уксусной кислоты ацетиленом при $170^\circ C-210^\circ C$ в присутствии катализатора ацетата цинка на активированном угле. Недостатком данного катализатора является его недостаточная механическая прочность и использование дефицитного активированного угля.

Нами разработаны новые каталитические составы на базе промышленного доступного сырья. Изучены влияние температуры, объемной скорости, состава шести

ОР-3

катализаторов на основе ацетатов цинка и/или кадмия, соотношения исходных продуктов и др. на выход винилацетата и избирательность процесса.

Установлено, что образование винилацетата начинается с температуры 140⁰С. Однако, при этом выход винилацетат и конверсия ацетилена умеренная. Начиная с 160⁰С, выход винилацетата и конверсия ацетилена заметно увеличивается. При 170⁰С выход винилацетата и конверсия ацетилена составляет 85,0 и 90% соответственно.

Показано, что существенную роль в синтезе винилацетата играет соотношение $C_2H_2:CH_3COOH$. С увеличением значения $C_2H_2:CH_3COOH$ от 1 до 10 наблюдается плавное повышение выхода винилацетата и избирательности процесса (таблица).

Таблица.

Изменение селективности процесса в зависимости от соотношения
 $C_2H_2:CH_3COOH$. T=170⁰С; Катализатор №5, $V_{C_2H_2} + 100 \text{ час}^{-1}$.

Соотношение $C_2H_2:CH_3COOH$, моль	Содержание в продуктах реакции, %			Конверсия ацетилена
	Винилацетат	Этилидендиацетат	Ацетон	
1	49,0	36	15,0	65,0
2	56,0	28,0	16,0	70,0
3	65,0	20,0	15,0	78,0
4	70,0	16,0	14,0	82,0
5	78,0	10,0	12,0	85,0
6	83,0	9,0	8,0	85,0
7	86,0	8,0	6,0	88,0
8	88,0	7,0	5,0	90
9	92,0	5,0	3,0	93
10	95,0	2,0	2,0	96,0

Из таблицы видно, что с увеличением соотношения $C_2H_2:CH_3COOH$ наблюдается плавное повышение содержания винилацетата в продуктах реакции с одновременным снижением содержание этилидендиацетата и ацетона.

МОДЕРНИЗАЦИЯ БУХАРСКОГО НПЗ С ЦЕЛЬЮ ОСВОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ ТОПЛИВ

Сайдахмедов Ш.М.

*Унитарное предприятие «Бухарский НПЗ», Бухара, Республика Узбекистан
shuhratqodirtkti@mail.ru*

В настоящее время на Бухарском НПЗ, введенном в эксплуатацию в 1997 году, выпускаются автомобильные бензины, марок АИ – 80, 91,95; дизельные топлива, в том числе экологически безопасные и зимних видов, мазуты марок М100 и М40, сжиженные газы, элементарная сера, по качеству соответствующие требованиям Евро-2. Необходимость увеличения выхода светлых нефтепродуктов, соответствующих стандартам "Евро-3" требует уменьшения содержания сернистых соединений в моторных топливах до 10 ppm и менее, корректировки углеводородного состава, снижение содержания бензола и полициклических ароматических соединений.

С целью улучшения эксплуатационных и экологических характеристик топлив на Бухарском НПЗ прорабатываются варианты реконструкции и модернизации технологической зоны, включающие усовершенствование действующих установок, освоение новых технологических процессов, направленных на углубление переработки углеводородного сырья – одного из показателей эффективности работы предприятий. Известно, что наиболее полную, интегрированную оценку объемных, качественных и инвестиционных характеристик операционной деятельности предприятия дает коэффициент сложности НПЗ, разработанный В.Нельсоном. Индекс комплексности Нельсона НПЗ США равен 9,5; Европы – 6,5; в среднем на предприятиях Российской Федерации индекс равен 4,25. Рассматривая существующую технологическую схему Бухарского НПЗ с этой точки зрения, можно отметить, что степень сложности текущего производства составляет 3,24 пункта.

В настоящее время основными компонентами автомобильных топлив на БНПЗ является легкая нефтя, прямогонный бензин и риформат, получаемый с установок каталитического риформинга.

С целью улучшения углеводородного состава, вырабатываемых на Бухарском НПЗ автомобильных бензинов, принимая во внимание наличие прямогонного мазута и объемы вырабатываемой легкой нефти, специалистами завода предложен вариант строительства установки каталитического крекинга мазута (RFCC) и установки изомеризации легкой нефти. Изомеризат и бензин каталитического крекинга

отличаются высокими показателями октанового числа, что позволит увеличить долю высокооктановых бензинов в общем производстве, уменьшить процент вовлечения риформата и, таким образом, ограничить содержание ароматики и бензола в топливе. Глубина переработки углеводородного сырья с применением указанных процессов на Бухарском НПЗ должна составить не менее 95 %.

Строительство данных установок влечет за собой необходимость введения в технологическую схему завода процессов гидроочистки, что связано с высоким содержанием сернистых соединений в прямогонном мазуте. Обсуждаются варианты применения данного процесса как до, так и после установки каталитического крекинга, То есть предполагается предварительная гидроочистка сырья (прямогонный мазут) или гидроочистка получаемых продуктов. Второй вариант потребует модернизации и реконструкции действующих установок гидроочистки газойля и общей нефти. Рассмотрена специфика катализаторов гидроочистки применительно к различным технологическим схемам и возможность использования разработанных отечественных катализаторов.

Модернизация или строительство установок гидроочистки, а также установки изомеризации, естественно увеличит потребность предприятия в водороде. Так как действующая установка каталитического риформинга не сможет обеспечить необходимое количество водорода, это, в конечном итоге, повлечет за собой необходимость в строительстве установки получения водорода путем паровой конверсией природного газа и обеспечения ее высоко активным катализатором.

Отмечено, что одним из основных продуктов, процесса каталитического крекинга являются сжиженные углеводородные газы, вырабатываемые до 20 % от сырья. Поэтому реализация проекта по получению бензина с помощью каталитического крекинга повлияет на конфигурацию технологической схемы и потребует расширения блока очистки и получения сжиженного углеводородного газа.

Необходимость получения дизельных топлив, отвечающих современным требованиям Евро 5, 6, также ставит задачу по коренной реконструкции установки гидроочистки дизельного топлива, с соответствующим увеличением реакторного объема и увеличения расхода водородсодержащего газа.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Пимерзин А.А., Томина Н.Н., Никульшин П.А.

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

pimerzin@sstu.smr.ru

В ближайшие годы самым крупнотоннажным процессом нефтепереработки продолжает оставаться гидроочистка и роль этого процесса будет возрастать в связи ужесточением норм на содержание серы в бензине и дизельном топливе, а также увеличением глубины переработки нефти и вовлечением нетрадиционных углеводородных ресурсов в переработку.

В докладе представлены результаты исследований и разработок сульфидных катализаторов и процессов гидроочистки различного углеводородного сырья, проведенных сотрудниками кафедры химической технологии переработки нефти и газа Самарского государственного технического университета.

Развиваемые научные подходы к направленному синтезу наноразмерной сульфидной активной фазы, понимание природы полифункциональности работы активных центров и изучение способов управления селективностью сульфидных катализаторов, а также систематические исследования механизмов формирования активной фазы (генезиса) $\text{Co}(\text{Ni})\text{Mo}(\text{W})\text{S}$ позволили разработать:

- Катализаторы и технологии глубокой гидроочистки прямогонных и смесевых дизельных фракций для получения дизельных топлив с ультранизким содержанием серы, отвечающих требованиям классов 4 и 5 Технического регламента РФ.
- Катализаторы и технологии селективной гидроочистки бензина каталитического крекинга, обеспечивающие сохранение октанового числа при получении компонента товарного бензина с ультранизким содержанием серы.
- Катализаторы и технологии глубокой гидроочистки вакуумного газойля и масляных фракций.

НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

Климов О.В.

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

klm@catalysis.ru

При атмосферно-вакуумной перегонке нефти доля получаемого вакуумного газойля (ВГО) с интервалом кипения 360-550°C, как правило, составляет не менее 20 мас.% от всей нефти. Соответственно, переработка ВГО позволяет резко увеличить глубину переработки нефти и обеспечивает дополнительный выход высококачественных моторных топлив. Для переработки ВГО по топливному варианту используются два основных каталитических процесса – глубокая гидроочистка (ГГ), обеспечивающая получение малосернистого сырья для каталитического крекинга, с дальнейшим получением высокооктанового компонента бензина, и гидрокрекинг (ГК), наиболее ценными продуктами которого являются малосернистые среднестиллятные фракции – керосиновая и дизельная, являющиеся готовыми товарными продуктами.

Для ГГ ВГО применяются нанесённые на Al_2O_3 NiMo, а в последние годы чаще CoNiMo катализаторы. Повышение обессеривающей способности катализаторов позволяет смягчить условия процесса ГГ и обеспечивает получение продукции более высокого качества с повышенными выходами. В Институте катализа (ИК) разработан новый CoNiMo катализатор ГГ ВГО, превосходящий по активности импортные катализаторы последнего поколения (табл.1).

Таблица 1. Результаты гидроочистки ВГО (плотность 0,915 г/см³, 2,66% серы, кк- 520°C) при расходе сырья 1 ч⁻¹, отношении H_2 /сырьё 500 Нм³/м³, различных Т и Р на катализаторе, разработанном в ИК и на современных импортных катализаторах.

Т, °С	360			375			390		
Р, Мпа	4,5	6,0	9,0	4,5	6,0	9,0	4,5	6,0	9,0
Остаточное содержание серы в гидрогенизате, ppm									
Импортный CoNiMo	1027	901	748	429	283	239	175	171	164
Импортный NiMo	1553	1117	882	504	407	319	204	157	134
ИК CoNiMo	884	572	369	270	203	138	123	93	85

При равных условиях процесса, остаточное содержание серы после ГГ ВГО на катализаторе ИК значительно ниже чем на импортных катализаторах - в среднем в 1,5 раза ниже, чем на CoNiMo, и почти в 2 раза ниже чем на NiMo катализаторе.

Для процесса ГК ВГО, ориентированного на максимальный выход средних дистиллятов, используются либо нанесённые на аморфный алюмосиликат (ASA) NiMo катализаторы, либо пакеты, включающие три последовательно расположенных слоя NiMo катализаторов, нанесённых соответственно на разные носители - чистый γ -Al₂O₃, смешанный γ -Al₂O₃-ASA и γ -Al₂O₃-цеолит, чаще Y.

Катализатор NiMo/Al₂O₃-ASA, разработанный в ИК, показал значительно большую активность в ГК ВГО и селективность по малосернистому дизельному топливу по сравнению с импортным NiMo/Al₂O₃-ASA катализатором (рис.1), при этом имеющим значительно большую концентрацию дорогостоящих нанесённых металлов.

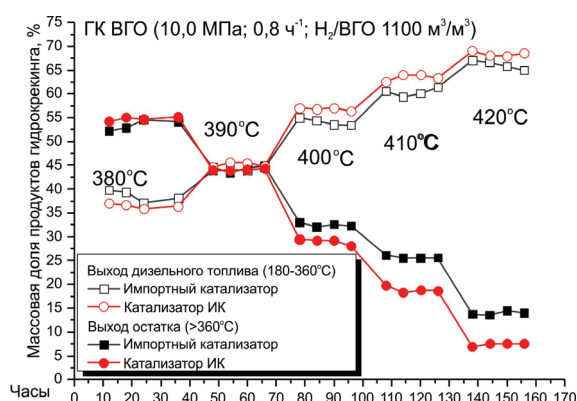


Рис.1 Выход дизельного топлива и остатка при ГК ВГО (плотность 0,925 г/см³, 3,39% серы, кк-580°C) на катализаторах NiMo/Al₂O₃-ASA

На наиболее селективном импортном цеолитсодержащем пакете максимальный выход дизельного топлива не превышал 53%, что значительно ниже выхода, достигаемого на ASA-катализаторах.

В настоящем докладе проанализированы причины высокой активности в ГК ВГО и высокой селективности по дизельному топливу при ГК ВГО соответственно CoNiMo/Al₂O₃ и NiMo/Al₂O₃-ASA катализаторов, разработанных в ИК. Показано, что высокие эксплуатационные характеристики этих катализаторов являются следствием сочетания оптимальных для гидрогенизационной переработки ВГО текстурных и кислотных характеристик носителя с заданным химическим составом, морфологией частиц сульфидного активного компонента и местом их локализации на носителе. Всё это обеспечивается специальным методом приготовления, основой которого является целенаправленный синтез в растворе, и далее, на поверхности носителя, предшественника сульфидного активного компонента. Технологии приготовления носителей и катализаторов подготовлены к промышленной реализации.

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПАРОВАЯ КОНВЕРСИЯ
ПРОПАН-МЕТАНОВЫХ СМЕСЕЙ И ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ
В МЕТАНО-ВОДОРОДНЫЕ СМЕСИ: ЭКСПЕРИМЕНТ И
МАКРОКИНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Снытников П.В.^{1,2,3}, Зырянова М.М.^{1,2,3}, Амосов Ю.И.^{1,2,3}, Шигаров А.Б.^{1,2,3},
Беляев В.Д.^{1,2,3}, Киреев В.В.^{1,2,3}, Кузин Н.А.^{1,2,3}, Верниковская М.В.^{1,2,3},
Кириллов В.А.^{1,2,3}, Собянин В.А.^{1,2,3}**

¹*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии
наук, Новосибирск, Россия*

²*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет», Новосибирск, Россия*

³*Общество с ограниченной ответственностью «УНИКАТ», Новосибирск, Россия
pvsnyt@catalysis.ru*

Проблема переработки попутного нефтяного газа (ПНГ) остается одной из важных задач развития нефтегазового комплекса России, в том числе и в связи с подготовкой проектов освоения нефтеносных пластов арктического шельфа. В настоящее время технологии утилизации попутных нефтяных газов ориентируются на два основных направления: энергетическое и нефтехимическое. Не смотря на строительство новых газоперерабатывающих заводов (ГПЗ), позволяющих получать целый спектр продуктов нефтехимии (каучуков, пластмасс, компонентов высокооктановых бензинов и др.), примерно 24% от добытого ПНГ все еще сжигается в факелах. Поэтому развитие энергетического направления является предпочтительным для России, потому что имеет практически неограниченный рынок. ПНГ — высококалорийное и экологически чистое топливо, которое после соответствующей подготовки может быть успешно использовано для выработки электроэнергии и тепла для ближайших к местам нефтедобычи поселений и промышленных объектов.

Прямое использование ПНГ для целей тепло- и электроснабжения осложнено переменностью его состава, широким диапазоном изменения давления и производительности скважин. Более того, прямое использование ПНГ в качестве топлива для различного типа энергоустановок на базе газопоршневых, газодизельных и газотурбинных двигателей сопряжено с рядом проблем, основными из которых являются потеря мощности до 50%, забивание топливной аппаратуры конденсатом, парафинистыми и маслянистыми отложениями, приводящими к повреждению

энергоустановок. В связи с этим возникает необходимость в разработке простой и дешевой технологии переработки ПНГ в метано-водородные смеси, которые будут использоваться в газовых котельных, газопоршневых и газодизельных энергоустановках, обеспечивающих теплом и электричеством близлежащие к местам нефтедобычи поселения и промышленные объекты.

Суть предлагаемой технологии заключается в реализации каталитической реакции низкотемпературной паровой конверсии ПНГ, при протекании которой присутствующий в ПНГ метан не подвергается конверсии, а «жирные» газы в основном превращаются в метан, углекислый газ и водород. В результате ПНГ превращается в метано-водородную смесь.

Лабораторные исследования реакций паровой конверсии легких углеводородов в метано-водородные смеси проводили на каталитической установке в проточном кварцевом реакторе при атмосферном давлении на никель- и рутений-содержащих катализаторах. В качестве модельных использовали пропан-метановые смеси. На самом активном катализаторе полная конверсия пропана наблюдалась уже при 280 °С при объемной скорости потока 3100 ч⁻¹.

Макрокинетическое моделирование экспериментальных данных проводили в приближении одномерной псевдо-гомогенной изотермической модели проточного реактора. Было показано, что двух-стадийная макрокинетическая схема, состоящая из необратимой реакции паровой конверсии пропана $C_3H_8 + 6H_2O \rightarrow 3CO_2 + 10H_2$ и обратимой реакции метанирования $CO_2 + 4H_2 \rightleftharpoons CH_4 + 2H_2O$, на количественном уровне позволяет описывать полученные экспериментальные результаты.

Был разработан и испытан прототип каталитического конвертера попутного нефтяного газа, рассчитанного на производительность 10 м³/ч ПНГ. Испытания были проведены на реальном ПНГ, идущем на нужды потребителей. При испытании реактора, функционирующего при температуре 330 °С, были достигнуты высокие значения конверсии углеводородов в метан (конверсия этана составляла 95%, пропана и более тяжелых углеводородов – свыше 99%).

Как исходный, так и конвертированный ПНГ был использован для питания энергоустановки на основе газопоршневого двигателя внутреннего сгорания МТЭС-30, номинальной электрической мощностью 36 кВт. При работе на метано-водородной смеси, полученной паровой конверсией ПНГ, газопоршневой двигатель выдавал номинальные заводские характеристики по мощности и составу выхлопных газов.

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ГИДРОИЗОМЕРИЗАЦИЯ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ ГАЗОКОНДЕНСАТА ШУРТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Муминов А.А., Тураев Т.Б., Алимов А.А.

*Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Республика Узбекистан
t_tolibbek@mail.ru*

Проблема улучшения эксплуатационных показателей (увеличение октанового числа с регулированием детонируемости) моторных топлив является всегда актуальной и имеет большое социально-экономическое значение. При этом необходимо отработать ряд вопросов по получению риформат-, изомеризат- и алкилатбензинов – более качественных составляющих экологически чистых бензинов, которые к настоящему времени в наших отечественных НПЗ отсутствуют.

Поэтому был разработан катализатор и изучен процесс изомеризации прямогонного бензина на усовершенствованном катализаторе для установления оптимальных условий. Доказано протекание реакции изомеризации алканов (гексана, гептана и октана) при контакте с катализаторами на основе цеолита типа ZSM-5. Установлено, что выход продуктов зависит от природы исходного алкана и катализатора.

Катализатор превращения алифатических углеводородов C_6-C_{12} в высокооктановые компоненты бензина или концентрат ароматических углеводородов, содержит цеолит, связующий компонент и два оксида редкоземельных элементов из группы оксид церия, оксид лантана, оксид неодима, оксид празеодима.

Исследованы также катализаторы на носителе с силикатным модулем $SiO_2 / Al_2O_3 = 20-150$, содержащие оксид натрия (не более 0,4 %), оксид цинка или оксид галлия, с различным соотношением двух - трех оксидов из группы оксид железа (III). Общее содержание оксидов магния и кальция не более 4%.

Изучены состав и свойства полученного изомеризат бензина. Бензиновую фракцию газоконденсата, содержащую углеводороды C_4-C_{12} или промежуточные фракции линейных парафинов и нафтен, ароматические углеводороды и олефины, пропускают через двухступенчатую лабораторную установку изомеризации. На 1-й ступени изомеризации на кислотном катализаторе, содержащем благородный металл, протекает эффективная конверсия линейных парафинов в моно-разветвлённые изомеры и ароматических углеводороды. На 2-й ступени в токе водорода еще более повышается концентрация моно-разветвленных изомеров. Приведены данные по фракционному

составу и другим показателям получаемого изомеризат-бензина. В частности, детонационная стойкость – 105, давление насыщенных паров – 68,5 кПа, показатель преломления (n_D^{20}) – 1,4160. Из сравнительной характеристики различных бензинов, представленных в таблице видно, что в изомеризат-бензине содержание изо углеводородов выше, чем в прямогонном и реформат -бензине.

Таблица.

Сравнительная характеристика состава бензина.

Углеводороды	Содержание, % масс		
	реформат бензин	прямогонный бензин	изомеризат бензин
C ₂ -C ₄	1,7-1,9	-	0,80
Н-парафины	7,6	34,5	21,0
Изо-парафины	10,7	16,5	30,0
Нафтеновые	8,2	19,2	12,0
Алкил нафтены	7,1	14,8	22,0
Ароматические	28,5	8,6	4,2
Алкилароматические	18,4	6,4	10,0
Содержание бензола	11,5	8,6	4,2
Соотношение изо/-п углеводородов	32,7/67,3	47,7/52,3	62/38

Таким образом, из бензиновой фракции газоконденсата каталитическим гидрооблагораживанием (изомеризацией) получается высокооктановый изомеризат-бензин.

**ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ПРОПАНА СМЕСЬЮ ГАЗОВ O_2-H_2
НА КАТАЛИЗАТОРЕ $Pt-H_3PMo_{12}O_{40}$**

**Кузнецова Н.И.¹, Попова Г.Я.¹, Кузнецова Л.И.¹, Афанасьев Д.С.¹,
Андрушкевич Т.В.¹, Лихолобов В.А.², Хан С.³**

¹*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия*

²*Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск, Россия*

³*Компания Rohm and Haas, Филадельфия, США*

kuznina@catalysis.ru

Благодаря интенсивным разработкам газовых месторождений, в процессах переработки углеводородов сильный акцент делается в последние годы на использование легких алканов. В соответствии с этой тенденцией, пропан становится самым надежным сырьем для производства пропилена путем дегидрирования. Для прямого дегидрирования пропана с выделением водорода требуется температура более 600 °С и частая регенерация зауглероженного катализатора. Окислительное дегидрирование под действием кислорода позволяет несколько понизить температуру, но при этом возникает проблема селективности ввиду окисления образующегося пропилена избытком кислорода. Нами было обнаружено, что окислительное дегидрирование пропана под действием смеси газов O_2 и H_2 происходит на катализаторе $Pt-H_3PMo_{12}O_{40}$. Данный процесс включает две реакции: (1) окисление пропана генерируемыми на катализаторе перекисными соединениями [1] и (2) дегидратация основного оксигената изопропанола с образованием пропилена. Используемый нами катализатор содержит 20-30 вес.% $H_3PMo_{12}O_{40}$, 0.1-0.2 вес.% Pt и промотор H_3PO_4 , диспергированные на поверхности силикагеля. При этом сочетании активных компонентов на поверхности катализатора присутствуют как редокс-активные, так и кислотные центры. Для процесса не требуется высокая температура. Уже при $T = 200$ °С катализатор обладает высокой активностью, показывая производительность 420 г C_3H_6 кг_{кат}⁻¹ ч⁻¹ и скорость 0.27 с⁻¹ в молях продукта в расчете на г-атом содержащейся в катализаторе Pt. Было обнаружено, что наилучшие результаты катализатор демонстрирует при высоком содержании пропана в потоке реагентов. Так, при пропускании через катализатор смеси, содержащей 67 мол.% C_3H_8 , выходящий из реактора поток содержит 2 мол.% C_3H_6 , при этом селективность образования пропилена приближается к 95%.

МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭПОКСИДОВ И КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ

Пай З.П., Кочубей Д.И., Пармон В.Н.

*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия
zpai@catalysis.ru*

Большинство производств органического синтеза, как правило, являются многостадийными процессами, дающими большое количество отходов - сырьевой индекс превышает 2 (на 1 кг продукта / 2 кг сырья). Экономия сырья и энергии позволяет обеспечить применение для этих целей метода межфазного катализа (МФК) в двухфазных жидких системах [1]. Последние достижения в области МФК связаны с разработкой бифункциональных систем, обладающих свойствами металлокомплексных и межфазных катализаторов. Созданием большого круга полиоксо- и пероксополиоксометаллатных катализаторов $Q_3\{PO_4[WO(O_2)_2]_4\}$ [2], применяемых в сочетании с катализаторами межфазного переноса – четвертичными аммониевыми солями ($Q - [Bu^N_4]^+$, $[C_5H_5NCet]^+$, $- [Me(n-C_8H_{17})_3N]^+$ и др.). Такие каталитические системы позволяют разрабатывать новые эффективные подходы к синтезу ряда практически ценных алифатических и ароматических эпоксидов, монокарбоновых ($RCOOH$) и дикарбоновых ($HOOC(CH_2)_nCOOH$) кислот путем прямого окисления пероксидом водорода различных органических субстратов [3].

Одностадийное получение эпоксидов, моно- и дикарбоновых кислот с использованием продуктов нефтехимии – циклических олефинов, спиртов, бициклических кетонов и т.п. - открывает возможности создания технологий нового поколения, соответствующих экологическим требованиям и экономическим показателям.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (проект № 12-03-00173-а); Отделения химии и наук о новых материалах РАН (проект № 5.7.3.).

Литература:

- [1] Юфит С.С. Механизм межфазного катализа. М.: Наука, 1984, 264 с.
[2] а) Venturello C., Ricci M., J. Org. Chem., 1986, **51**, №9, P. 1599; б) Z.P. Pai, D.I. Kochubey et al, J. Mol. Catal. A: Chemical, 332, No 1-2 (2010) 122; в) D.I. Kochubey, P.V. Berdnikova, Z.P. Pai, et al, J. Mol. Catal. A: Chemical: 366, (2013) 341.
[3] а) Noyori R., Aoki M., and Sato K. // Chem. Commun. 2003. №16. P. 1977; б) Пай З.П и др. Изв. АН. Сер. хим., 2005, № 8, С. 1794 [Russ. Chem. Bull., 2005, **54**, №9, P. 1794];

РАЗРАБОТКА БЕНЗИНО-МЕТАНОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Сайдахмедов С.И.

АК «Узнефтепродукт», Ташкент, Республика Узбекистан

В настоящее время является актуальным поиск альтернативных источников сырья и продуктов получаемых из него с целью получения или вовлечения в состав моторных топлив. При этом при решении данной задачи должен учитываться фактор все более возрастающих требований к экологическим характеристикам топлив, направленных на снижение вредных выбросов в атмосферу при их сгорании.

Одним из путей увеличения ресурсов и улучшения экологических свойств бензинов является использование доступных и эффективных октаноповышающих добавок, включающих кислородсодержащие соединения.

Одним из кислородсодержащих соединений является метанол.

Метанол представляет собой бесцветную воспламеняющуюся жидкость со слабым спиртовым запахом, хорошо смешивается с водой, с температурой замерзания минус 98°С, кипения - 65°С, обладает высокой детонационной стойкостью - октановое число метанола составляет порядка 114 пунктов.

Для условий Узбекистана в ряду антидетонационных кислородсодержащих компонентов бензина, метанол может стать эффективной добавкой, что связано с наличием возможностей по его производству в крупных промышленных объемах.

В связи с этим нами проведено изучение октаноповышающей способности метанола, влияние добавления метанола на эксплуатационные и экологические характеристики бензина.

Результаты исследований по влиянию метанола на изменение октановых чисел базовых бензинов представлены на рисунке 1.

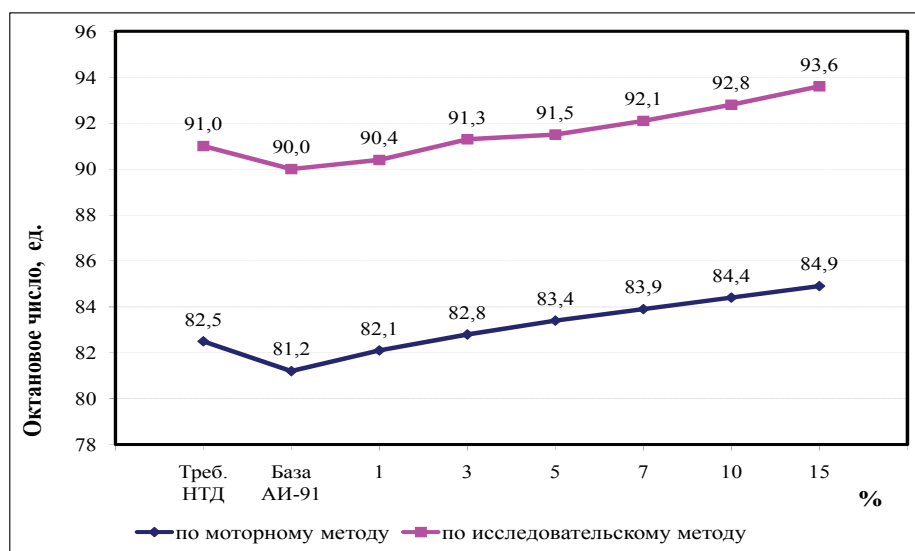


Рис. 1. Изменение октанового числа базового бензина (ОЧМ 81,2 ед.)
от содержания метанола.

Как видно из рисунка, добавление метанола приводит к заметному повышению октановых характеристик базовых бензинов. Так, в случае образца базового бензина с ОЧМ равном 81,2 и ОЧИ - 90 ед. вовлечение 3% метанола позволяет достичь значений октановых чисел, соответствующих антидетонационным характеристикам автобензина марки АИ-91 по техническим условиям TSh 39.3-203:2004.

Вовлечение 3% метанола в базовый бензин с октановыми числами ОЧМ 74,5 и ОЧИ равным 78,6 ед. также способствует увеличению его октанового числа до значений 76,5 и 80,5 ед., что находится в пределах требований TSh 39.3-203:2004 на товарный бензин марки АИ-80.

Дальнейшее увеличение содержания метанола в составе обоих базовых бензинов приводит к пропорциональному росту октанового числа бензино-метанольных смесей. Данное обстоятельство связано с высокой октаноповоющей способностью метанола.

Была составлена программа стендовых испытаний бензино-метанольных смесей, соответствующих требованиям бензинов марок АИ-91 и АИ-80 с содержанием метанола 3 и 5% в каждом образце топлива.

Для бензино-метанольных смесей АИ-91 и АИ-80 с содержанием метанола 3 и 5% были проведены стендовые испытания на двигателе Daewoo NEXIA A15VF с целью изучения эксплуатационных и экологических характеристик.

Выявлено, что показатели мощности двигателя на бензине АИ-91 с содержанием 3 % и 5 % метанола практически остаются аналогичными, как на бензине АИ-91 без метанола. При этом наблюдается снижение удельного расхода топлива примерно до 2,5%.

Мощности двигателя на бензине АИ-80 с содержанием 3 % и 5 % метанола снижаются до 4,5 %.

Результаты экспериментальных исследований нагрузочной характеристики двигателя также показали экономичность двигателя при различных нагрузках.

Характеристика холостого хода двигателя, показывающая экономичность и уровень токсичности отработавших газов на тех режимах, которые чаще всего встречаются при городских условиях эксплуатации. Результаты показали снижение на 40...45 % вредных выбросов – оксида углерода (CO) и углеводородов (CH) на бензометанольной смеси по сравнению с базовым бензином, что характеризует улучшение экологических характеристик разработанных бензино-метанольных смесей.

Результаты показали, что бензино-метанольные смеси с содержанием метанола до 5 % не оказывают влияния на звенья «клапан – седло» бензиновых инжекторов, резиновые уплотнительные кольца и алюминиевые материалы.

Была составлена программа полигонных приемочных испытаний и проведены полигонные испытания на Пскентском атополигоне.

По результатам проведенных лабораторных, стендовых и полигонных испытаний разработаны и утверждены технические условия на Автомобильные бензины метанольные.

В настоящее время данные технические условия зарегистрированы в Агентстве Узстандарт.

Вместе с тем, исследования показали на наличие ряда факторов, которые должны учитываться при получении и использовании бензино-метанольных смесей.

Одним из таких факторов является высокая гигроскопичность метанола, то есть способность метанола поглощать влагу, что может приводить к образованию мутности, вплоть до фазового расслоения бензино-метанольных смесевых топлив. В тоже время использование безводного метанола и базового бензина, не содержащего влагу показало, что бензино-метанольные смеси полученные на их основе обладают высокой фазовой стабильностью против расслаивания. Отметим, что безводный метанол и

базовые бензины имеют хорошую приемистость и хорошо смешиваются в любых соотношениях.

Другим фактором, который необходимо учитывать при получении бензино-метанольных смесей - это относительно низкая испаряемость метанола по сравнению с бензином, что может вызывать затруднения при пуске двигателя при низких температурах. Однако при умеренных климатических условиях, к которым относится климат республики - это не является сдерживающим фактором. Безусловно, следует отметить коррозионную активность, токсичность метанола, что требует весьма осторожного обращения с ним.

В тоже время, полученные результаты, а также имеющиеся в республике большие незадействованные мощности по производству метанола из местного сырья свидетельствуют о перспективности получения бензино-метанольных смесей с целью оценки возможности практической реализации задачи по их получению и применению в качестве автомобильных бензинов.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА И КАТАЛИЗАТОРЫ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА НА ЕЕ ОСНОВЕ

Делендик К.И., Войтик О.Л., Игнатенко Д.Г., Слаута М.В., Супрон А.В.
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Белоруссия
kdelendik@yahoo.com

В работе описана универсальная пенометаллическая платформа, полученная химикогальваническим методом. Посредством разработанной технологии можно получить такие каталитически активные пенометаллы как никель, медь, серебро, платина, палладий и пр., так и сплавы (Ni-Co, Ni-Fe, Ni-Cu, Ni-Mo-Co, Co-Mo, Co-Fe, Co-Cu и т.д.). На рисунке 1 показан фрагмент никелевого катализатора и различные варианты исполнения катализаторов. Удельная поверхность катализатора может составлять 10-15 м²/г (10-15 м²/см³); определена по БЭТ.

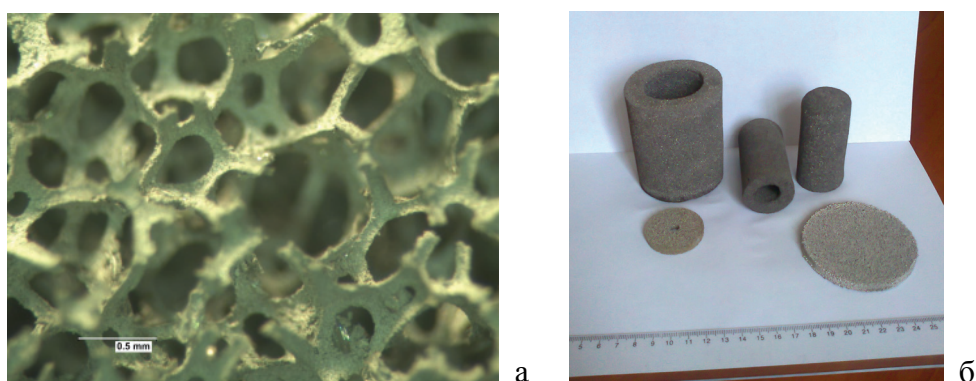


Рисунок 1 – Фрагмент поверхности катализатора (а) и каталитические элементы (б)

Для демонстрации возможностей разработанной технологии проведены исследования активности пеноникелевого катализатора в процессе воздушной конверсии метана (700-950 °С; газовый поток через реактор 1-4 л/мин, объем реактора 100 см³). Для соотношения CH₄:O₂=2:1 состав полученной газовой смеси: СО 19,8-20,4%, Н₂ 36,6-36,8 %, СО₂ 0,38-0,44, СН₄ 0,7-1,04.

Данные катализаторы имеют следующие положительные качества: высокая механическая прочность; возможность использования в виде легкоъемных картриджей; невысокое сопротивление потоку реактантов; нивелирование градиента температуры по сечению реактора; возможность получения металлических и металлооксидных катализаторов путем нанесения дополнительных слоев каталитически активных металлов; невысокая себестоимость, энерго- и материалоемкость производства.

О ПОДХОДАХ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КАТАЛИЗАТОРА КОНВЕРСИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА

**Долгов В.В., Шевелева Е., Усманова М.М., Садыков Ш.Г., Ашуров Н.Р.,
Дадаходжаев А.Т.**

*Институт химии и физики полимеров АН РУз, Ташкент, Республика Узбекистан
ashurov@globalnet.uz, carbon@uzscinet.uz*

Известно, что при создании оксидных катализаторов, как например НТК-4, исследования ведутся в направлении понижения содержания дорогостоящих компонентов и создания низкотемпературных катализаторов. Так, в работе [1] исследована каталитическая активность медьцинкалюминиевого катализатора, приготовленного путем разложения аммиачно-карбонатных комплексов меди и цинка в суспензии с алюминиевой компонентой при пониженном содержании меди (с 54% до 35%), последующего отделения осадка, термической обработки и прессования массы. Повышение каталитической активности обусловлено химическим взаимодействием компонентов катализатора уже на ранней стадии приготовления – при разложении аммиачно-карбонатных комплексов с образованием оксидных катализаторов меди и цинка в высокодисперсном состоянии, а полнота взаимодействия обеспечивается проведением процесса в кинетическом режиме на границе раздела фаз.

В последние годы для повышения активной поверхности контакта продуктов превращения и катализатора стали рассматриваться подходы нанотехнологии. Нами с целью повышения активности данного катализатора, были предприняты попытки использования подходов нанотехнологии, а именно, введения наноразмерных частиц CuO (количеством меньшим 54%) а также остальных оксидов в жидкую смесь, представляющую собой раствор H_2CrO_4 , ZnO и $\text{Al}(\text{OH})_3$ с дальнейшей сушкой и прокалкой. Нами получено 5 образцов катализаторов при варьировании состава компонентов НТК-4.

Испытания активности этих катализаторов в процессе конверсии CO показали следующие результаты: нано- CuO , нано- Cr_2O_3 , нано- ZnO – конверсия CO 66%; оксиды полученные через разложение нитратов Cu , Zn , Cr – конверсия CO 60%; оксиды полученные через разложение карбонатов Cu , Zn , Cr – конверсия CO 65%; 5% нано- CuO введен в хромовую кислоту с ZnO – конверсия CO 40%; 20% нано- CuO введен в хромовую кислоту с ZnO – конверсия CO 40%. Сняты дифрактограммы

соответствующих соединений (CuO , Cr_2O_3 , ZnO , хромит меди (II) $2\text{CuO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$, хромат меди (II) $\text{CuO}\cdot\text{CrO}_3$, ZnCrO_4 , Al_2O_3 , CuO), которые свидетельствуют о высокой дисперсии оксидов.

Однако, известно, что нано- CuO , являясь основным оксидом с высокой развитой удельной поверхностью достаточно легко вступает в реакцию с хромовой кислотой. Оксид цинка ведет себя соответствующим образом. В результате реакции (в зависимости от количества хромовой кислоты) образуются кислые или средние хроматы меди и цинка, которые после разложения дают оксиды меди и цинка, и Cr_2O_3 соответственно. Тем самым не имеет смысла вводить нано- CuO извне, что сопровождается экономией ценного металла без ущерба для качества катализатора низкотемпературной конверсии оксида углерода. Дальнейшие исследования будут направлены на достижение изменений структуры катализаторов (подбор оптимальных условий синтеза, усовершенствование компонентного состава, регулирование фазового состояния и др.), приводящие к их активации уже в процессе приготовления.

Таким образом, изучение всего процесса формирования оксидных медьцинксодержащих катализаторов под воздействием газовых компонентов восстановительных реакционных сред паровой конверсии монооксида углерода, особенно процесса восстановления сложной оксидной системы, собственно ответственного за формирование активного состояния катализатора, и его реализация в условиях промышленной эксплуатации, представляет значительный научный и практический интерес.

Литература:

[1] Н.Г. Зрелова, Э.В. Комова, Т.А. Семенова /Реализации в промышленной технологии основных закономерностей формирования катализатора НТК-АК//тезисы докладов 11 Всесоюзного совещания «Научные основы приготовления и технологии катализаторов», Минск, сентябрь 1989 г.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATIONS OF SBA-15 AND Ti-SBA-15 NANOPOROUS MATERIALS FOR DME CATALYSTS

Azimov F.H.¹, Sharipov Kh.T.¹, Markova I.², Marek L.³

¹*Tashkent Chemical Technological Institute, Tashkent, Republic of Uzbekistan*

²*University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria*

³*Adam Mickiewicz University of Poznan, Poznan, Poland*

afara13@gmail.com

Amorphous SiO₂ known as SBA-15 (Santa Barbara Amorphous) has been synthesized mixing consecutively water solutions of poly(ethylene glycol) C₃H₆O.C₂H₄O (P123), 2M HCl and tetraethoxysilan 98% C₈H₂₀O₄Si (TEOS) at 60 °C. The mixture has been dried at 100°C and calcinated at 500°C. The synthesized SBA-15 samples have been characterized by X-ray diffraction (XRD), FTIR spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), high resolution transmission electron microscopy (HRTEM), and N₂ physisorption analysis [1-2].

The Ti-SBA-15 has been prepared by impregnation using a solution of Ti-isoporopoxide in isopropanol with different concentrations (1, 5, 10, 15, 25 wt. %) to be incorporated the TiO₂ nanoparticles into the SBA-15 hexagonal channels. N₂-adsorption/desorption analysis has been carried out to investigate the specific surface area, pore size and pore diameter of Ti-SBA-15 to be used as a DME catalyst.

Dimethylether (DME) is widely used as a raw material for obtaining chemicals and aerosol propellant. DME is an important chemical for the production of gasoline, ethylene, aromatics and other chemicals. Its applications as a fuel or a fuel additive for vehicles and family cooking have been studied. In view of the environmental protection, the applying of DME as a substitute of freon, which is used as an aerosol spray and a refrigerant is being considered. Nowadays, the commercial DME is produced by a dehydration of methanol using as a catalyst acidic porous materials such as zeolites, silica–alumina, alumina etc. (Eq. 1) [3] and the methanol respectively can be produced from CO/H₂ (Eq. 2 and 3).



According to DME can be synthesized directly from CO/H₂ according Eqs. (2) and (3) using metal supported catalysts with a high specific surface area. This pathway is much more thermodynamically and economically favorable.



The mesoporous materials, including mesoporous amorphous SiO_2 known as SBA-15 can be applied as a support of the nanocatalysts for DME processes. Both the larger pore diameter and higher specific surface area of SBA-15 as a support are useful for the accommodation of catalytic active metal nanoparticles [4].

The aim of this work is first, to synthesize and characterize mesoporous SBA-15 material. Second, to obtain on the its base Ti-SBA-15 catalytic nanomaterial by impregnation with a solution of Ti-isopropoxide in isopropanol with different concentrations. It is expected TiO_2 nanoparticles to be incorporated into the SBA-15 hexagonal channels suitable. Third, to investigate the optimal concentration of the impregnation solution for obtaining of nanoporous material suitable for DME catalysts.

References:

- [1] Zhao, D.; Feng, J.; Huo, Q.; Melosh, N.; Frederickson, G. H.; Chmeka, B. F.; Stucky, G. D., Science (Washington, D. C.) 1998, 279, 548-552.
- [2] Yang, P.; Deng, T.; Zhao, D.; Feng, P.; Pine, D.; Chmeka, B. F.; Whitesides, G. M.; Stucky, G. D., Science (Washington, D. C.) 1998, 282, 2244-2247.
- [3] Azimov F. «Synthesis and modification of TiO_2 , with Pt nanoparticles using SBA-15 as a template method» Master thesis dissertation, on the specialty number: 5A522407 «Technology of Rare and Noble metals» Pages 1-68, November 13, 2009.
- [4] Azimov F., “Synthesis and characterization of SBA-15 and Ti-SBA-15 nanoporous materials for DME catalysts”, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria. 47, 3, 2012, 333-340

NANOSIZED MATERIALS PREPARED BY ELECTRIC-ARC AND RADIO-FREQUENCY INDUCTIVELY COUPLED PLASMA

Rakovsky S., Vissokov G., Garlanov D., Filkova D.

*Institute of Catalysis, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
rakovsky@ic.bas.bg*

Pilot equipments for plasma-chemical preparation of nanodispersed powders have been designed. Carbon nanoformations (tubes, fullerenes, graphenes, etc.), catalysts, oxides, nitrides, carbides, carbonitrides, pigments, metals, composites, and inorganic materials like they are shown in Table 1 will be produced.

Table 1.

Inorganic materials obtained by plasmamethod.	
Nitrides	TiN, AlN, Si ₃ N ₄
Oxides	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , ZrO ₂ -Y ₂ O ₃ , MgO, SiO ₂ , Al ₂ MgO ₄ , 3Al ₂ O, 3Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , NiFe ₂ O ₄ , CoFe ₂ O ₄ , B ₆ O, ZnO, TiO ₂ , YAG, ZnWO ₄ , ZnSnO, Bi ₂ WO ₆
Carbonitrides	TiN _x C _y (x>0.7, y<0.3)
Metals	Fe, Ni, Co, Cu, W
Nitrides-metals	TiN-Ni-Mo, AlN-Mo, AlN-Cu, Si ₃ N ₄ -Cu
Mixt nitrides	TiN-AlN, AlN-Si ₃ N ₄ , TiN-Si ₃ N ₄
Nitrides-Carbides	Si ₃ N ₄ -SiC (5-90 wt.%)
Nitrides-Oxides	Si ₃ N ₄ -Al ₂ O ₃ -Y ₂ O ₃ , AlN-CaO, AlN-Y ₂ O ₃ , □-SiAl _x O _x N _{8-x}
Nitrides Fluorides	AlN-CaF ₂ , AlN-YF ₃
Mixt oxides	ZrO ₂ -Y ₂ O ₃ -NiO, ZrO ₂ -Al ₂ O ₃ , MgO-MgAl ₂ O ₃ , ZnO-Eu, YAG-Eu, ZnO-Al ₂ O ₃

The synthesized nanosizes materials are characterized by complex physical and physicochemical methods – XRD phase and structural analysis, Mössbauer, Infrared, Raman spectroscopies, thermogravimetric analysis, etc. The size of the nanodispersed particles (TEM, SEM) is under 100 nm. Depending on the conditions (geometry and temperature in the plasma-chemical reactor, rate of quenching) at which they were obtained, the particles may have spherical or nanocrystalline form.

Directions are outlined for their application in various fields of industry (chemical, metallurgical, metal-ceramic, pharmaceutical), energetics, medicine, etc.

Acknowledgements: The authors thank the National Science Fund of the Bulgarian Ministry of Education, Youth and Science for the financial support (Projects: TK 199/17.12.2008 and TK 66/17.12.2009).

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Копылов А.Ю., Мазгаров А.М., Копылов Ю.П., Мингазов А.М., Ефремов Р.А.
*ОАО «Волжский научно-исследовательский институт углеводородного сырья»,
Казань, Россия
vniius.llab@mail.ru*

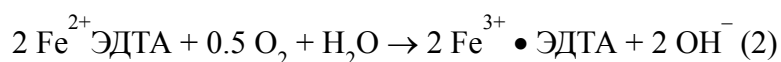
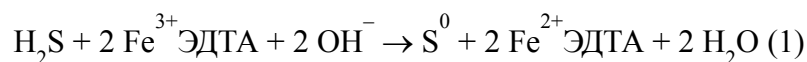
Попутный нефтяной газ (ПНГ) является важным ресурсом углеводородного сырья для развития газохимических производств. Реализация проектов по наращиванию мощностей по переработке попутного газа в целях производства широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) и сжиженных углеводородных газов (СУГ) обеспечит расширение сырьевой базы газохимии в стране.

В России и СНГ, растет объем добычи сернистых нефтей и газоконденсатов. В попутном газе этих месторождений обнаруживается сероводород в количестве до 6–8% масс. При внедрении технологий переработки и использования ПНГ следует включать в схему переработки проверенные, надежные процессы сероочистки сырья и продуктов.

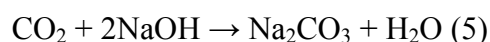
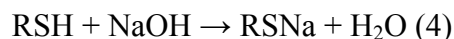
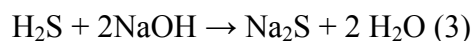
Для подготовки и использования попутного газа на нефтяных месторождениях в ОАО «ВНИИУС» разработаны и успешно внедрены оптимальные технологические решения для различных условий с учетом следующих основных факторов: объем ПНГ, давление сепарации, особенности компонентного состава сырья, потребность в энергоресурсах, удаленность от системы газотранспорта, ГПЗ и других объектов газопотребления.

Для сероочистки ПНГ в наиболее распространенных промысловых условиях (расход газа до 5000 $\text{м}^3/\text{ч}$, содержание H_2S до 5 %) наиболее перспективными и экономически рентабельными, по нашему мнению, являются процессы СЕРОКС и ДИРОКС.

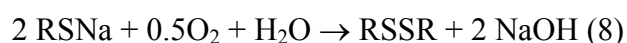
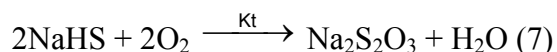
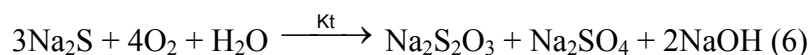
Технологии СЕРОКС-ГАЗ, разработанные в ОАО «ВНИИУС» для удаления сероводорода из попутных газов непосредственно на месторождениях сернистой нефти, относятся к жидкофазным каталитическим процессам. Один из вариантов процесса СЕРОКС-ГАЗ-1 основан на применении в качестве поглотителя сероводорода водного раствора комплексных солей железа, с образованием товарного продукта - серы.



В процессе СЕРОКС-ГАЗ-2 в качестве поглотителя сероводорода используется водно-щелочной катализаторный комплекс. На стадии абсорбции протекают реакции поглощения сероводорода и меркаптанов и побочные реакции с углекислым газом.

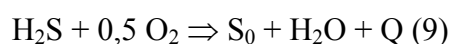


На стадии регенерации происходит каталитическое окисление сульфидов и меркаптида натрия по реакциям 6 - 8 с регенерацией щелочи.



Этот вариант очистки ПНГ является наименее затратным с точки зрения капитальных вложений. Технология является простой, надежной и позволяет очищать газ до остаточного содержания сероводорода и меркаптанов, соответствующих требованиям норм ГОСТ 5542-87 и СТО Газпром 089-2010.

Для очистки большего объема газа с высоким содержанием сероводорода альтернативой может выступить комбинированная схема аминовой очистки с последующей утилизацией кислого газа регенерации амина по технологии прямого гетерогенно-каталитического окисления сероводорода в элементарную серу (ДИРОКС), разработанная Новосибирским институтом катализа СО РАН с участием ВНИИУС.



Все данные технологии получили промышленное внедрение на месторождениях Республики Татарстан.

В настоящее время ОАО «ВНИИУС» проводятся исследования по совершенствованию технологии СЕРОКС-ГАЗ-2, направленные на сокращение расхода щелочи на побочную реакцию с углекислым газом.

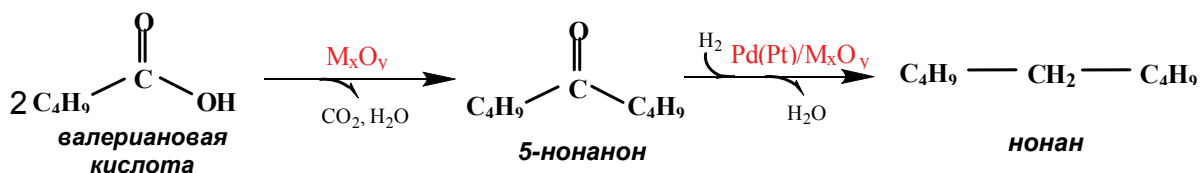
КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ

Симакова И.Л., Зайцева Ю.А., Симонов М.Н., Панченко В.Н., Пармон В.Н.

Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Россия

simakova@catalysis.ru

Биоэнергетика в последнее десятилетие занимает все более заметное место в мировом производстве тепла, электричества и моторных топлив, особенно в связи с прогнозируемым истощением запасов ископаемого топлива, стремлением к энергобезопасности и необходимостью снижения уровня загрязнения окружающей среды. Одним из альтернативных способов синтеза компонентов моторных топлив является кетонизация карбоновых кислот, получаемых из лигноцеллюлозы, с последующим гидрированием образующегося кетона в алкан в присутствии гетерогенных бифункциональных катализаторов, активными компонентами которых являются наночастицы благородных металлов Pt и Pd, нанесенные на оксиды кислотной и основной природы. Такие катализаторы типа Pd(Pt)/M_xO_y способны обеспечить протекание реакций кетонизации и гидрирования в одном каталитическом слое, что может сделать производство дизельного топлива из лигноцеллюлозного сырья непищевого назначения весьма привлекательным с экономической точки зрения:



В работе проведено исследование активности ряда оксидных катализаторов TiO₂, MnO₂, CeO₂, ZrO₂ в парофазной реакции кетонизации валериановой кислоты с образованием 5-нонанона в диапазоне температур от 308°C до 405°C при атмосферном давлении H₂. Методами РФА, РФЭС, ПЭМВР изучены структурные особенности наиболее активных ZrO₂ и 10%CeO₂/ZrO₂. Исследована каталитическая активность образцов 2%Pd/ZrO₂ и 2%Pd/(10%CeO₂/ZrO₂) в гидрировании 5-нонанона в *n*-нонан в зависимости от реакционных условий (давление, Т, время контакта). Показана высокая активность 2%Pd/ZrO₂ в каскадном процессе реакции кетонизации и гидрирования.

Авторы благодарят РФФИ (гранты 11-03-94001-ИНИС_а, 1303-00754) за поддержку.

Литература:

- [1] Serrano-Ruiz J. C., Wang D., Dumesic J. A., *Green Chem.* **2010** 12 574.
- [2] Zaytseva Yu. A., Panchenko V. N., Simonov M. N., Shutilov A. A., Zenkovets G. N., Simakova I.L., Parmon V. N., *Topics in Catalysis* **2013** 56 846.

ВАНАДИЙ-ОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ СЕЛЕКТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА НА ОСНОВЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ МИКРОВОЛОКНИСТЫХ НОСИТЕЛЕЙ

Микенин П.Е.¹, Цырульников П.Г.², Котолевич Ю.С.², Загоруйко А.Н.¹

¹Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Россия

²Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск, Россия
zagor@catalysis.ru

Процессы селективного окисления сероводорода в серу являются эффективным и экономичным средством доочистки хвостовых газов установок Клауса [1]. Существующие катализаторы для этого процесса, основанные на оксидах железа, отличаются высокой селективностью окисления, но недостаточной активностью в области относительно низких температур (ниже 200°C).

Настоящая работа посвящена экспериментальным исследованиям катализаторов на основе пятиоксида ванадия, нанесенной на непористый стекловолокнистый носитель с поверхностным слоем пористого вторичного носителя (SiO_2), синтезированных методом импульсного поверхностного термосинтеза [2] (рис.1).

Активность ванадиевых катализаторов растет с ростом содержания V_2O_5 . В этом плане эффективным решением является нанесение на базовый стекловолокнистый носитель вторичного слоя носителя из SiO_2 с развитой внутренней поверхностью, который позволяет наносить оксид ванадия в количествах до 10% масс. (в пересчете на металл) и даже более.

Было показано, что такие катализаторы обладают высокой активностью в температурном интервале 170-200°C, который является практически важным для установок доочистки хвостовых газов установок Клауса. При этом также наблюдаются приемлемая селективность окисления, а по итоговому выходу серы такие катализаторы превосходят традиционные железо-оксидные (рис.2).

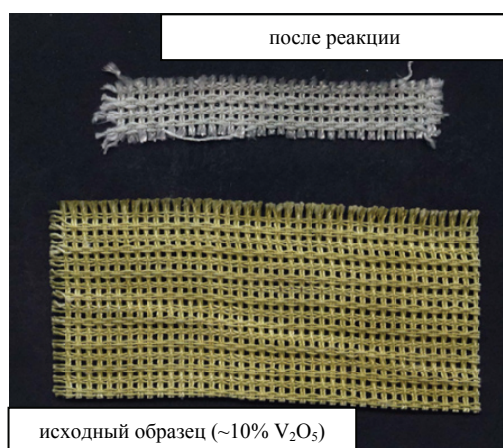


Рис.1. Внешний вид ванадиевого катализатора на стекловолокнистом носителе.

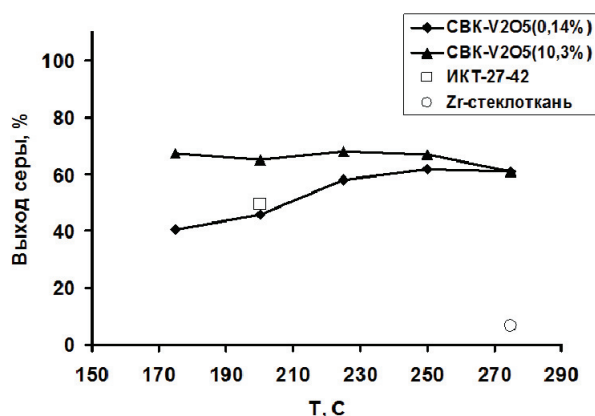


Рис. 2. Зависимость выхода серы от температуры для образцов с различным содержанием ванадия и промышленного Fe-оксидного катализатора ИК-27-42.

Важным свойством стекло-волоконистых катализаторов является их оригинальная геометрическая структура, обеспечивающая минимизацию внутри- и внешнEDI-фузионных торможений протекающих реакций. Еще более важно, что исследованная в экспериментах каталитическая стеклоткань по своей структуре ничем не отличается от ткани, которую можно использовать в промышленном процессе. Это, с одной стороны, существенно упрощает масштабирование процесса, а с другой стороны, позволяет без потерь использовать на промышленном уровне наблюдаемую в экспериментах высокую активность в совокупности с низкими диффузионными торможениями. Указанные факторы выгодно отличают стекловолонистые катализаторы от традиционных гранулированных, для которых полученные на их мелкой фракции экспериментальные результаты по конверсии H_2S и выходу серы, будут существенно ухудшены при переходе на крупные промышленные гранулы.

Стекловолоконистые катализаторы могут быть использованы в промышленных реакторах в виде структурированных картриджей [3,4], которые не только обеспечивают эффективную реализацию каталитического потенциала стеклотканых систем, но также отличаются весьма низким гидравлическим сопротивлением, кроме того, они могут быть использованы в загрязненных и запыленных реакционных потоках.

В целом, можно резюмировать, что предложенные катализаторы являются весьма перспективными для практического применения в процессах окисления сероводорода в серу.

Литература:

- [1] А.Н.Загоруйко, В.В.Шинкарев, С.В.Ванаг, Г.А.Бухтиярова. *Катализ в промышленности*, 2008, спецвыпуск, 52.
- [2] Котолевич Ю.С., Супрун Е.А., Шарафутдинов М.Р., Цырульников П.Г., Саланов А.Н., Гончаров В.Б. *Известия Высших учебных заведений. Физика*. 2011 № 12/2 48.
- [3] Патент РФ на полезную модель №66975, 2007.
- [4] Патент РФ на полезную модель №101652, 2010.

ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПРИМЕСЕЙ

Чумаченко В.А., Овчинникова Е.В., Нестеренко С.С.

Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Россия

vachum@catalysis.ru

Каталитические технологии являются общепринятым способом уменьшения вредного воздействия на атмосферу техногенных газовых выбросов в промышленных мегаполисах. Каталитическая очистка широко применяется при производстве продуктов органического и нефтехимического синтеза, минеральных удобрений, серы и многих других. К числу наиболее опасных загрязнителей воздуха относятся оксиды азота и азотсодержащие органические соединения.

В настоящем докладе рассмотрены каталитические технологии комбинированной очистки от оксидов азота и закиси азота в производствах азотной кислоты, разложения закиси азота в производстве адипиновой кислоты и термокаталитическая технология очистки от триэтиламина в производстве феноло-формальдегидных смол.

Промышленные установки **азотной кислоты** – в числе крупнейших источников эмиссии как оксидов азота (NO_x), так и закиси азота (N_2O). Киотский протокол 1997 квалифицирует закись азота как опасный парниковый газ, вызывающий разрушение озонового слоя. В настоящей работе проанализировано состояние эмиссии N_2O в типовых установках азотной кислоты, эксплуатирующихся в России. Рассмотрены возможные технологические схемы комбинированной низкотемпературной очистки «хвостовых» газов от $\text{NO}_x + \text{N}_2\text{O}$ с применением как промышленных катализаторов, так и новых перспективных каталитических систем, разрабатываемых в ИК СО РАН [1].

Несмотря на сравнительно малое количество установок **адипиновой кислоты**, они вносят значительный вклад в общий баланс выбросов закиси азота, т.к. средняя концентрация N_2O составляет 12-15% об. При термическом разложении закиси азота потребляется $\sim 540 \text{ м}^3$ природного газа на 1 т N_2O , что приводит к огромным финансовым затратам. В ИК СО РАН разработан катализатор низкотемпературного разложения закиси азота при температурах 400-600°C и технологический процесс комплексной каталитической очистки с рекуперацией тепла реакций [2], на базе реактора оригинальной конструкции [3]. Проведены ресурсные испытания созданных катализаторов в условиях, близких к реальному процессу. Схема принята к реализации

на типовой промышленной установке по производству адипиновой кислоты мощностью 30 тыс. т/год.

В производстве **феноло-формальдегидных смол**, вследствие недостаточно эффективной работы скрубберов мокрой очистки, в отходящих газах после вакуум-насосов часто наблюдается высокое содержание токсичного триэтиламина (до 30 г/м³), а также метанола (до 10 г/м³), формальдегида и других органических веществ. Значительные колебания расхода газов и концентрации ТЭА затрудняют подбор условий для селективного каталитического окисления ТЭА до азота, воды и углекислого газа. Проведенные нами эксперименты показали, что при окислении ТЭА на ряде промышленных катализаторов в интервале температур 300-500°C наблюдаются, помимо азота и оксидов азота, значительное количество трудно превращаемых азотных соединений, которые являются промежуточными продуктами окисления третичного амина. Поэтому для решения данной задачи была предложена комбинированная термокаталитическая очистка: на 1-й стадии происходит огневое сжигание ТЭА и органических веществ до NO_x, CO₂ и H₂O в печи вихревого типа с дозированием топлива, при 900-1000°C; затем тепло утилизируется, и на 2-й стадии происходит селективное каталитическое восстановление NO_x аммиаком (или аммиачной водой) до молекулярного азота при температурах 180-350°C.

Приведенные примеры демонстрируют, что каталитические технологии могут быть весьма успешно применены для решения экологических проблем, связанных с эмиссией опасных азотсодержащих газовых выбросов на промышленных предприятиях.

Литература:

- [1] Chumachenko V.A., Zenkovets G.A., Shutilov A.A., Kharitonov A.S., Pirutko L.V., Mokrinsky V.V., Noskov A.S. XIX International Conference on Chemical Reactors CHEMREACTOR-19, Vienna, Austria, Sept. 5-9, 2010. Abstracts, PP-III-13, p.462.
- [2] Овчинникова Е.В., Чумаченко В.А., Пирютко Л.В., Харитонов А.С., Носков А.С. *Катализ в промышленности*. **2009**, 1, 47-57.
- [3] Кленов О.П., Золотарский И.А., Чумаченко В.А. Патент РФ №78094, Оpubл. 20.11.2008 Бюл.№32.

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ГИДРИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА ДО ЦИКЛОГЕКСАНА В ЖИДКОЙ ФАЗЕ

Кедельбаев Б.Ш.¹, Турабджанов С.М.¹, Ташкараев Р.А.², Куатбеков А.М.²

¹Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Республика Узбекистан

²Казахстанский университет Дружбы народов, Шымкент, Казахстан
raha58@mail.ru

В данной работе изложены результаты исследования процесса гидрирования модельного соединения – бензола на сплавных никелевых катализаторах, модифицированных ферросплавами– ферросиликохром (ФСХ) и ферромolibден (ФМо) в жидкой фазе. Исследуемые катализаторы проявляли разную активность и селективность при гидрировании ароматических соединений.

На промотированных ферросплавами никелевых катализаторах с разной скоростью и степенью конверсии ароматическое кольцо гидрируется до циклоалканов. Следует также отметить, что реакция раскрытия кольца – деструкции нафтеннов в проведенных экспериментах не наблюдается. Наибольшая начальная скорость реакции гидрирования ароматических углеводородов, в частности бензола, отмечается на Ni-Al-ФМо – катализаторе и соответственно стабильность выше на Ni-Al-ФМо-катализаторах.

Получено, что промотированные катализаторы в изученных нами условиях проявляют высокую активность по циклогексану, скорость образования последнего по различному увеличивается в зависимости от количества добавки ферросплавов. Наибольшую активность проявляет катализатор из сплава с 3 масс.% ФМо. Выход циклогексана на нем при 160⁰С и 4 МПа на 60 минуте гидрирования составляет 100%. Промотированные ферросплавами катализаторы показали активность намного выше, чем катализаторы на основе Ni-Al. Среди промотированных ферросплавами катализаторов максимальная конверсия 99%, и наименьшая продолжительность процесса 25 мин наблюдается на Ni-Al-ФМо.

Преимущество жидкофазных реакций очевидно, так как можно проводить процесс при низких температурах. Промышленные процессы гидрирования проводятся при температурах 473-673К, в наших экспериментах температура не превышала 423К.

Таким образом, разработан оптимальный катализатор Ni-Al-ФСХ, обеспечивающий гидрирование бензола при более мягких условиях

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНЫХ СВОЙСТВ НОСИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА БИФУНКЦИОНАЛЬНОГО Pt-Pd КАТАЛИЗАТОРА В ГИДРООБЕССЕРИВАНИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ

**Яшник С.А.¹, Стадниченко А.И.¹, Уржунцев Г.А.¹, Ищенко А.В.¹, Боронин А.И.¹,
Исмаилов Э.Г.², Исмагилов З.Р.¹**

¹*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия*

²*Institute of Petrochemical Processes of ANAS, Baku, Azerbaijan*

yashnik@catalysis.ru

Основным ограничением к использованию благородных металлов в катализаторах гидроочистки является их дезактивация органическими соединениями серы и сероводородом [1]. Добавление в носитель материалов, обладающих кислотными свойствами, способствует повышению эффективности катализатора благодаря превращению β -DBT и его производных в более реакционно-способные соединения [2], из которых далее сера удаляется путем гидрогенолиза. Высокая протонная кислотность носителя оказывает также положительный эффект на устойчивость Pt,Pd-катализаторов к дезактивации серосодержащими соединениями [1,3]

В данном сообщении будут представлены результаты по изучению влияния добавок цеолита (H-ZSM-5, 15 мас.%) и/или монтмориллонита (Ca- и Na-форма, 15 мас.%) на каталитические свойства в гидрообессеривании малосернистых дизельных фракций (до 2000 ppm серы) и устойчивость к дезактивации серой PtPd-катализаторов, дизайн которых удовлетворяет концепции Сонга о сероустойчивости катализаторов [1]. Будут также обсуждаться данные о влиянии кислотности носителя на морфологию частиц Pt(Pd) и на состояние PtPd в них.

Показана эффективность PtPd-катализатора на основе Al_2O_3 , модифицированного цеолитом, в глубоком гидрообессеривании прямогонных дизельных фракций с содержанием серы до 1000 ppm. Его свойства восстанавливаются при регенерации. Каталитические свойства в гидрообессеривании вторичных дизельных фракций, содержащих до 2000 ppm серы, коррелируют с концентрацией протонных кислотных центров модифицированных катализаторов, а именно с количеством мостиковых ОН-групп.

Литература:

[1] Song C., CHEMTECH **1999**, 29(3), 26.

[2] Bej S.K., Maity S.K., Turaga U.T. *Energy & Fuels* **2004**, 18(5), 1227.

[3] Reinhoudt, H.R.; Troost, R.; Langeveld, A.D.; Sie, S.T.; Van Veen, J.A.R.; Moulijn, J.A. *Fuel Processing Technology* **1999**, 61, 133.

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ СЛОЕВ СТЕКЛОВОЛОКНИСТЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Загоруйко А.Н., Кленов О.П., Допатин С.А.
Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Россия
zagor@catalysis.ru

В последнее время большой научный и практический интерес проявляется к разработке новых каталитических процессов, использующих катализаторы на основе стекловолокнистых носителей [1]. Проведенные исследования показали, что эти материалы проявляют уникальные каталитические свойства в ряде химических реакций [2].

Оригинальная геометрическая форма, высокая механическая прочность и гибкость стекловолокнистых катализаторов (СВК) позволяет реализовать принципиально новые варианты конструкций каталитических реакторов и осуществления каталитических процессов. В то же время, эта специфика порождает ряд проблем при практическом применении таких катализаторов. В ряде случаев возникают практические сложности, связанные с загрузкой СВК в существующие реактора, предназначенные для традиционных геометрических форм катализаторов (гранулы или сотовые блоки).

Для разрешения этих проблем были предложены призматические структурированные картриджи с прямоугольным, треугольным либо трапециевидным сечением [3] (рис.1). Они отличаются низким гидравлическим сопротивлением и высокой эффективностью. При этом из таких картриджей могут формироваться каталитические слои любой геометрической конфигурации.



Рис.1. Структурированные каталитические картриджи со стекловолокнистым катализатором.

В частности, из таких картриджей может быть собран радиальный слой катализатора [4,5] (рис.2).



Рис.2. Радиальный слой катализатора из призматических картриджей.

На основе такой конструкции была разработана каталитическая система для очистки и охлаждения выхлопных газов стационарных аварийных дизель-генераторов мощностью 630 кВт (рис.3) [6,7].

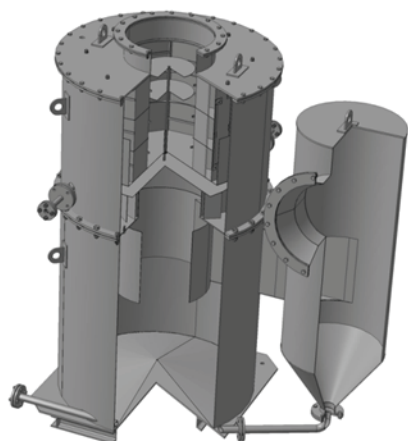


Рис.3. Каталитическая система для очистки и охлаждения выхлопов стационарных дизель-генераторов

Литература:

- [1] Загоруйко А.Н., Бальжинимаев Б.С. *Хим.пром. сегодня* **2011** 2 2.
- [2] Balzhinimaev B.S., Paukshtis E.A., Vanag S.V., Suknev A.P., Zagoruiko A.N. *Catal. Today* **2010** 151 195.
- [3] Патент РФ на полезную модель №101652, 2010.
- [4] Патент РФ на полезную модель №124888, 2012.
- [5] Патент РФ на полезную модель №125094, 2012.
- [6] Патент РФ на полезную модель №124924, 2012.
- [7] Патент РФ на полезную модель №124925, 2012.

ЖИДКИЕ И ГАЗООБРАЗНЫЕ ПРОДУКТЫ ГИДРОКОНВЕРСИИ СМЕСИ ГУДРОНА И СОСНОВЫХ ОПИЛОК В ПРИСУТСТВИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Стрижаков Д.А., Корбут В.И., Агабеков В.Е., Юргелевич Ю.Г.

*Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Белоруссия
ichnm@ichnm.basnet.by*

На сегодняшний день возобновляемая растительная биомасса рассматривается как перспективное сырье как при получении моторных топлив, так и углеводородов для нефтехимического синтеза. Среди известных методов переработки растительного сырья (газификация, гидролиз, пиролиз) можно выделить его термохимическую деструкцию при повышенном давлении в среде органических жидких или газообразных доноров водорода (гидротермическая переработка). При этом состав и свойства продуктов, образующихся в процессе гидротермической переработки биомассы, главным образом зависят от типа используемого в процессе катализатора.

Цель данной работы – изучить жидкие и газообразные продукты гидроконверсии смеси гудрона ОАО «Нафтан» (Беларусь) с сосновыми опилками в присутствии молибденсодержащих наноразмерных катализаторов.

Ранее [1] нами было показано, что добавление сосновых опилок к гудрону способствует росту конверсии гудрона в процессе их совместной гидротермической переработки. При этом наблюдается значительное образование кокса, количество которого составляет 9,0-10,0 мас. % при гидроконверсии гудрона, а его смеси с опилками – 16,0-18,0 мас. %. Количество кокса существенно уменьшается (4,2 мас. %), а выход жидких продуктов увеличивается при каталитической гидроконверсии смеси гудрона и сосновых опилок в присутствии наноразмерного катализатора, синтезированного “*in situ*” в углеводородной среде из водного раствора парамолибдата аммония (ПМА).

Жидкие продукты гидротермической переработки гудрона в смеси с сосновыми опилками содержатся в углеводородной и водной фракциях, количество которых составляет 32,0 и 6,0 мас. % соответственно. При этом основными компонентами водной фракции являются (в мас. %) уксусная (4,8-5,1) и пропионовая (0,8-1,1) кислоты, метанол (5,1-5,4) и ацетон (1,1-1,4).

В составе углеводородной фракции жидких продуктов каталитической гидроконверсии гудрона и его смеси с сосновыми опилками преобладают нормальные парафины C_5 (пентан) – C_{25} (пентакозан) (до 18 мас. %). В свою очередь, в бензиновой фракции, выделенной из углеводородной части жидких продуктов гидроконверсии гудрона с добавлением сосновых опилок, на 4,6 % увеличивается содержание изопарафинов, а доля олефинов уменьшается на 22,3 %. Изменяется состав дизельной фракции (200–350 °C). При гидроконверсии смеси гудрона и сосновых опилок в присутствии ПМА в ней увеличивается количество ароматических углеводородов и нафтен, а содержание парафинов уменьшается.

Использование нанокатализатора в процессе гидроконверсии смеси способствует уменьшению значений йодных чисел образующихся жидких продуктов с 48–52 до 21–23, что свидетельствует о снижении в них количества непредельных углеводородов. Независимо от типа использованного в процессе сырья, содержание серы и кислорода в углеводородной фракции не превышало 1,2 и 5–6 мас. % соответственно, а значение кислотного числа составляло 0,56.

Основными компонентами газообразных продуктов гидротермической переработки гудрона и сосновых опилок являются метан, этан, этилен, сероводород, монооксид и диоксид углерода. При использовании в процессе нанокатализаторов наблюдается значительное увеличение в газе содержания пропана.

По сравнению с быстрым пиролизом в процессе каталитической гидроконверсии сосновых опилок в смеси с гудроном конверсия биомассы достигает 79,0 мас. % с выходом жидких и газообразных продуктов 45,0 и 34,0 мас. % соответственно, при этом, образующиеся продукты характеризуются низким содержанием серу- и кислородсодержащих соединений.

Литература:

[1] Стрижаков Д.А., Темирсултанов З.А., Кадиев Х.М., Корбут В.И., Батов А.Е., Солнцев А.П. Комплексная гидротермическая переработка гудрона и сосновых опилок // Международная конференция по химической технологии ХТ'12 [Электронный ресурс]: сборник материалов.- Электронные дан. и прогр. (32,1 Мб).- М., 2012.- 1 электронный опт. диск (CD-ROM): зв., цв.

ПАРЦИАЛЬНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ПРОПАН-БУТАНОВОЙ СМЕСИ ДО ОКСИГЕНАТОВ

Масалимова Б.К.

*Аркалыкский государственный педагогический институт им. И. Алтынсарина,
Аркалык, Казахстан
massalimova15@mail.ru*

Окислительные процессы играют ведущую роль в современной химической технологии. В них получают более 50% всех производимых в мире химических продуктов. Одним из традиционных направлений переработки газообразных углеводородов является их парциальное окисление [1].

Нами было исследовано окислительное превращение пропан-бутановой смеси воздухом в кислородсодержащие композиции при температурах 573-873К и объемной скорости 330-15000ч⁻¹ на полиоксидных катализаторах, содержащих 1-10% Mo, Ga, Cr различного состава и соотношения, нанесенных на природные Торгайские белые глины (ТБГ) Казахстана, цеолиты, в том числе ИК-30 (Новосибирск), либо их смеси. Исходная реакционная смесь содержала от 6,6 до 80,0% C₃H₈-C₄H₁₀ смеси и от 7,0 до 20,0% кислорода в различных соотношениях. Исследования проводились на установке проточного типа при атмосферном давлении в трубчатом кварцевом реакторе с фиксированным слоем катализатора. Анализ исходных веществ и продуктов реакции осуществлялся с помощью хроматографического метода на приборе «Agilent Technologies 6890N».

В результате варьирования температуры реакции, состава исходной реакционной смеси, соотношения в ней пропан-бутана, объемной скорости, содержания и состава активной фазы катализатора получено до 74,0% акролеина, 49,4% метилэтилкетона. В газовой фазе обнаружены следовые количества CO, CO₂, H₂, CH₄, C₂H₄ [2].

Литература:

[1] Масалимова Б.К., Тунгатарова С.А., Досумов К., Кузембай К.К., *Вестник КазНУ*, **2006**, 44-4, 311-316.

[2] Досумов К., Масалимова Б.К., Тунгатарова С.А., Кузембай К.К. *Известия НАН РК*. **2009**. 4, 8-12.

ПОЛУЧЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРА ГИДРИРОВАНИЯ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Арифова М.С., Дадаходжаев А.Т., Умаров И.Ш., Тураева Ф.Ш., Саломов А.
ОАО «Максам-Чирчик», Ташкент, Республика Узбекистан
Info@maxam-chigchig.uz

На базе ОАО «Максам-Чирчик» разработана технология получения катализатора для гидрирования сернистых соединений. Технология получения предлагаемого алюмоникельмолибденового катализатора основывается на смешивании переосаждённого гидроксида алюминия (ПГА) с растворами парамолибдата аммония и азотнокислого никеля с последующей формовкой (экструдированием) и термической обработкой (сушкой и прокалкой).

Алюмоникельмолибденовый катализатор используется на первой стадии гидросероочистки природного газа, в процессе гидрирования органических соединений серы до сероводорода [1]. Разработанный катализатор обладает более высокой активностью (на $15 \div 20$) %, по сравнению с алюмокобальтмолибденовым катализатором и менее чувствителен к отравляющему действию оксидов углерода (зауглероживанию), а также имеет более развитую (в $1,3 \div 1,5$) раза удельную поверхность. Важным достоинством является отсутствие в нём дорогостоящего и дефицитного кобальта, в результате чего стоимость его на 25 % ниже алюмокобальтмолибденового катализатора [2].

В цехе по производству катализаторов ОАО «Максам-Чирчик» выпущена первая промышленная партия алюмоникельмолибденового катализатора. Катализатор ЧКГ-09 [3], полученный из переосаждённого гидроксида алюминия, имеет следующий химический состав: % масс: MoO_3 – ($11,0 \div 14,0$), NiO – ($2,5 \div 4,0$), насыпная плотность – ($0,6 \div 0,7$) kg/dm^3 , индекс прочности – 0,6 kg/mm , удельная поверхность – 250 m^2/g , активность катализатора в гидрогенолизе бутиленмеркаптана при 300°C и объёмной скорости 300 h^{-1} – 92,0 %.

В настоящее время проводятся промышленные испытания данного катализатора в цехе АМ-76. Согласно представленным в таблице данным, алюмоникельмолибденовый катализатор полностью обеспечивает очистку природного газа от меркаптановой серы.

Таблица

Средние результаты испытаний алюмоникельмолибденового катализатора

Технологический режим				Аналитический контроль			
Расход, м ³ /h		Давление в аппарате, kgf/cm ²	Температура в аппарате, °C	Массовая концентрация соединений серы в пересчете на серу, mg/m ³			
Природный газ на технологию	АВС на гидрирование			Вход в аппарат	Выход из аппарата		
				Органической	Сероводорода	Органической	Сероводорода
н/б	5600÷6600	н/б	360÷380	н/б	н/б	н/б	н/б
37200		45,0		16,0	7,0	5,0	80,0
36500	5050	34,6	388	28,34	15,1	0,87	35,4
34200	4880	33,5	383	20,56	4,37	0,37	17,3
37400	2700	35,0	375	19,93	10,6	2,95	21,1
36000	3700	37,2	373	29,34	2,8	2,81	21,8
36000	3500	37,0	372	13,66	5,2	1,57	15,7
35000	3600	35,7	373	19,76	4,7	0,89	20,5
30800	2530	27,0	354	11,34	5,12	1,18	20,2

Литература:

- [1] Учебное пособие для рабочих профессий «Катализаторы аммиачного производства», Москва, 1979 г.
- [2] Семёнова Т.А. «Совершенствование катализаторов аммиачного производства – основа интенсификации крупных агрегатов производства аммиака», «Химическая промышленность», 1985 г. № 4, стр. 197.
- [3] KSt 6.3-112:2012 «Алюмоникельмолибденовый катализатор (ЧКГ-09).

СОВРЕМЕННЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПИЛОТНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССАХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бобрин А.С., Бобров Н.Н.

Институт катализа им. Борескова СО РАН, Новосибирск

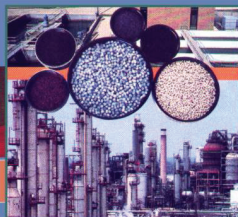
bobrin@catalysis.ru

Вероятно, никакие другие отрасли промышленности не отличаются таким разнообразием процессов и продуктов, как нефтеперерабатывающая, нефтехимическая и химическая промышленность. Технический рост в этих отраслях прежде всего связан с разработкой новых высокоэффективных технологических процессов, созданием установок и агрегатов большой единичной мощности. Это выдвигает принципиально новые научно-технические задачи, требующие скорейшего решения. Однако между научным открытием, разработкой технологического процесса и его внедрением в промышленность проходит значительный отрезок времени, нередко достигающий 5-8 лет.

Значительную долю этого времени занимают исследования и проектирование. Из всего времени, затрачиваемого на разработку процесса, 20-30%, а иногда и более, уходит на создание и освоение экспериментальной установки; в ряде случаев на это затрачивается до 1-3 лет.

Экспериментальные установки, являющиеся необходимой принадлежностью технологических лабораторий, опытных цехов, научных центров и многих промышленных предприятий, предназначены для моделирования и изучения в небольшом масштабе разрабатываемых и усовершенствуемых процессов, проведения кинетических исследований, получения небольших количеств продуктов, испытания новых видов сырья, катализаторов и материалов. Их применение позволяет значительно ускорить и удешевить разработку и изучение новых процессов, испытание катализаторов, а также, в ряде случаев, получение единственно достоверных кинетических данных, необходимых для проектирования и эксплуатации крупных агрегатов.

В Институте катализа СО РАН разрабатывались и разрабатываются современные автоматизированные лабораторные установки, начиная от кинетического контроля каталитических свойств и заканчивая пилотными испытаниями на промышленных трубках. Часть этого оборудования показана на рекламном рисунке.



РЕШЕНИЕ, ПРИНЯТОЕ В ПОЛЬЗУ ТОЧНОСТИ...

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ



2010

РИФОРМИНГ * БИСОМЛИНГ * ИЗОМЕРИЗАЦИЯ

АКТИВИРОВАНИЕ * ГИДРИЗОМЕРИЗАЦИЯ
КАТАЛИТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

2012



МНОГОЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ (ДО 100 АТМ)



2011



УСТАНОВКА ТЕРМОПАРОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ КРЕКИНГА



2010



УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ВАКУУМНОГО ГАЗОИЛЯ



2009



УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПАРОВОЙ И ВОЗДУШНОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ДАВЛЕНИИ



2010



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ РЕАКТОРОВ-РИФОРМЕРОВ



2011



УСТАНОВКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНЫХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ



2009



ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ДЕГИДРИРОВАНИЯ ПАРАФИНОВЫХ И ОЛЕФИНОВЫХ СЗ-С4 УГЛЕВОДОРОДОВ



2011



УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ГИДРОКРЕКИНГА ГУДРОНА И ДРУГИХ ТЯЖЕЛЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ДАВЛЕНИИ



2009



ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ МЕТОДОМ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ПРОПИТКИ

ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:

- КАК НАДЕЖНОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
- ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И ИЗУЧЕНИЮ КИНЕТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
- ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ ВЫГРУЖЕННЫХ, ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО АППАРАТА, ОБРАЗЦОВ КАТАЛИЗАТОРА
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА РАБОТЫ КАТАЛИЗАТОРОВ
- ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕЗАКТИВАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ И СПОСОБОВ ИХ РЕГЕНЕРАЦИИ
- ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РАБОТ В УНИВЕРСИТЕТАХ И КОЛЛЕДЖАХ ХИМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Рук. группы испытаний катализаторов
НТО ПК Бобрин А.С.Лабораторные Каталитические Установки
Технологические Стенды

Институт катализа им.Г.К.Борескова СО РАН

Россия, г. Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева, 5
тел/факс: +7 (383) 326 9495, www.catalysis.ru e-mail: bobrin@catalysis.ru

СИНЕРГИЗМ КАТИОНА ПЕРЕХОДНОГО МЕТАЛЛА И КИСЛОТЫ ЛЬЮИСА В КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ ПАРАФИНОВ В МЯГКИХ УСЛОВИЯХ

Шилина М.И.

*Химический факультет Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

mish@kinet.chem.msu.ru

Синергизм в каталитическом действии кислот Льюиса и солей переходных металлов, известный для реакций изомеризации и крекинга алканов, алкилирования непредельных и ароматических соединений, связывают обычно с образованием комплексов, обладающих большей кислотностью, чем исходная кислота Льюиса [1]. Недавно с использованием методов низкотемпературной ИК спектроскопии *in situ* и квантово-химических DFT расчетов мы установили, что на сформированных непосредственно в реакционной среде комплексах галогенидов переходных металлов (Co, Ni и т.п.) с галогенидами алюминия активация алканов протекает даже при низких (170-230K) температурах и осуществляется не по общепринятому для кислотного катализа карбокатионному механизму, а с промежуточным образованием алкилбиметаллических комплексов [2-4].

В данной работе осуществлена последовательная модификация высококремнистых цеолитов ZSM-5 солями кобальта и алюминия. Обнаружено, что в жидкофазных превращениях парафинов (C₇-C₁₂) в мягких условиях (400-460K) активность биметаллических систем увеличивается более чем на порядок по сравнению с водородной формой исходного цеолита. Методами ИК-фурье спектроскопии диффузного отражения, в том числе с участием адсорбированных молекул-зондов, EXAFS и ²⁷Al ЯМР спектроскопии зарегистрированы новые центры адсорбции и катализа, возникающие при совместном введении в цеолит модифицирующих добавок. Показано, что под действием модифицированных цеолитов протекание жидкофазной конверсии алканов по карбокатионному механизму маловероятно.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (12-03-00595, 11-03-00403).

Литература:

- [1] Ола Дж., Фарук О., Пракаш Дж.К.С. В кн. Активация и каталитические реакции алканов. Ред. Хилл К. М. :Наука. **1992**, 39
- [2] Шилина М.И., Бахарев Р.В., Смирнов В. В., *Докл. АН*, **2005**, 401, 779
- [3] Шилина М. И., Бахарев Р.В., Смирнов В. В., *Известия АН, Сер. хим.* **2008**, 2209
- [4] Шилина М.И., Глориозов И.П., Жидомиров Г.М., *Известия АН, Сер. хим.*, **2012**, 1834

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНВЕРСИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА ВОДЯНЫМ ПАРОМ

Ашуров Н.Р., Усманова М.М., Шевелева Е.Е., Долгов В.В.

*Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Республика Узбекистан
ashurov@globalnet.uz*

В данной работе рассмотрено влияние структурных характеристик компонентов низкотемпературного катализатора процесса конверсии СО и дисперсности на повышение эффективности. Известно, что нижние предельные температуры процесса ограничены условиями конденсирования водяного пара. В случае проведения процесса под давлением 2 – 3 МПа они составляют 180 – 200°C. Метод приготовления катализатора, в значительной степени определяет активность и стабильность работы катализатора. Например, цинк-медные катализаторы с добавкой оксида хрома (III), приготовленные соосаждением, обладают высокой активностью. В последние годы для этой цели начали использовать подходы нанотехнологий, благодаря значительному увеличению удельной поверхности контакта продуктов превращения и катализатора.

Целью исследования является экспериментальное исследование зависимости активности основного медьцинкхромового катализатора конверсии оксида углерода от его состава и условий приготовления оксидов металлов в растворе их солей. Идея заключается в снижении степени кристалличности оксида меди, не только путем введения стабилизирующих оксидов цинка и хрома, но и уменьшения размера частиц оксидов металлов в момент образования их из раствора солей под действием ультразвуковой обработки. Данные об изменениях параметров тонкой кристаллической структуры, рассчитанные на основании рентгеноструктурного анализа, свидетельствуют, что в области концентраций оксида меди от 10 до 50% можно наблюдать максимальное искажение решеток оксида меди и цинка, причем, они значительно выше, чем у оксида цинка. Изменение структурных параметров оксида цинка показывает, что твердый раствор оксида меди в оксиде цинка сохраняется до содержания ZnO не менее 40%.

ТЕРМОДИНАМИКА И КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ГОМОЛОГИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА В ПРОПИЛЕН

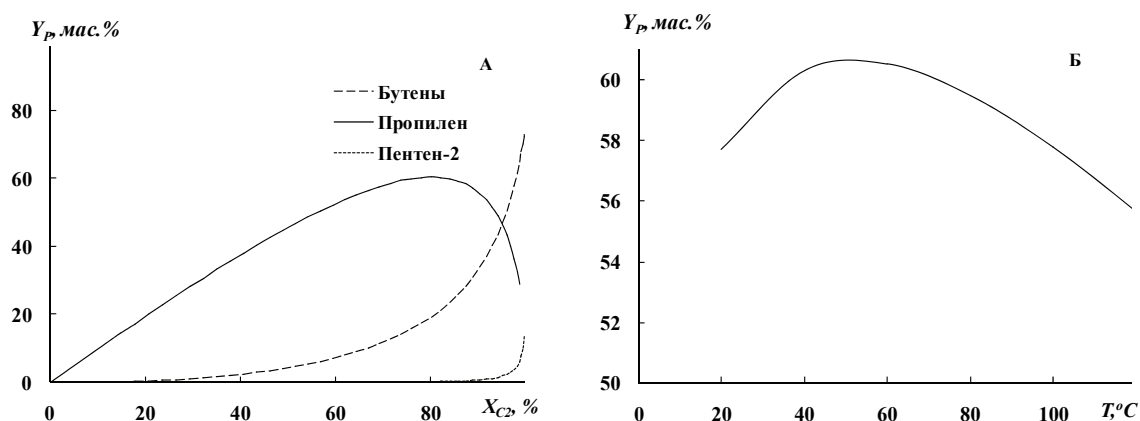
Булучевский Е.А.^{1,2}, Сайфулина Л.Ф.¹, Лавренов А.В.¹

¹*Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск, Россия*

²*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия*
bulu@ihcp.ru

Развитие процессов получения этилена из природного газа, а также возобновляемого сырья путем пиролиза этана и дегидратации этанола в настоящее время позволяет рассматривать этилен как сырье для производства пропилена. Для осуществления процесса гомологизации этилена в пропилен в одну стадию необходимо использование полифункционального катализатора, на котором должны одновременно протекать три процесса – димеризация этилена с образованием бутена-1, позиционная изомеризация бутена-1 в бутены-2 и их метатезис с этиленом.

В работе проведен термодинамический анализ процесса одностадийного синтеза пропилена из этилена, и показано, что осуществление процесса возможно в условиях, когда его лимитирующей стадией является димеризация этилена. При этом заметное протекание побочных реакций кросс-метатезиса с образованием углеводородов C_5+ возможно только при степени превращения этилена более 95 %.



А. Зависимость равновесного выхода продуктов превращения этилена от степени превращения при 60°C.
Б. Зависимость равновесного выхода пропилена при его синтезе из этилена от температуры.

Кинетика процесса одностадийного синтеза пропилена из этилена на катализаторах $Ni(Pd)/Re_2O_7/B_2O_3-Al_2O_3$ изучена в газовой фазе и в среде растворителя – гептана. Показано, что на исследуемых системах лимитирующей стадией процесса является димеризация этилена. При этом течение процесса в газовой фазе значительно осложняется блокировкой поверхности катализатора жидкими продуктами.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА КАТАЛИЗАТОРОВ МЯГКОГО ГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

Насуллаев Х.А., Джалалова Ш.Б., Юнусов М.П.

*Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт
им. А.С. Султанова, Ташкент, Республика Узбекистан
myunusov_uz@rambler.ru*

Мягкое гидрирование углеводородов в составе керосиновых и масляных фракций предназначено для снижения содержания полициклических веществ, параллельно с гидрообессериванием при умеренном давлении водорода. Сопоставлены физико-химические и каталитические свойства NiO-MoO_3 , NiO-WO_3 и $\text{NiO-MoO}_3\text{-WO}_3$ систем в зависимости от химического состава использованных солей активных компонентов, pH среды комплексных растворов и кратности пропиток титансодержащих носителей [1, 2]. Обнаружено, что по мере увеличения слоев поверхностного диоксида титана, нанесенного путем адсорбции TiCl_4 из газовой фазы на поверхность гранул, тщательно обезвоженного бипористого алюмокаолинборатного носителя (АКБ) [3], с последующим гидролизом связей $\text{Ti} - \text{Cl}$ происходит постепенное изменение текстуры и поверхностных свойств носителя. Уменьшается радиус мезопор с 8,7 нм до 8,4 нм, при сохранении объема крупных пор с радиусами 40-180 нм и прочностных характеристик. При нанесении 1-2 слоев диоксида титана на поверхности преобладают протонные центры с $\text{pK}_a = -5,6 \div -3$, а полная замена гидроксильного покрова, характерного для носителя АКБ, на $\text{Ti} - \text{OH}$ группы в результате нанесения 7-8 слоев сопровождается смещением максимума концентрации до $-3 < \text{pK}_a < +1,5$. Происходит изменение типа поверхностной кислотности, доминирующими становятся апротонные кислотные центры, а концентрация сильно возрастает, благодаря дисперсному состоянию диоксида титана на поверхности ($S_{\text{уд.}} = 274 \text{ м}^2/\text{г}$, $\text{C-3 } < \text{pK} < +1,5 = 0,38 \text{ моль/г}$).

В отличие от молекулярного наслаивания, введение TiO_2 в виде смешанной анатазно-рутильной модификации в формовочную массу при синтезе носителя АКБ, формирует носитель с удельной поверхностью не более $120 \text{ м}^2/\text{г}$ с минимальным количеством микропор. По данным ИКС и электронной спектроскопии адсорбированных молекул на поверхности сосуществуют протонные и апротонные кислотные центры, сила которых варьируется от $\text{pK}_a \leq -6,3$ до $\text{pK}_a \approx +2,4$. После нанесения активных компонентов на все исследованные носители на поверхности

оксидной формы катализаторов отсутствуют апротонные центры с $pK < -3$ и сильные протонные центры с $pK < -6$, а концентрация преобладающих центров с $pK_a \approx -3,3$ убывает в ряду: $NiO-MoO_3 > NiO-MoO_3-WO_3 > NiO-WO_3$.

Электронно-микроскопические исследования выявили увеличение количества частиц структур с Ni, Mo и W размерами менее 3 нм при модифицировании носителя молекулярным насаиванием, особенно заметное в случае $NiO-MoO_3-WO_3$. Доказано, что модифицирование носителя АКБ методом смешения, ограничивая взаимодействие активных компонентов с Al_2O_3 , способствует агрегации молибдата (вольфрамата) никеля в поровом пространстве. Высокодисперсные агрегаты никельмолибдатных и смешанных Ni-Mo-W структур, локализованные в крупных порах носителя, легко экстрагируются водой [2], восстанавливаются в области низких температур и активны в реакциях гидрирования. Ni-W структуры экстрагируются значительно труднее. При давлении 4-4,5 МПа сумма ароматических углеводородов на катализаторе $NiO-MoO_3/АКБ-TiO_2$ уменьшается с 28 до 19 масс. %, а без модифицирования - до 23 масс. %. Эксперименты на сырье, предварительно гидроочищенном до остаточного содержания серы 0,03 масс %, искусственно обогащенном нафталином или антраценом до 20 масс. %, зафиксировали большую степень убыли трициклических соединений, по сравнению с бициклическими. По мере увеличения давления в гидрогенизатах возрастает количество динафтенбензолов в результате последовательного гидрирования полициклических ароматических углеводородов до нафтоароматических веществ. Гидрирование нафтенов и частичное раскрытие нафтоновых колец обнаружено только на образце $NiO-WO_3/АКБ-TiO_2$ при давлении 6 МПа и сопровождается заметным облегчением фракционного состава гидрогенизата. Длительные испытания доказали стабильность гидрирующей активности и возможность получения керосина и базового масла, соответствующих международным стандартам.

Литература:

- [1] Кольцов С.И., Криулькин А.Н. // Журнал приклад. Химии. 1987. №6. 1250-1253.
- [2] Алексеенко Л.Н., Ландау М.В., Нефедов Б.К. // Кинетика и катализ 1984. 25. 492-496.

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ СИНТЕЗ ГАЗА В ДИМЕТИЛОВЫЙ ЭФИР**Водорезова О.Ю., Косова Н.И.***Томский государственный университет, Томск, Россия
vodorezova@vtomske.ru*

Диметиловый эфир (ДМЭ) является важным промежуточным соединением в химической промышленности при получении многих веществ, таких как диметилсульфат, метилацетат и легкие олефины. ДМЭ используется в качестве хладагента, растворителя, экстрагента, дизельного топлива и/или добавки к топливу, пропеллент для аэрозольных баллонов и в косметической промышленности. ДМЭ получают главным образом путем дегидратации метанола. Для промышленной реализации наиболее перспективным и энергосберегающим является совмещенный процесс получения диметилового эфира из синтез-газа (СО и Н₂) на катализаторах синтеза метанола и его дегидратации.

В Лаборатории каталитических исследований ТГУ проводится разработка совмещенного процесса получения диметилового эфира на катализаторах синтеза метанола (Cu-Zn-O системы) и катализаторов дегидратации метанола (γ -Al₂O₃), послойно загруженных в один реактор. Определены оптимальные условия ведения процесса получения ДМЭ из СО и Н₂ (в интервале давлений 1–5 МПа и температур 473–573 К). Методом ИК-спектроскопии адсорбированного СО определено наличие Льюисовских и Бренstedовских кислотных центров на поверхности катализаторов получения ДМЭ и изменение их концентрации в ходе катализа. Исследовано влияние реакционной среды на изменение состава и структуры катализаторов. Показано, что в условиях окислительно-восстановительной среды катализатор синтеза метанола претерпевает изменения: уменьшается удельная поверхность, увеличивается средний диаметр пор, восстанавливается и появляется фаза металлической меди. Структура γ -Al₂O₃ в процессе катализа сохраняется.

Таким образом, перспективным является разработка технологии совмещенного получения ДМЭ из СО и Н₂.

Работа выполнена на оборудовании Центра коллективного пользования сорбционных и каталитических исследований Томского государственного университета.

Проект выполняется при поддержке РФФИ № 13-08-98129 *p_сибирь_a*

BIMETALLIC Au-Cu CATALYSTS IN REFORMING OF METHANOL REACTION

Mierczynski P., Maniecki T.P.

*Lodz University of Technology, Institute of General and Ecological Chemistry, Lodz, Poland
pawel.mierczynski@p.lodz.pl*

The aim of this work was to determine the catalytic and physicochemical properties of Cu and Au-Cu supported catalysts in steam reforming of methanol reaction. To achieve the main goal of this work the monometallic copper and bimetallic Au-Cu supported catalysts were prepared by conventional impregnation and deposition-precipitation methods, respectively. The support ZnAl_2O_4 was obtained by co-precipitation method. Aqueous solutions of 1 M zinc acetate and 1 M aluminium nitrate were mixed in appropriate quantity under vigorous stirring at 80°C. The resulting fine precipitates were washed two times in deionized water and then dried at 120°C for 15 h and subsequently calcined for 3 h in air at 600°C. The copper catalysts were dried and calcined 4h in air at 400°C or 200°C depending on the catalyst.

The physicochemical properties of catalysts were examined by BET, XRD, NH_3 -TPD and TPR methods. The activity tests in methanol steam reforming were carried out over all studied catalysts in the temperature range 180 to 250°C in a flow quartz reactor under atmospheric pressure ($\text{H}_2\text{O} : \text{CH}_3\text{OH} = 1$).

The formation of spinel ZnAl_2O_4 structure during calcination process was proved by XRD technique. The introduction of copper ions into ZnAl_2O_4 structure caused the formation of spinel CuAl_2O_4 structure and decrease of specific surface area. Activity tests in steam reforming of methanol carried out for all systems showed that the highest activity exhibited 20%Cu/ ZnAl_2O_4 . The promotion of copper supported catalysts by gold caused the increasing of the selectivity to CO_2 and decreasing of oxygenates formation. Furthermore, addition of gold into Cu/ ZnAl_2O_4 facilitates the reduction of copper catalysts. Activity results showed that the conversion of methanol depends strongly on the metallic surface area of copper. Catalysts with the highest copper content (20% Cu wt.) showed the higher hydrogen yield and conversion of methanol at lower temperature in comparison to catalyst with low copper loading (5% Cu wt.).

Acknowledgments - The financial support of this work by the NCN grant (National Science Centre, Grant No. 2012/05/D/ST8/02856) is gratefully acknowledged.

METHANOL SYNTHESIS OVER CERIA, ZIRCONIA DOPED Cu-ZnO-Al₂O₃ CATALYSTS

Maniecki T.P., Mierczyński P., Kaczorowski P., Ura A.

*Lodz University of Technology, Institute of General and Ecological Chemistry, Lodz, Poland
tmanieck@p.lodz.pl*

In this work the effect of the catalyst composition on their performance in methanol synthesis were studied. The catalysts were prepared according to following procedure:

- Cu (20%wt) – ZnO(40%wt) - Al₂O₃(40%wt) was prepared by coprecipitation method
- mixture of hydroxides was dried and calcined at 400°C in air
- the zirconium or cerium was deposited from water solutions of appropriate oxonitrates (1 and 5% of wt) by impregnation method
- the catalysts were dried and then calcined at 400°C in air

All samples were characterized by following techniques: BET, TPR, TPD, TOF-SIMS, SEM-EDS, XRD. Catalytic activity was studied under pressure (40 bar) in fixed bed reactor.

The specific surface area of the catalysts was in the range 20-60m²/g. It was observed that addition of cerium or zirconium oxides decreases the specific surface area of samples. This effect can be attributed to the filling of catalysts pores by cerium or zirconium ions. This effect is especially observed after deposition 5% wt ceria/zirconia. Studies of the susceptibility to reduction of investigated systems show the presence two or three reduction effects. Two effects were observed for undoped and zirconia doped catalysts which were connected to the presence of two kind of copper oxide (weakly and strongly bonded with the surface). The third effect was observed only for ceria doped catalysts and it was connected to partial reduction of superficial CeO₂ to non-stoichiometric cerium oxides. The investigation of catalysts surface using SEM-EDS method confirmed the presence of following elements on the catalyst surface: Zn, Al, Cu, Ce/Zr (dependently on the catalyst composition). Phase composition studies were carried out for calcined and reduced samples. XRD patterns confirmed the presence of the following crystalline phases: ZnO, ZnAl₂O₄, CuO/Cu. Due to high dispersion of ceria/zirconia oxides, the reflexes connected to ZrO₂/CeO₂ phase were not observed. Catalytic activity tests for investigated catalysts showed methanol yield in the range 50-170g/kg cat/g. After cerium (4%) and zirconium (5%) promotion the catalytic activity was slightly decreased, whereas a significant growth in selectivity to methanol (from 40 to 90 %) in both cases was observed.

Acknowledgements The financial support of this work by the NCN grant (Grant 0680/B/H03/2011/40) is gratefully acknowledged.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА
ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Молчанов В.П., Сульман Э.М.

*Тверской государственный технический университет
(Институт нано- и биотехнологий), Тверь, Россия
science@science.tver.ru*

В условиях ограниченности запасов нефти переработка нефтешламов с получением газообразных и жидких энергоносителей является актуальной задачей. С другой стороны ряд регионов страны имеют значительные запасы торфа, который является энергетически ценным возобновляемым сырьем. Торф может быть использован для увеличения эффективности сбора и термической переработки нефтесодержащих отходов. Наиболее перспективным методом переработки органического сырья различного происхождения в газообразные и жидкие углеводороды является каталитический пиролиз.

В настоящей работе исследован процесс каталитического пиролиза сфагново-пушицевого торфа и модельного нефтешлама из нефти Каспийского месторождения в массовом соотношении 1:1. Исследование процесса пиролиза смеси проводилось в реакторе со стационарным слоем в среде азота в интервале температур 450 - 650 °С. Получаемые газообразные продукты исследовались методами газовой хроматографии и калориметрии. В качестве катализаторов пиролиза использовались природные алюмосиликаты и хлориды металлов подгруппы железа с концентрацией от 1 до 20% (масс).

Пиролиз смеси торфа и нефтешлама приводил к увеличению выхода жидкой фракции на 10% по сравнению с прогнозируемым расчетным значением. Увеличение эффективности процесса пиролиза смеси может быть связано с положительным взаимным влиянием компонентов смеси на процесс термодеструкции за счет увеличения теплопроводности системы, которое обусловлено наличием минеральной фракции в нефтешламе. Применение бентонитовой глины и хлорида кобальта в качестве катализаторов приводило к увеличению конверсии смеси торфа и нефтешлама в газообразные и жидкие продукты. Увеличение содержания углеводородов C₁-C₃ в составе газообразных продуктов составило 10-20% (масс.).

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ, НОСИТЕЛЯ И КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ОСУШКИ И ОКИСЛЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА

Мансурова М.С., Иноков Х.П., Шерматов Б.Э.

Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт

им. А. Султанова, Ташкент, Узбекистан

УДП «Мубарекский ГПЗ», Мубарек, Республика Узбекистан

Uzkfti @rambler.ru

Приоритетным направлением технического прогресса Республики Узбекистан является развитие и усовершенствование газо-и нефтеперерабатывающей отрасли. До настоящего времени основные процессы газо- и нефтепереработки основывались на катализаторах и сорбентах, поставляемых в Республику из-за рубежа. Однако, научные исследования последних лет, проводимые в научно-исследовательских центрах, показывают возможность замены этих экспортируемых компонентов на разработанные отечественные катализаторы и сорбенты. При этом, наличие природного сырья и регенерированных отходов производства дает возможность использовать их в разработке катализаторов и сорбентов. Решение этой проблемы приводит к экономической независимости республики и снизит затраты получаемых товарных продуктов. Принимая во внимание выше сказанное, в институте были установлены научно-технические связи с УДП «Шуртаннефтегаз», «Мубарекский ГПЗ», «Ферганский НПЗ» и выявлены наиболее важные направления, которые легли в основу научных разработок института.

Для решения поставленных задач, в лаборатории «Сорбционных процессов и катализаторов органического синтеза» УзКФИТИ были разработаны технологии регенерации цеолита и отработанного активированного угля. Показана возможность их дальнейшего использования для очистки природного газа от сероводорода; замены гликолевой осушки; для осушки сжатых газов автозаправочных станций; углеадсорбционной очистки и осветления аминных растворов.

Кроме того, в настоящее время лабораторией проводятся научно-исследовательские работы по подбору и созданию импортозамещающих катализаторов для процессов получения серы. Разработана технология получения носителей на основе природного сырья и отходов производства газоперерабатывающей отрасли. Полученные носители Г-25 и регенерированный цеолит РК-38 обладают достаточно развитой удельной поверхностью (189,0 и 520 м²/г, соответственно) механической

прочностью (14,3; 14,0 кг/гран) и водопоглощением (44,6; 52 %). Согласно литературным и экспериментальным данным наиболее активными компонентами в приготовлении катализатора селективного окисления сероводорода являются оксиды переходных металлов. Поэтому для наиболее активного компонента, как оксид никеля, кобальта, ванадия, хрома, железа, нанесенного на выбранные нами носители, их концентрация во всех синтезированных образцах катализаторов составляла от 0,5 до 15 % вес.

Все перечисленные образцы катализаторов готовились методом пропитки с учетом водопоглощения носителей, определенных нами заранее, и концентрации исходных растворов нитратов переходных металлов, обеспечивающих получение катализаторов с 0,5-15 % содержанием оксидов переходных металлов.

Активность и селективность синтезированных образцов изучались на лабораторной каталитической установке в интервале температур 200 –325 °С в соизмеримых условиях промышленности. По результатам исследований в качестве активного компонента выбран образец катализатора с содержанием 10% окиси железо и проведены работы по определению срока службы и физико-химических свойств.

Железооксидный катализатор проявляет достаточно высокую стабильность. Испытания, проведенные в процессе длительной работы, показали, что активность и селективность остается практически без изменения. Рентгенографический и химический анализ образца катализатора после изучения срока службы показали, что фазовый состав его остается без изменения, содержание сульфидов в нем не обнаружено. На выбранный оптимальный образец разработан опытно-промышленный регламент на приготовление катализатора, выпущена опытно-промышленная партия, которая испытана в промышленных условиях УДП «Шуртаннефтегаз» и «Мубарекский ГПЗ» в процессе окисления сероводорода.

Разработанный катализатор на основе местного сырья и отхода производства по стоимости в два раза дешевле импортного, выход серы – товарной продукции на 8-10 % больше, по сравнению с промышленным аналогом. Замена промышленного импортного катализатора на разработанный катализатор позволит сократить валютные затраты Республики Узбекистан.

CARBON-METAL SYSTEMS FOR CLEANING AIR-GAS MIXES FROM COMPOUNDS OF AMMONIA

**Kabulov A.T., Tokpaev R.R., Nechipurenko S.V., Atchabarova A.A., Efremov S.A.,
Nauryzbaev M.K.**

*Daughter State Enterprise "The Center of Physical-Chemical Methods of Research and
Analysis" of the Republican State Enterprise "al-Farabi Kazakh National University",
Almaty, The Republic of Kazakhstan
efremsa@mail.ru*

Intensive development of the industry and special attention to environmental problems leads to search of the new highly effective materials for an adsorption of compounds of wide range from gas and liquid systems. One of such effective materials are sorbents impregnated by different salts of metals [1].

In this work we investigated sorbents based on mineral and vegetable raw materials. Shungite breeds of the deposit "Bolshevik" in the East Kazakhstan region acted as mineral raw materials. As vegetable raw materials acted: coals based on coconut and bones of apricots.

Research have revealed that sorbents based on coconut and apricot bones have more surface area and total pore volume [2,3]. Table 1 shows the results of the experiment.

Table 1. Characteristics of sorbents

	The sorbent based on shungite	The sorbent based on haloxylon	The sorbent based on coconut	The sorbent based on bones of apricots
Specific surface area, $S, \text{m}^2 / \text{g}$	245	367	664,7	815,9
Total pore volume, cm^3 / g	0,48	0,59	0,61	0,63
Ash content, %	35	11	18	13
pH of aqueous extract	8,4	8,5	7,2	7,1

Produced sorbents had been tested for the cleaning of gas-air mixtures from ammonia. Research of the absorption of ammonia gas mixture is performed at layer height with 25 cm and flow rate of gas 300-350 ml/min in a dynamic chuck with diameters 8 mm. As a result, the sorbent based on shungit showed protective action time 15 min, based on coconut - 25 minutes, based on bones of apricots - 30 min.

For the increase the adsorption properties and the protective action by the ammonia, had been carried out impregnating sorbents with metal salts. As a result, carbon-metal systems

(catalysts) were received, which also were tested for the cleaning of gas-air mixtures from ammonia

Represented experimental data shows that the efficiency of sorbents based on mineral and vegetable raw materials increases by impregnation them with metal salts. Catalyst based on shungit showed protective action time 125 min, based on coconut - 120 minutes, based on apricot kernels 135 min. In comparison with the obtained results, was researched protective action time from ammonia of industrial sample, which showed 120 min [4].

Carbon-metal systems based on vegetable raw materials impregnated with metal salts can be recommended as adsorbents for the manufacture of cartridges for the cleaning of industrial facilities from compounds of ammonia.

This publication has been made within the Sub-project “Creation of pilot production of nano-structured carbon-containing materials for chemical-technological processes” which is funded under the Technology Commercialization Project, supported by the World Bank and the Government of the Republic of Kazakhstan. Statements may not reflect the official position of the World Bank and the Government of the Republic of Kazakhstan”.

Literature:

- [1] Nechipurenko S.V., Duhnitsky V.N., Efremov, S.A., Nauryzbaev / / Sorbents as a factor in the quality of life and health: Proceedings of the II All-Russian Conference with international participation, the 130th anniversary of the Belgorod State University. - Belgorod, 2006. - P. 170-173.
- [2] GOST 25699.4. The method of determining the specific adsorption surface.
- [3] GOST 12.4.159-90. Methods for determination of the time of the protective action of the filter absorbing boxes of gaseous pollutants.
- [4] Dreving V.P., Muttik G.G., Experimental methods in molecular adsorption and chromatography. - Moscow: Moscow State University, 1990. - P. 160-164.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ НА ЦЕОЛИТАХ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ КРИСТАЛЛАМИ

Аксёнов Д.Г., Ечевский Г.В.

*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия
aksenov@catalysis.ru*

Использование мезопористых цеолитов и цеолитов с наноразмерными кристаллами в качестве катализаторов имеет большие перспективы в нефтепереработке и нефтехимии. По сравнению с цеолитами с микронным размером кристаллов данные системы обладают, как правило, повышенной активностью и стабильностью [1]. Исходя из этого, нами была выполнена работа по проверке возможности использования цеолитов с наноразмерными кристаллами в процессе БИМТ. Процесс БИМТ представляет собой технологию одностадийной переработки дистиллятов с концом кипения до 360 °С, или газовых конденсатов в высокооктановые бензины, зимнее дизельное топливо и сжиженный газ C₃-C₄ [2-4].

Работа выполнена на цеолитах типа ZSM-5 с наноразмерными кристаллами в проточной установке при давлении 1.0 МПа и температуре 350 °С. В качестве образца сравнения использовали промышленный катализатор ИК-30-БИМТ. Весовая скорость подачи сырья находилась в интервале 1.4–2.0 ч⁻¹. В качестве сырья использовали стабильный газовый конденсат с концом кипения 370 °С.

Проведенные эксперименты показали, что при одинаковой скорости подачи сырья октановое число бензина получаемого на цеолитах с наноразмерными кристаллами на 8–10 пунктов выше, чем у бензина, получаемого на промышленном катализаторе ИК-30-БИМТ. При производстве бензина с одинаковым октановым числом, использование цеолитов с наноразмерными кристаллами снижает выход газа на 3 – 5 %, при увеличении нагрузки на катализатор в 1.5 раза по сравнению с промышленным катализатором. В результате использование цеолитов с наноразмерными кристаллами позволяют существенно улучшить экономику процесса БИМТ.

Литература:

- [1] Ali A. Rownaghi, Fateme Rezaei, Jonas Hedlund., Microporous and Mesoporous Materials, **2012**, 151, 26
- [2] Ечевский Г.В., Наука и технологии в промышленности, **2002**, №2, с.62.
- [3] Патент РФ №2216569
- [4] Аксёнов Д.Г., Ечевский Г.В., Oil&Gas Journal Russia, **2012**, №8, с.84

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЕМЕРКАПТАНИЗАЦИИ ЖИДКОГО И ГАЗООБРАЗНОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Гулямов Ш.Т., Джалалова Ш.Б., Турабжанов С.М., Юнусов М.П.
*Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт
им. А.С. Султанова (УзКФТИ), ТХТИ, Ташкент, Республика Узбекистан
shaxnoz236@ramler.ru*

Объемы добычи и переработки меркаптан- и сероводородсодержащих газов и газоконденсатов неуклонно увеличиваются как в странах СНГ, так и в других странах мира, что связано с возросшими потребностями различных отраслей экономики в углеводородном сырье. Проблема удаления и сероводорода, и меркаптанов из газообразного углеводородного сырья по-прежнему стоит перед производителями, несмотря на то, что к настоящему времени хорошо известны несколько подходов в этой проблеме. Эта проблема существует в смысле выбора гибкого по отношению к качеству сырья, приемлемого по стоимости, безотходного и экономичного способа обессеривания. На МППЗ очистка газов от кислых компонентов осуществляется абсорбционным методом, с помощью которого концентрация сероводорода снижается с 0,06-3,3 до 0,0001-0,0004 об. %, при этом содержание плохо абсорбируемых меркаптанов в очищенном газе сохраняется на уровне 18-20 мг/м³, что не соответствует требованиям к качеству товарного газа.

В связи с этим, нами разработана усовершенствованная технология очистки природного газа, а именно, до абсорбции метилдиэтаноломином подвергать гидроочистке часть сырьевого потока, для практически полной конверсии меркаптанов в легко абсорбируемый сероводород с применением нового катализатора демеркаптанзации. Для этой цели синтезирован ряд образцов новых отечественных катализаторов демеркаптанзации природного газа на базе местного минерального сырья и отходов производства. Получение катализатора предусматривает формовку кремний содержащего носителя в виде рифленых колец, форма и размеры которых обеспечивают благоприятные гидродинамические условия для протекания процесса демеркаптанзации при высоких объемных скоростях газового потока, обладающего высокой механической прочностью и оптимальными текстурными характеристиками. Нанесение активных металлов на поверхность разработанных носителей осуществляли

двумя способами. Последовательной пропиткой носителя щелочным раствором парамолибдата аммония, с промежуточным прокаливанием для термического закрепления молибдатных структур на поверхности образца и последующей пропиткой смешанным раствором нитратов никеля и железа при низких значениях pH. Однократную пропитку проводили погружением гранул в комплексный раствор молибдата аммония, азотнокислых солей никеля и железа, стабилизированных фосфорной кислотой. Оба типа катализаторов подвергали заключительной прокалке. Сопоставлением результатов электронной спектроскопии диффузного отражения, селективной экстракции активных компонентов и электронно-зондового анализа выявлено, что наибольшее количество прочносвязанных с носителем молибдатных структур образуется в случае однократной пропитки комплексным раствором всех активных компонентов в присутствии фосфорной кислоты.

Методом электронно-зондового анализа в составе сухого водного экстракта обнаружено присутствие фосфора, никеля, железа и молибдена. При этом количество ионов молибдена, превышает стехиометрически рассчитанное для образования NiMoO_4 и FeMoO_4 и, вероятно, связанного с фосфором в составе гетерополимолибдатов. Комплексом физико-химических методов исследования показано, что при приготовлении катализаторов протекает ряд процессов с изменением валентного состояния и координации наносимых переходных металлов при их взаимодействии между собой и с гидроксильными группами носителя в условиях достаточно высоких температур. Добавление никеля и железа в молибдат алюминия приводит к образованию сложной оксидной системы содержащей NiMoO_4 и $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ и, вероятно, тройное оксидное соединение $\text{Ni}_2\text{Fe}_2\text{Mo}_2\text{O}_{12}$.

Серия экспериментов, проведенная на проточной микро каталитической установке низкого давления, выявила зависимость снижения содержания сернистых соединений в очищаемом природном газе от исходной концентрации сероводорода и молекулярной массы меркаптанов, соотношения метан : водород, парциального давления водорода, температуры и объемной скорости процесса.

Таким образом, в лабораторных условиях на мелком зерне показана возможность получения природного газа с содержанием меркаптанов не более $0,0001 \text{ мг/м}^3$ в присутствии разработанного многокомпонентного катализатора.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА КАТАЛИЗАТОРОВ ПРЯМОГО ОКИСЛЕНИЯ H_2S НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО АДСОРБЕНТА

Мансурова М., Шерматов Б.Э., Артукова Г.Ш., Иноков Х.П.

Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт

им. А. Султанова, Ташкент, Республика Узбекистан

УДП «Мубарекский ГПЗ», Мубарек, Республика Узбекистан

Uzkfi ti@rambler.ru

Адсорбент РК-38 (цеолит типа СаА), отработанный в адсорбционных аппаратах очистки природного газа, обладает набором физико-химических и каталитических свойств, которые позволяют считать его одним из перспективных носителей для приготовления катализатора прямого окисления сероводорода до элементарной серы [1]. Однако, химизм превращений, протекающих в процессе нанесения ионов переходных металлов на отработанный цеолит, практически не изучен.

Технология приготовления катализатора предусматривает, однократную пропитку по влагопоглощению одного из нитратов (железа, кобальта или никеля) при небольшом избытке пропитывающего раствора. В процессе пропитки происходило подщелачивание пропитывающего раствора (содержание солей обеспечивало получение образцов с заданной концентрацией соответствующих оксидов). После пропитки и провяливания гранулы подвергали сушке и термообработке с выдержкой при температуре 500 °С в течение часа.

Методом дифференциального термического анализа и ИКС показано, что пропитка РК-38 солями ионов переходных металлов сопровождается частичным разрушением кристаллической решетки цеолита, прогрессирующее при переходе от нанесенного кобальта к никелю и далее к железу. Рентгенографически установлен факт увеличения степени аморфизации цеолитной структуры с ростом концентрации пропиточных растворов. При этом катионы железа вытесняют не только обменные катионы, но и затрагивают структурные катионы алюминия, расположенные по краям зерен цеолита. Подщелачивание среды, происходящее при пропитке, обуславливает образование смешанного гидрогеля из аква-комплексов нитрата железа, гидроксида алюминия и солей кремниевой кислоты. При прокаливании до 500 °С еще больше меняется структура образца. Вследствие необратимой фиксации обменных катионов железа и их постепенной миграции в малые полости цеолита СаА, происходит некоторое смещение рефлексов от $\text{Ca}_6(\text{AlSiO}_4)_{12} \cdot 30 \text{H}_2\text{O}$ и $(\text{NaAlSiO}_4)_{12} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ в рентгенограммах.

Появление зародышей фаз Fe_2O_3 ($d = 2,95$; $2,52$ и $2,09$ Å) и CaCO_3 ($d = 3,03$; $1,87$ и $3,85$ Å) на их фоне свидетельствует о достаточно высокой дисперсности активного компонента на поверхности носителя и раздельном термическом разложении гидратированных соединений железа и кальция в составе гидрогеля обволакивающего кристаллы цеолита. Кроме того, значительная часть гидроксидов железа и кальция локализуется на поверхности гранул RK-38 и в промежутках между ними в виде пылевидного налета или чешуек, хотя расслоение фаз в гидрогеле, отмеченное в работе [2] для системы NiO/CaA, происходит менее отчетливо из-за не слишком сильного различия ионных радиусов Fe^{3+} ($0,67$ Å), Al^{3+} ($0,57$ Å) и Ca^{2+} ($1,06$ Å). В дифрактограммах катализаторов с высокой концентрацией железа, прокаленных при 550°C , уже отчетливо идентифицируются зародыши мелкокристаллических фаз Fe_2O_3 , CaCO_3 и SiO_2 . Согласно дифрактограммам, наименьшее разрушение цеолитного каркаса наблюдается для системы CoO/RK-38, а NiO/RK-38 занимает промежуточное положение.

Электронные спектры подтверждают присутствие гидроксидов переходных металлов в воздушно-сухих образцах, наряду с не гидролизрованными молекулами соответствующих нитратов. В высушенном NiO/RK-38 спектрально проявляются ионы Ni^{2+} от окклюдированного нитрата никеля в полостях цеолита содержащего обменные H^+ , обладающих кислотными свойствами, что естественно препятствует гидролизу. Им соответствуют полосы $27,0$, $21,7$ и $16,6$ см^{-1} . Кроме того, характер спектров NiO/RK-38 и CoO - RK-38 термообработанных при умеренных температурах указывает на присутствие ионов никеля и кобальта в трехвалентном состоянии, аналогично эффекту, описанному в работе [2]. При температуре окончательной термообработки катализаторов протекает процесс восстановления ионов Ni^{3+} и Co^{3+} до двухвалентного состояния.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шерматов Б.Э., Норчаев И.Х., Талипов Г.Ш. Окисление серосодержащих газов регенерации диэтанолamina на различных носителях (сообщение 1). // Узбекский журнал нефти и газа. 2004. №4. с.30-32.
- [2] Кадыров И.К., Молодоженов Т.Б., Бектурдиев Г.М. и др. Исследование процессов происходящих при нанесении никеля и молибдена на регенерированный цеолит CaA. // Процессы нефтехимии и нефтепереработки. 2002. №2. С.72-75.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ КИСЛОРОДОМ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИМЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

**Емельянова В.С., Шакиева Т.В., Каирбеков Ж.К., Досумова Б.Т.,
Джаткамбаева У., Мылтыкбаева Ж.К., Мухитова Д.**

*ДГП НИИ Новых химических технологий и материалов РГП КазНУ им. аль-Фараби
МОН, Алматы, Республика Казахстан
dossumova63@mail.ru*

Мы обнаружили, что в ультразвуковом поле в мягких условиях (20 - 30° С) в присутствии иммобилизованных на полиакриловую кислоту комплексов кобальта осуществляется окисление диоксида серы кислородом.

Лабораторная установка для исследования звукохимических реакции представлена в [1].

Водные растворы комплекса кобальта имеют pH в области 7-8. В этой области pH SO₂ находится в виде SO₃²⁻, поэтому в качестве источника SO₂ брали Na₂SO₃, и для оптимизации условий очистки газов от SO₂ использовали реакцию (1)



Реакция окисления сульфита натрия кислородом в присутствии комплексов кобальта, закрепленных на полиакриловую кислоту нами детально изучена ранее [2]. Показано, что в интервале $C_{\text{Co}(\text{NO}_3)_2}$ от 10⁻³ до 10⁻² моль/л скорость окисления Na₂SO₃ кислородом описывается уравнением:

$$W_{\text{O}_2} = \frac{k_1 \cdot C_{\text{Co}(\text{NO}_3)_2} \cdot \alpha_1 + k_2 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 C_{\text{Co}(\text{NO}_3)_2}^2}{1 + C_{\text{Co}(\text{NO}_3)_2} \cdot \alpha_1 + C_{\text{Co}(\text{NO}_3)_2}^2 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2} \quad (2)$$

где k_1 и k_2 – парциальные константы скорости, характерные для моноядерных и биядерных комплексов кобальта, α_1 и α_2 – константы равновесий:



Вычисленные кинетические и термодинамические константы в присутствии ультразвука приведены ниже:

	k_1 , л/моль · с	k_2 , л/моль · с	α_1 , л/моль	α_2 , л/моль
с ультразвуком	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^3$
без ультразвука	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	1,98	3,3

Необходимо отметить, что в присутствии ультразвука константа образования биядерных комплексов кобальта, закрепленных на ПАК примерно на три порядка, а константа скорости на порядок выше, чем в отсутствии УЗИ.

Литература:

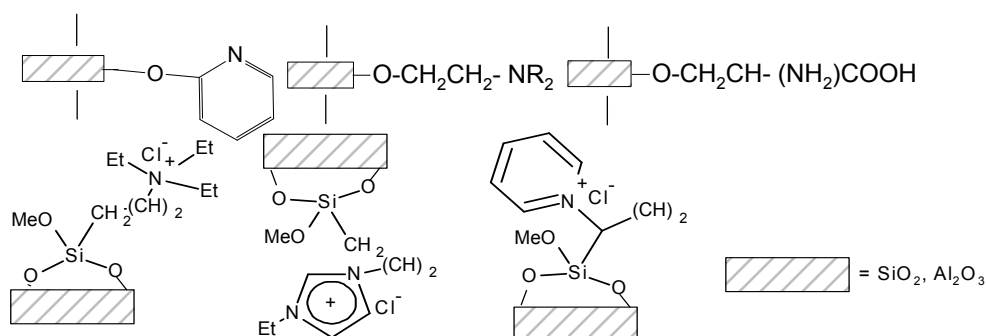
- [1] Емельянова В. С., Шакиева Т. В., Елубай М., Аскарова Н., Талтенов А. А. Окисление диоксида серы кислородом в водных растворах в присутствии оксидов азота и комплексов железа, закрепленных на полиакриловую кислоту в ультразвуковом поле // Вестник КазНУ. Серия химическая. - 2009. - №3 (55). - С. 132-139.
- [2] Емельянова В.С., Юлдашева Г.А., Жубанов К.А, Сармурзина А.Г., Карамурзин Б.О., Шакиева Т.В., Турдыкулова А.К. Влияние ацетонитрила на процесс окисления диоксида серы кислородом в присутствии закрепленных на полиакриловую кислоту комплексов кобальта // Вестник КазНУ, серия химическая, 2004, №4(36), с. 139 – 143

ГЕТЕРОГЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСОВ

Тарханова И.Г.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносов, химический
факультет, Москва, Россия
itar_msu@mail.ru*

Селективное окисление меркаптанов кислородом с образованием дисульфидов обычно проводят в щелочных водных растворах в присутствии фталоцианинов переходных металлов. Бесщелочной способ окисления предполагает использование в качестве катализаторов комплексов металлов с органическими лигандами, главным образом, азотсодержащими [1-3]. Основным недостатком этого метода является загрязнение нефтяного сырья азотистыми соединениями и солями переходных металлов. Этого недостатка можно избежать, используя металлокомплексы, иммобилизованные на поверхности минеральных носителей за счет образования прочных ковалентных связей между лигандом и подложкой [4].



Иммобилизация на поверхности минеральных носителей комплексов меди с аминспиртами, аминокислотами, ионными жидкостями из ряда четвертичных аммонийных солей позволяет получать гетерогенные катализаторы окисления серосодержащих соединений. Достоинством таких катализаторов является сочетание высокой производительности и стабильности.

Работа выполнена при финансовой поддержке ООО НИКСА, Darville Enterprises Limited. Носитель Perlkat предоставлен BASF – The Chemical Company

[1] Tarkhanova I.G., Gantman M.G., Rostovschikova T.N. // *Phosphorus, Sulfur and Silicon and the related elements*. **2012**. 187. № 1. P. 88-100.

[2] Tarkhanova I.G., Gantman M.G., Chizhov A.O., Smirnov V.V. // *Reac. Kinet. Mech. Cat.* 2010. V. 101. P. 267-278.

[3] Патенты РФ 2358004, 2398735.

[4] Евразийский патент № 005122, Patent US 7087547, Патент РФ 2404225



Стендовые доклады

РР-1 ÷ РР-31

HYDROCONVERSION OF WAX PARAFINE OVER BIMETALLIC Pd-Ni AND Pt-Ni SUPPORTED CATALYSTS

Mierczynski P., Maniecki T.P.

*Lodz University of Technology. Institute of General and Ecological Chemistry, Lodz, Poland
pawel.mierczynski@p.lodz.pl*

Depletion of fossil fuels, increasing of greenhouse gas emissions and continuous rise of fuel prices on world markets in recent years led to the development of research on the exploration of alternative energy source. The ideal solution seems to be production of fuel fraction by hydroconversion of wax paraffin product obtained from Fisher-Tropsch synthesis.

Due to those reasons the aim of this work was to determine the influence of platinum and palladium addition on physicochemical and catalytical properties of Ni/Zeolit β catalysts in hydroconversion reaction. Additionally, the influence of the reaction parameters on catalytic activity of nickel supported catalysts in hydroconversion process was also studied in this work.

In order to achieve the intended purpose the monometallic Ni, bimetallic Pt-Ni and Pd-Ni catalysts supported on zeolite β were prepared by conventional impregnation methods. The nickel content was 1, 5 and 10% wt., platinum or palladium content was 0.5% wt. The physicochemical properties of the catalysts were examined by BET, XRD, TPR and TPD-NH₃ methods. Catalytic activity were performed in stirred high pressure reactor at various temperatures. The initial pressure of the process was 6MPa, hydroconversion process was run by 1, 2 or 4 h. The product composition were determined by GC-MS technique.

The activity tests carried out over all supported catalysts in hydroconversion process showed that bimetallic catalysts require lower temperature to achieve higher content of fuel fraction in liquid product in comparison to nickel catalysts. It is worth to noticed that the activity of catalysts used in hydroconversion reaction depends strongly on the acidity of applied systems. The phase composition studies carried out for catalytic systems confirm the presence of crystalline form of zeolite β , as well as in the case of highly loaded nickel samples the presence of NiO phase (for catalysts containing 5 and 10% of Ni). The result of basicity measurements confirmed that introduction of nickel decreases the amount of sorbed ammonia.

Acknowledgement: Young Scientists' Fund at the Faculty of Chemistry, Technical University of Lodz

CARBON –METALLIC CATALYSTS BASED MINERAL RAW MATERIALS IN THE PROCESSES OF PURE ANTIMONY PRODUCTION

**Vassilkova A.G., Tokpaev R.R., Kabulov A.T., Nechipurenko S.V., Efremov S.A.,
Nauryzbaev M.K.**

*Daughter State Enterprise “The Center of Physical-Chemical Methods of Research and
Analysis” of the Republican State Enterprise “al-Farabi Kazakh National University”,
Almaty, Republic of Kazakhstan
nauryzbaev@cfhma.kz*

This work is devoted to the study of the carbon-metal catalysts in the processes of pure antimony production from domestic, cost-effective raw materials - shungite, forming a natural layer and dumps after mining and enrichment of polymetallic ores.

As a result of this work were obtained four types of media on the basis of shungite, deposits of "Bolshevik", the East Kazakhstan region. Structure of schungite carrier was studied by the method of electron microscopy with use of the scanning electron microscope Quanta 3D 200i in Nanotech Laboratory of Kazakh National University by al-Farabi. Based on the data received by the electron microscopic analysis, one can observe quantity and size changes of pores on a catalyst surface depending on degree of schungite rock enrichment. The morphology of a surface of catalysts carriers is characterized by mesoporous structure.

Application was carried out by impregnation of palladium from the solution by evaporation. The palladium content in all the prepared catalysts was 0.1% and 0.3% by weight, that was controlled by X-ray analysis. By results of this analysis it was established that the catalyst composition also includes a small amount of the following elements: iron, sulfur, manganese, chromium, nickel and aluminum. The presence of these elements increases the catalytic activity of the studied catalysts.

These catalysts were studied in the tests of production of pure antimony. Most high catalytic activity showed the catalyst containing 0.3 wt% palladium. Antimony exit -in the result of using this catalyst was 99.9%.

The conducted researches show the perspectivity of use carbon-palladium catalysts in production of pure antimony.

СОДЕРЖАНИЕ КАЛЬЦИЯ, КАЛИЯ И НАТРИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦАХ АЛЮМООКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЕГИДРАТАЦИИ 1- ФЕНИЛЭТАНОЛА

Васильев В.А., Каралин Э.А., Харлампиди Х.Э.
ФГБОУ ВПО КНИТУ, Казань, Россия
viktormemfis@mail.ru

Известно, что концентрация натрия на поверхности алюмооксидных катализаторов коррелирует с их дегидратирующей активностью по отношению к спиртам, в том числе 1-фенилэтанолу. Отметим, что натрий является единственным из щелочных и щелочноземельных металлов, содержание которого регламентируется нормативными документами отечественных и зарубежных производителей оксидов алюминия (ГОСТ 8136-85; ТУ 6-68-146-02). Однако, проведенный нами качественный анализ наружной поверхности промышленных катализаторов дегидратации 1-фенилэтанола (1-ФЭТ) методом РФА (рентгено-флуоресцентный анализ) показал наличие калия и кальция, которые, как и натрий, являются каталитическими ядами для твердых кислот [1]. Результаты количественного анализа методом пламенной фотометрии ~ 170 образцов промышленного гамма-оксида алюминия марки АОА (г. Днепропетровск, Украина) из различных партий (выпуск 1999 – 2012 гг.) приведены в табл.1.

Таблица 1 Содержание катионов на поверхности катализаторов

Катион	Поверхностная концентрация, мкмоль/г	
	Диапазон	Среднее значение
Na ⁺	2,4 – 18,9	7,1
K ⁺	0,02 – 0,44	0,12
Ca ²⁺	0 – 13,6	3,9

Как видно из приведенных в табл.1 данных, количество калия и кальция на поверхности катализаторов достаточно велико – в среднем суммарное содержание этих катионов составляет порядка 60 % от концентрации натрия. Исходя из высокого содержания калия и кальция в исходных катализаторах дегидратации, полагаем, что потребителям целесообразно учитывать влияние данных катионов на каталитическую (дегидратирующую) активность.

Литература:

[1] В.А. Васильев, Д.В. Вафин, К.Ю. Парашук, Э.А. Каралин, *Вестник Казанского технологического университета*. – 2012.- Т. 15. - № 16. – С. 48 - 49.

ПЕРЕРАБОТКА МЕТАНА НА НАНЕСЕННЫХ ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Досумов К., Тунгатарова С.А., Байжуманова Т.С., Мылтыкбаева Л.

Институт проблем горения, Алматы, Республика Казахстан

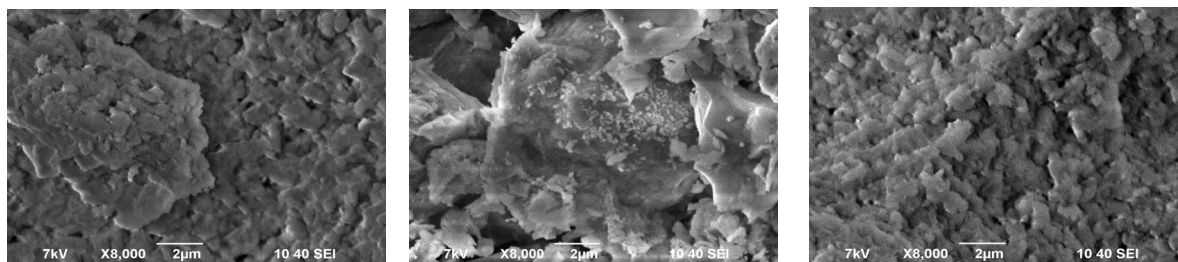
dossumov50@mail.ru

О возрастании роли природного газа как энергоносителя и сырья для химической и нефтехимической промышленности свидетельствуют происходящие изменения в структуре добычи и потребления углеводородов. Этому способствуют два основных обстоятельства: огромные запасы природного газа, значительно превышающие запасы нефти, и более высокая экологическая безопасность использования газообразных углеводородов [1, 2].

В настоящей работе представлены результаты синтеза оксидных катализаторов на основе переходных металлов - Ni и La, нанесенных на синтетические носители. При исследовании процесса окислительного превращения метана на 5% Ni/CaX катализаторе с увеличением температуры реакции от 600 до 850⁰C образуется от 0,1 до 9,2% водорода, при дальнейшем повышении температуры выход водорода снижается до 7,5%. Установлено образование 2,3% этана и 1,3% этилена при 850⁰C. При повышении температуры до 900⁰C их количество изменяется, соответственно, до 1,0% и 1,9%. Также в продуктах реакции обнаруживаются следовые количества пропилена (0,01%). Изучение активности 5%La/ZSM-5+Al₂O₃ катализатора показало, что с повышением температуры реакции образование H₂ увеличивается от 1,6 до 6,0%. При температуре 750⁰C образуется 2,6% этана, количество которого уменьшается с ростом температуры до 1,3%. Дальнейшее увеличение температуры до 800 - 900⁰C приводит к появлению в реакционной смеси 2,0 – 2,5% этилена. Впоследствии нами была проведена модификация La-содержащего катализатора, нанесенного на носитель ZSM-5+Al₂O₃ добавками Ni. Катализатор был приготовлен методом совместной пропитки носителя активной фазой, состоящей из 3,75%La + 1,25%Ni. На данном составе катализатора образуется значительное количество водорода, значения которого изменяются в пределах 42,0 – 44,0%. Образование этана наблюдается при температуре 850⁰C, при соответствующем образовании 1,8% этилена. Также в продуктах реакции определены следовые количества пропилена (0,001-0,005%).

Из результатов электронно-микроскопических исследований данных составов катализаторов показано, что в образцах присутствуют как фазы металлов, так и носителя, а также их смесь. Как видно из рисунка 1, биметаллический катализатор

является наиболее дисперсным по сравнению с монометаллическими образцами катализаторов.



5% Ni/CaX

5%La/ZSM-5+Al₂O₃ 3,75%La+1,25Ni%/ZSM-5+Al₂O₃

Рисунок 1. Электронно-микроскопические фотографии различных фаз свежеприготовленных катализаторов

Таким образом, при исследовании активности катализаторов с заданными каталитическими свойствами, основанных на Ni и La, нанесенных на CaX и ZSM-5+Al₂O₃, а также биметаллической системы 3,75% La+1,25Ni%/ZSM-5+Al₂O₃ установлено, что на всех изученных составах катализатора в продуктах реакции водород образуется, начиная с 750⁰C и выше. Для образования C₂-углеводородов оптимальным является температурный интервал 750-800⁰C, объемная скорость 3900 ч⁻¹ и соотношение основных компонентов реакционной смеси CH₄ : O₂ = 4,0 : 1,0 без разбавления системы инертным газом (Ar). Можно предположить, что в процессе повышения температуры этилен образуется не только из исходного газа метана, но также и в результате последующего синтеза из этана.

Также процесс окислительного превращения метана исследован на 5%Cu-La/ZSM-5+Al₂O₃ катализаторе. В результате анализа экспериментальных данных определено, что при температуре реакции - 800⁰C, объемной скорости - 6000 ч⁻¹ наблюдается образование 64,0% H₂ и до 5,0% этилена и пропилена.

Литература:

- [1] Dossumov K., Tungatarova S.A., T.S. Baizhumanova., Topics in Catalysis. **2010**, 1285-1288.
- [2] Dosumov K.D., Popova N.M. T.S. Baizhumanova, Tungatarova S.A., Petroleum Chemistry. 2010, 455-461.

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ СУЛЬФООКИСЛЕНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРИСУТСТВИИ ЗАКРЕПЛЕННЫХ НА ПОЛИЭТИЛЕНИМИН ИОНОВ КОБАЛЬТА

Емельянова В.С., Шакиева Т.В., Каирбеков Ж.К., Досумова Б.Т.,
Джаткамбаева У., Мылтыкбаева Ж.К., Мухитова Д.

ДГП НИИ новых химических технологий и материалов РГП КазНУ им. аль-Фараби
МОН, Алматы, Республика Казахстан
niinhtm@maul.ru, dossumova63@mail.ru

Сульфокислоты являются ценным сырьем для синтеза различных органических соединений, а также используются в производстве органических красителей, лекарственных препаратов. В процессе сульфюокисления в качестве сульфюирующего агента применяется диоксид серы, который является одним из наиболее массовых и токсичных загрязнителей атмосферы, поэтому, процесс сульфюокисления можно использовать для утилизации диоксида серы.

Оптимальные условия низкотемпературного протекания реакции каталитического сульфюокисления ароматических соединений определены на основе систематического исследования кинетики реакции:



Кинетические результаты описываются уравнением:

$$W_{\text{O}_2} = \frac{k \cdot \sum_{m=1}^2 \alpha_m \cdot C_{\text{ArH}}^m \cdot \sum_{n=2}^3 \gamma_n \cdot C_{\text{ПЭИ}}^n \sum_{p=1}^3 \sigma_p \cdot C_{\text{SO}_3^{2-}} \cdot \delta \cdot P_{\text{O}_2} \cdot \beta \cdot C_{\text{Co}^{2+}}}{\sum_{m=0}^2 \alpha_m \cdot C_{\text{ArH}}^m \cdot \sum_{n=0}^3 \gamma_n \cdot C_{\text{ПЭИ}}^n \sum_{p=0}^3 \sigma_p \cdot C_{\text{SO}_3^{2-}} \cdot (1 + \delta \cdot P_{\text{O}_2}) \cdot (1 + \beta \cdot C_{\text{Co}^{2+}})},$$

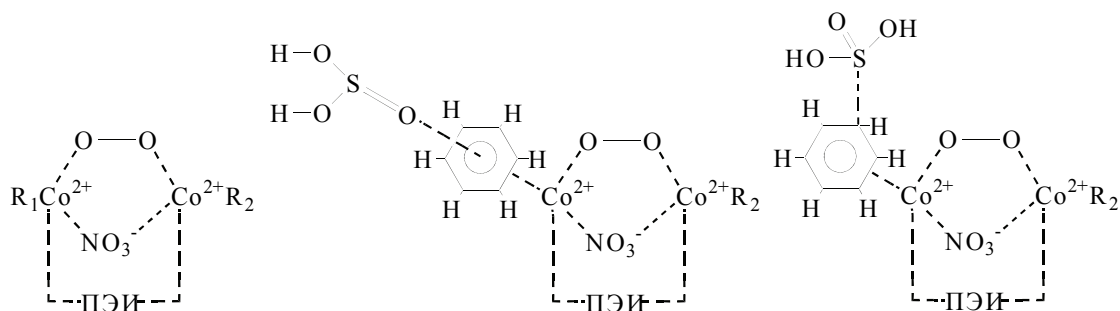
где β -константа образования биядерного комплекса, α_m , γ_m , σ_p , δ -константы образования биядерных комплексов кобальта с ArH, PEI, NaSO₃, O₂ соответственно, k-парциальная константа скорости.

Кинетические исследования позволяют предложить механизм реакции:

В рамках полуэмпирического метода РМЗ [1] проведен расчет пространственной и электронной структуры основных стадий реакции.

На первой стадии реакции образуется оксигенированный комплекс (I). На следующей стадии реакции образуется комплекс II. В II молекула сернистой кислоты очень слабо координируется ArH, перенос электронной плотности составляет ~ 0.01, и атом O₃ находится на расстоянии ~2,5Å от атомов углерода бензольного кольца. В

лимитирующей стадии реакции образуется активированный σ -комплекс (III), наблюдается перенос электронной плотности с неподеленной электронной пары атома серы на атомы бензольного кольца.



a, $R_1 = \text{ArH}$; $R_2 = \text{H}_2\text{SO}_3$; $\Delta E = -140,3$

a, $R_3 = \text{H}_2\text{SO}_3$

a, $R_3 = \text{H}_2\text{SO}_3$; $E_1^{\text{акт}} = 12,7$

b, $R_1 = \text{ArH}$; $R_2 = \text{HSO}_3^-$; $\Delta E = -128,4$

b, $R_3 = \text{HSO}_3^-$

b, $R_3 = \text{HSO}_3^-$; $E_1^{\text{акт}} = 20,4$

c, $R_1 = \text{ArH}$; $R_2 = \text{SO}_3^{2-}$; $\Delta E = -103,4$

c, $R_3 = \text{SO}_3^{2-}$

c, $R_3 = \text{SO}_3^{2-}$; $E_1^{\text{акт}} = 53,3$

d, $R_1 = \text{SO}_3^{2-}$; $R_2 = \text{SO}_3^{2-}$; $\Delta E = -195,8$

На четвертой стадии реакции образуется активированный комплекс IV с виртуальной четвертой S-O связью. В структурах I-III на ионе кобальта сосредоточен довольно большой отрицательный заряд, а на атоме серы SO_3^{2-} большой положительный заряд. Образование виртуальной S-O связи и небольшая энергия активации обусловлены, по-видимому, влиянием электростатического поля внутри комплекса. В IV заряд на атомах молекулы кислорода еще увеличивается и связь O-O рвется окончательно, реакция заканчивается образованием стабильного комплекса V. В V наблюдается перескок иона водорода с ArH на свободный атом кислорода с образованием OH^- .

Возможность координации атома углерода бензольного кольца неоднократно обсуждалась в литературе [2-3]. В оксигенированном комплексе (I) наблюдается перенос электронной плотности с ArH на ион кобальта и атомы молекулы кислорода, вследствие этого заряд на координируемом атоме углерода значительно увеличивается. Вероятно поэтому, активированный комплекс III образуется с энергией активации ~ 4 ккал/моль, что обеспечивает протекание реакции при температуре $\sim 60^\circ \text{C}$.

Литература:

[1] Stewart J.J.P.// J. Comp. Chem. 1991. N12. C.320-329.

[2] Dewar M.J.S., Dieter K.M.// J.Am.Chem.Soc.1986.V.108.P.8075-8076.

[3] Коптюг В.А.//ЖВХО им. Д.И. Менделеева, 1976, Т.21, N3, С.247

ОКИСЛЕНИЕ ДИОКСИДА СЕРЫ КИСЛОРОДОМ В ПРИСУТСТВИИ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ НА ГУМИНОВУЮ КИСЛОТУ КОМПЛЕКСОВ КОБАЛЬТА

**Емельянова В.С., Шакиева Т.В., Каирбеков Ж.К., Досумова Б., Джаткамбаева У.,
Мылтыкбаева Ж.К.**

ДГП НИИ новых химических технологий и материалов РГП КазНУ им. аль-Фараби

МОН РК, Алматы, Казахстан

niinhnm@mail.ru, ulzhan.dzhatkambaeva@mail.ru

Мы обнаружили, что при иммобилизации металлокомплексов переходных металлов образуются каталитические системы, близкие к природным катализаторам – ферментам и сочетают свойства гомогенных и гетерогенных каталитических композиций [1]. В данном сообщении приведены результаты окисления диоксида серы кислородом в присутствии закреплённых на природный полимер – гуминовую кислоту (ГК) комплексов кобальта. Для исследования использовали гидролизуемую часть гуминовой кислоты, выделенной из угля Момытского месторождения по известной методике. Молекулярная масса структурной ячейки составляет 1500 единиц. Гидролизуемая часть ячейки составляет 45% массы препарата и включает около 6% аминокислот, до 25% углеводов и остатки типа фульвокислот. Шестичленные циклы представлены главным образом трех- и четырех замещенными структурами.

Кинетику окисления диоксида серы кислородом изучали в стационарных условиях по поглощению кислорода из градуированной газовой бюретки, используя безградиентный изотермический реактор, снабженный потенциометрическим устройством. Подробно методика исследования кинетики процесса и анализа продуктов представлена в [1]. Закрепление комплексов кобальта осуществляли, используя $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$. ИК-спектры позволяют сделать вывод о координации гуминовых кислот с $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$. При замещении ионов водорода в карбоксильных группах гуминовых кислот соединениями кобальта (II) характеристическая полоса колебаний карбонила карбоксильных групп обычно исчезает или ослабляется ($\nu = 1690\text{-}1710\text{ см}^{-1}$). Одновременно в спектрах появляются полосы, соответствующие симметричным ($\nu = 1390\text{-}1400\text{ см}^{-1}$) и антисимметричным ($\nu = 1390\text{-}1400\text{ см}^{-1}$) колебаниям карбоксилат-иона. В электронных спектрах поглощения водного раствора $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ – ГК обнаружена одна интенсивная $\sim 230\text{ нм}$ и три менее интенсивные полосы поглощения

300 нм; 412 нм и 508 нм. В трех компонентной системе $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ – ГК – Na_2SO_3 интенсивность полос сильно возрастает, при этом появляется еще одна дополнительная полоса 286 нм.

Потенциометрические исследования и данные диаграммы Пурбэ позволяют предположить, что редокс-потенциал образующей парой является пара $\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}$.

В начале опыта, при добавлении H_2SO_3 в систему $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ – ГК – H_2O , редокс-потенциал уходит в катодную область примерно на 250-300 мВ в зависимости от $C_{\text{Co}(\text{NO}_3)_2}$, $C_{\text{ГК}}$, $C_{\text{H}_2\text{SO}_3}$ и возвращается в анодную область к исходному значению. Данный факт, а также то, что активность системы не изменяется при поглощении $> 8 \cdot 10^3$ моль SO_2 на моль катализатора, даёт основание полагать, что продукты окисления SO_2 не влияют на активность катализатора. В изученных условиях в отсутствие $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ в растворе ГК – H_2SO_3 – H_2O кислород поглощается с низкой скоростью и продуктом окисления SO_2 являются дитионаты, в присутствии $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ единственным продуктом является H_2SO_4 . Кинетические исследования, электронные спектры промежуточных комплексов, их расчёты методом ZINDO/S указывают на то, что активность каталитической системы в реакции SO_2 с кислородом обусловлена накоплением в растворе биядерных комплексов кобальта, закреплённых на гумат.

На основании кинетических результатов и квантовохимических расчетов методом РМЗ промежуточных комплексов предложен механизм процесса и получено кинетическое уравнение, описывающее полученные закономерности.

На базе комплексов кобальта, закреплённых на гуминовую кислоту разработан каталитический раствор, позволяющий очистить $4 \cdot 10^5$ моль SO_2 на моль катализатора без потери активности. Полученные катализаторы обладают высокой каталитической активностью ($> 10000 \text{ час}^{-1}$ по газу). Предложенный катализатор прошел лабораторное испытание на вихревой установке производительностью $2 \text{ м}^3/\text{час}$ (по газу), а также испытан на ТЭЦ-2 г. Алматы в процессе очистки дымовых газов от соединений серы. Удалось снизить содержание SO_2 на 90-92%, NO_x – на 80-83%, CO – на 80-82% и довести отходящие газы до санитарных норм.

Литература:

[1] T.V. Shakieva, V.S. Yemelyanova, K.A. Jubanov. Immobilised on polymer matrix catalysts in the reactions of oxygenation // Science of Central Asia № 1. - P 15-24. 2010.

ОДНОСТАДИЙНЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОЛА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА - МЕТАНА

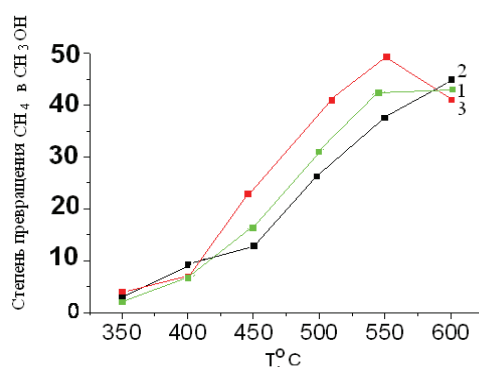
Тельбаева М.М., Асанов Н.А., Суюнбаев У., Мылтыкбаева Л.К.

Институт проблем горения, Алматы, Республика Казахстан

telbaeva.moldir@yandex.ru; laura.kaden@mail.ru

В литературе известен ряд способов получения метанола из метана и метансодержащих газов. В данное время интенсивно исследуется возможность создания эффективных каталитических процессов прямого окисления метана в метанол, минуя стадию получения синтез-газа [1-4]. В настоящей работе исследованы каталитические свойства переходных элементов – титана, вольфрама, ванадия в составе никель содержащих катализаторов, нанесенных на металлический блок с каналами сотовой структуры в процессе одностадийного превращения метана в метанол.

На рисунке 1 представлены сравнительные данные активности исследованных катализаторов в реакции парциального окисления метана до метанола.



1- TiO₂-NiO; 2 – V₂O₅ -NiO; 3 –V₂O₅ -WO₃-NiO

Рисунок 1 - Зависимость степени окисления CH₄ в CH₃ OH от температуры на полиоксидных катализаторах при объемной скорости 400ч⁻¹.

Как видно, для превращения CH₄ в CH₃OH наиболее эффективным катализатором является никельсодержащий ванадий - вольфрамовый катализатор. Введение оксида вольфрама в состав никель-ванадиевого катализатора приводит к росту активности катализатора до 49% и снижает температуру оптимального превращения CH₄ в CH₃OH до 550С⁰. Катализаторы были исследованы выборочно с помощью электронного микроскопа. На рисунке 2а изображен катализатор, представляющий собой четкие шестигранные кристаллы TiO₂ размерами кристаллитов 20-40 нанометров. На катализатора на основе V₂O₅ (рисунок 2б) наблюдаются частицы в виде чешуйчатых слоев размерами 10-30 нанометров. Возможно, активность катализаторов связана с

образованием наночастицы активной фазы полиоксидов металлов, что согласуется с литературными данными [4,5]

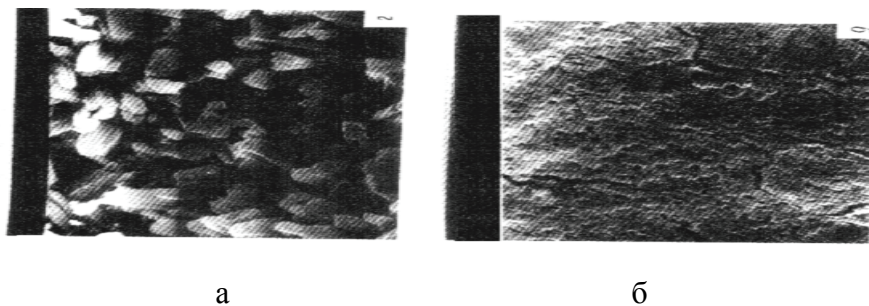


Рисунок 2 - ЭМ снимок образцов катализаторов

Таким образом, разработаны высокоэффективные $\text{TiO}_2\text{-NiO}$, $\text{V}_2\text{O}_5\text{-NiO}$ и $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3\text{-NiO}$ полиоксидные катализаторы одностадийного прямого превращения метана в метанол. Установлено, что наиболее эффективным среди исследованных катализаторов является ванадий-вольфрамовый катализатор, промотированный никелем, где степень превращения CH_4 в CH_3OH достигается 49% при 550 °С и объемной скорости 400 ч⁻¹.

Литература:

- [1] Tungatarova S.A., Saveleva G.A., Dosumov K. // Sustainable Strategies for the Upgrading of Natural Gas: Fundamentals, Challenges, and Opportunities: Proc. NATO Advanced Study Institute, Vilamoura, July 6-19, 2003 / Vilamoura, 2003.- P.345-350.
- [2]. Исмадиева Г.Е., Савельева Г.А., Момкенова Г.С., Суербаев Х.А., Жубанов К.А. // Доклады НАН РК. 1995. №4. С.74-80.
- [3]. Авторское свидетельство №37450 РК. Способ получения спиртов $\text{C}_4 - \text{C}_4$ / Савельева Г.А., Исмадиева Г.Е., Оразымбетова С.Д., Досумов К., Протопопова Г.Д.; опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9. С.2.
- [4]. Тулепов М.И. Синтез СВС катализаторов парциального окисления метана в синтез-газ и получение метанола на их основе. Автореф. дисс. канд. хим. наук. Алматы, 2004.
- [5]. Закумбаева Г. Д., Шаповалова Л.Б. Каталитическая переработка синтез-газа. Алматы, 2000, - С.252.

STEAM-OXYGEN REFORMING OF METHANOL OVER COPPER SUPPORTED CATALYSTS

Mierczynski P., Kaczorowski P., Maniecki T.P.

*Lodz University of Technology. Institute of General and Ecological Chemistry, Łodz, Poland
pawel.mierczynski@p.lodz.pl*

The main goal of this work was to determine the catalytic and physicochemical properties of copper and nickel supported catalysts in methanol steam-oxygen reforming reaction.

In order to achieve the intended purpose monometallic copper and nickel catalysts supported on carbon nanotubes were prepared. The monometallic catalysts supported on multi-walled carbon nanotubes were prepared by conventional impregnation methods from aqueous and non-aqueous solutions of nitrates.

The multi-walled carbon nanotubes were prepared by CVD method based on catalytic decomposition of 5% ferrocene in toluene at 850°C. The obtained support material was impregnated by appropriate aqueous solution of nickel (II) or copper (II) nitrate. Then the catalysts were dried and calcined 4h in air at 400 °C. The metal loading for monometallic catalysts was 20% Cu or Ni wt.

The physicochemical properties of prepared supported catalysts were examined by BET, SEM, XRD, XPS, TPR methods. The activity tests in steam-oxygen reforming of methanol (SORM) were carried out over nickel or copper catalysts in the temperature range 160 to 400°C in a flow quartz tubular reactor under atmospheric pressure.

The activity results performer for CNT and two types of catalysts (Cu, Ni) showed that the carrier itself is active in the SORM reaction. Impregnation of carbon nanotubes by copper (II) or nickel (II) nitrates caused the increasing of catalytic performance what suggest that CNT are useful material as a support for catalytic systems. Catalytic tests carried out for monometallic catalysts confirmed that nickel supported catalysts exhibited higher conversion of methanol at lower reaction temperature. Additionally, it can be concluded that both Cu/CNT and Ni/CNT are promising systems for hydrogen production in steam-oxygen reforming of methanol reaction. Base on the activity results it can be concluded that methanol conversion and yield of hydrogen production depends on composition of the reaction mixture.

Acknowledgments - The financial support of this work by the NCN grant (National Science Centre, Grant No. 2012/05/D/ST8/02856) is gratefully acknowledged.

METHANOL PRODUCTION OVER COPPER-CHROMIUM PALLADIUM DOPED CATALYSTS

Maniecki T.P., Mierczyński P. Kaczorowski P. Ura A.

*Lodz University of Technology, Institute of General and Ecological Chemistry, Lodz, Poland
tmanieck@p.lodz.pl*

In this work the catalysts composition, as well as palladium promotion effects were studied. The catalysts were prepared by coprecipitation method. An appropriate nitrates amounts of chromium, aluminum and copper were dissolved in water. Mixture of hydroxides were precipitated using ammonia solution. After this step of preparation the catalysts were dried and calcined in air at 400°C. Physico-chemical properties of the catalysts were characterized by following techniques: BET, TPR, TPD, TOF-SIMS, SEM-EDS, XRD. Catalytic activity was studied under high pressure (40 bar) in fixed bed reactor.

The BET results showed that specific surface area of the catalysts strongly depend on chromium and copper content. It was observed that addition of higher amounts of chromium or copper phase decreases specific surface area of all systems (about 15 - 30 m²/g). The TPR measurements for chromium-copper-aluminum catalysts showed three reduction effects which were connected to the reduction of the following phases: CuCr₂O₄, CuO, CrO₃ respectively. When palladium was supported on chromium-copper-aluminum systems in TPR profile an additional reduction effect in the temperature range 30 – 70°C was observed and it was attributed to the reduction of PdO phase. TOF-SIMS investigations confirmed presence of Cu-O-Cr, Al-O-Cr and Al-O-Cu interconnections on the catalysts surface.

The catalytic activity tests showed close relationship between catalysts composition and their performance in methanol synthesis process. Higher amounts of copper phase increased catalyst performance in studied process. Activity of promoted palladium catalysts is about ten times higher than unpromoted catalysts (100 – 250 gCH₃OH/kg cat/h vs 20-60 gCH₃OH/kg cat/h).

Acknowledgements

The financial support of this work by the NCN grant (Grant 0680/B/H03/2011/40) is gratefully acknowledged.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ГАЗА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ МУБАРЕКСКОГО ГПЗ

Назаров А.Р., Обидов Ш.Б.

*Ташкентский государственный технический университет им. Абу Райхона Беруни,
Ташкент, Республика Узбекистан
navo.sher@mail.ru*

Высокая активность серной кислоты в сочетании со сравнительно небольшой стоимостью производства предопределяли громадные масштабы и чрезвычайное разнообразие ее применения. При помощи серной кислоты производятся этиловый и другие спирты, некоторые эфиры, синтетические моющие средства, ряд ядохимикатов для борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Первой стадией сернокислотного производства по любому методу является получение сернистого газа при сжигании сероводорода. После очистки сернистого газа его окисляют до серного ангидрида, который соединяется с водой с получением серной кислоты.

Сырьем для производства сернистого газа может служить любое вещество, содержащие серу: как природные материалы, так и промышленные отходы.

В процессе очистки природного газа от сероводорода, хвостовые газы в основном сжигаются до SO_2 и выбрасываются в атмосферу. При этом кроме загрязнения, большое количество топлива расходуется для поддержания горения серосодержащих веществ при температуре $800 - 950^\circ\text{C}$.

Каталитическое окисление сероводорода один из перспективных методов получения элементарной серы. Каталитические системы процессов Клауса и доочистки хвостовых газов (Сульфрен) широко применяется на Мубаракском газоперерабатывающем завода.

В процессе Клауса степень конверсии сероводорода не более 70 %, а после процесса «Сульфрин» глубина конверсии достигает 90-95%. Оставшиеся 15-20% сероводорода сжигается и выбрасывается в атмосферу в виде SO_2 .

Назначение процесса извлечение SO_2 из дымовых газов с высокой его концентрацией, а также отходящих газов из аппаратов сжигания в конце установки Клауса и из других газов содержащих SO_2 . Для этого нами предлагается способ, который характеризуется малым перепадом давления в системе улавливания SO_2

способностью работать в разных условиях и нечувствительностью к изменениям на предшествующих стадиях.

Описание процесса. Исходный газ сжигают при температуре 800-950⁰С, а затем дымовые газы охлаждают до 420⁰С в котле утилизаторе. Далее газ подают в конвертер SO₂, в который загружен катализатор окисления SO₂ в SO₃. После этого газ охлаждают в холодильнике, с одновременной гидратацией SO₃ в пары серной кислоты, которые далее конденсируются в концентрированную 98 % ую серную кислоту.

Конденсатор серной кислоты охлаждается атмосферным воздухом, а нагретый воздух из конденсаторов можно подать в камеру сгорания для улучшения теплового коэффициента полезного действия. Теплота реакции и конденсации в конце концов рекупируется в котле утилизаторе, где вырабатывается пар. Процесс осуществляется без вывода воды из газа. Поэтому число единиц оборудования сведено к минимуму, отхода в виде конденсата нет. Очищенный газ конденсатора серной кислоты можно сбрасывать в выхлопную трубу без дополнительной очистки.

Основные характеристики процесса:

- Более чем 99 % - ное превращение серы в техническую серную кислоту
- Не вырабатывается никаких твердых отходов или сточных вод
- Не требуется абсорбенты или дополнительные химреагента
- Эффективная рекуперация теплоты обеспечивает экономичную работу.
- Простота эксплуатации и полная автоматизация позволяют приспособливаться к изменениям в потоке и составе исходного газа.

Литература:

- [1] Confuorto, Weaver and Pedersen, "LABSORB regenerative scrubbing operating history, design and economics" Sulfur 2000, San Francisco, October 2000.
- [2] Confuorto, Eagleson and Pedersen, "LABSORB, A regenerable wet scrubbing process for controlling SO₂ emissions", Petrotech-2001, New Delhi, January 2001.
- [3] Амелин А. Г., Яшке Е. В., Производство серной кислоты, М., 1974
- [4] <http://www.gosthelp.ru/text/RD39014830641789Polozheni.html>

ГЕТЕРОГЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ СИНТЕЗА АЦЕТОНА

Турабджанов С.М., Кадиров Х.И., Икрамов А. Гофуров Б.Б.

Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Республика Узбекистан

Сотрудниками ТХТИ разработаны высокоэффективные и селективные композиционные катализаторы, в качестве носителя которых использован бентонит. Общими свойствами бентонитовых глин являются дисперсность, адсорбционная способность, набухаемость, связующая способность и другие характеристики. Синтез и исследование катализатора проведен по методикам работ [1,2]. Исследование пористой структуры образцов катализаторов показали преобладание пор 40 -50 Å.

Данные физико-химические и эксплуатационные характеристики разработанных катализаторов приведены в таблице № 1.

Таблица 1

Физико-химические и эксплуатационные характеристики разработанных катализаторов

Состав; % масс	$S_{уд}$; м ² /г	Прочность; МПа	Производитель- ность по ацетону; г/кг час	Срок службы до регенерации; час	Конверсия реагентов; %
Бентонит – 100,0	240	2,0	26,0	-	-
ZnO– 20,0 Бентонит – 80,0	120	4,2	30,0	80,0	82,0
Fe ₂ O ₃ –20,0 Бентонит – 80,0	143	5,0	34,0	94,0	85,0
Fe ₂ O ₃ – 5,0 ZnO– 15,0 Бентонит – 80,0	134	4,7	91,1	91,0	92,0
Fe ₂ O ₃ –10,0 ZnO–10,0 Бентонит – 80,0	165	4,6	90,0	96,0	97,0

Результаты лабораторных испытаний показали, что катализатор на бентонитовом носителе по каталитической активности и селективности в реакциях синтеза ацетона из этилового спирта находится на уровне или даже несколько превосходит лучшие мировые аналоги. Так, например, на полученном катализаторе при степени превращения этанола 90 – 95 % селективность составляет 96 – 98 мол.%, что на 2 – 5 мол.% выше, чем катализаторы, применяемые в промышленности. Высокие показатели активности и, особенно селективности, обусловлены особыми текстурными

характеристиками бентонитового носителя. Пористая структура и сравнительно высокая удельная поверхность способствуют получению высокой дисперсности активных компонентов. В тоже время наличие макропор в катализаторе обеспечивает устранение внутридиффузионных торможений в процессе реакции гидрирование – дегидрирование, а присутствие кислотных центров - протекание реакций альдольной и кротоновой конденсаций.

Из данных таблицы 2 видно, что при соотношении $C_2H_5OH : H_2O = 1:6$, высоты слоя катализатора 200мм, температуры 420°C, выход ацетона составляет 91,0% и конверсии этанола 97,0%.

Таблица 2

Каталитические свойства Fe_2O_3/ZnO /бентонитового катализатора в синтезе ацетона из этилового спирта при различных температурах и концентрациях

Разбавление $C_2H_5OH : H_2O$	Высота слоя катализатор, мм	Температура, °C	Каталитические характеристики, %		
			Выход ацетона	Побочные продукты	Конверсия этанола
1 : 4	100	400	67,0	33,0	72,0
		420	74,0	26,0	86,0
		440	89,0	11,0	93,0
1 : 4	200	400	76,0	24,0	95,0
		420	78,0	22,0	96,0
		440	84,0	16,0	97,0
1 : 6	100	400	65,0	35,0	37,0
		420	70,0	30,0	52,0
		440	79,0	21,0	69,0
1 : 6	200	400	84,0	16,0	87,0
		420	91,0	9,00	94,0
		440	73,0	27,0	97,0

Литература:

- [1] И.П. Мухленов. Технология катализаторов. Л.: Химия. 1989 г. 272 с.
 [2] Тихов С.Ф., Фенелонов В.Б., Садыков В.А. и др.//Кинетика и катализ. 2000. Т.41. №6. С. 907.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ
ЗАЩИТНОГО СЛОЯ НА УСТАНОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА
МАСЕЛ ФЕРГАНСКОГО НПЗ**

Джалалова Ш.Б., Юнусов М.П., Мирзаева Е.И.

*Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт, Ташкент,
Республика Узбекистан
shaxnoz236@ramler.ru*

В настоящее время в процессе получения базовых масел в Узбекистане на Ферганском НПЗ еще продолжает эксплуатироваться оборудование, смонтированное в шестидесятых годах прошлого века и рассчитанное на переработку нефтяных фракций, сравнительно светлого нефтяного сырья, при давлении не выше 3 МПа. Это вызывает определенные трудности, связанные с отравлением основного слоя катализатора, а также ростом перепада давления в реакторах гидроочистки за счет наличия в сырье металлов, ненасыщенных углеводородов и механических примесей. В тоже время правильный выбор катализаторов, в совокупности с эффективными технологическими приемами, может обеспечить получение качественных продуктов и стабильную работу промышленных установок.

В связи с этим нами разработан и уже внедрен в производство катализатор защитного слоя АКА-15/5,0 для демееталлизации деасфальтизированного гудрона [1]. Благодаря наличию большого количества пор с радиусом $500\text{\AA}$ и выше катализатор АКА-15/5,0, полученный на основе полиминерального сырья (Ангренского каолина) эффективно поглощает металлсодержащие соединения (асфальтены, порфириновые комплексы, соли нафтенных кислот), проявляя высокую демееталлизирующую активность (выше 100 мг/г). Практическая значимость использования катализатора защитного слоя заключается в резком снижении концентрации дезактивирующих элементов в исходном масле, некотором уменьшении образования продуктов уплотнения на основном катализаторе. В результате улучшились такие параметры процесса как перепад давления в реакторе, температура процесса гидроочистки и цветность готового продукта, по сравнению с каталитической загрузкой с форконтактом ФЗС-30/0,5 и тем более без защитного слоя.

Рассмотрены технологические аспекты регулирования пористой структуры носителей, предназначенных для приготовления катализаторов демееталлизации и предгидроочистки, определены оптимальные соотношения гидроксида алюминия,

каолина и отработанного алюмооксидного адсорбента, в зависимости от его дисперсности. Сочетанием электронной спектроскопии диффузного отражения адсорбированных молекул-индикаторов и ИК спектров адсорбированного пиридина изучено влияние количества вводимых компонентов: каолина, гидратированного диоксида титана и отработанного алюмооксидного адсорбента на соотношение льюисовских и бренстедовских кислотных центров на поверхности носителей, а также MoO_3 и NiO-MoO_3 низкопроцентных катализаторов на их основе. На проточной установке высокого давления в процессе превращения искусственных смесей гидроочищенной III фракции масляного дистиллята с одним из веществ, моделирующих отдельные группы металлсодержащих компонентов (нафтенаты никеля, железа и кальция), непредельных соединений (гексен, циклогексен) или с добавкой 50 % не деасфальтизированного гудрона (смесь реальных порфириновых комплексов ванадия и никеля с асфальтенами), выявлено положительное влияние отработанного алюмооксидного адсорбента на демедализирующую и гидрирующую активность.

Показано что, на разработанных, низкопроцентных алюмокаолинмолибденовых и алюмоникельмолибденовых катализаторах защитного слоя происходит интенсивная термическая деструкция асфальтенов и смолистых веществ, содержащих ионы тяжелых металлов, в том числе и каталитические яды (ванадий и никель). Поэтому фиксация металлов на гранулах катализаторов с малым содержанием активных компонентов и удаление наиболее коксогенных молекул асфальтенов позволяет в значительной степени замедлить рост внутридиффузионных торможений в гранулах основного слоя катализаторов гидроочистки и повысить суммарную скорость реакции гидрообессеривания.

На основании полученных результатов можно заключить, что внедренные и подготовленные к внедрению разработанные многослойные каталитические системы, где каждый слой выполняет определенную функцию и служит для достижения наилучших результатов гидрооблагораживания топлив и масел, значительно улучшают цветность и существенно понижают содержание серы и непредельных веществ в гидрогенизате.

Литература:

[1] Эргашев М.М., Молодоженюк Т.Б., Сайдуллаев Б.Т., Джалалова Ш.Б., Юнусов М.П. Ж. «Нефть и газ Узбекистана», 2006 г., №1, с. 28-29.

КАТАЛИЗАТОР НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНВЕРСИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА (II) С ВОДЯНЫМ ПАРОМ

**Фарзутдинова Л.Р., Дадаходжаев А.Т., Умаров И.Ш., Ульбашева И.Б.,
Полатов Е.К., Узаков Р.Т.**

*ОАО «Максам-Чирчик», Ташкент, Республика Узбекистан
Info@maxam-chigchig.uz*

Проведены исследования по разработке технологии получения низкотемпературного катализатора конверсии оксида углерода (II) из отработанного катализатора НТ К – 4У. Работа проводилась на базе катализаторного цеха ОАО «Максам-Чирчик».

Технология производства низкотемпературного катализатора конверсии оксида углерода (II) марки НТК – 4У, производимого на базе ОАО «Максам - Чирчик», основывается на совместном осаждении основных карбонатов меди и цинка из азотнокислых растворов смешением с суспензией оксида алюминия в хромовой кислоте с последующей прокалкой. Разработанный катализатор имеет наилучшие физико-химические характеристики, по сравнению с зарубежными аналогами, и полностью обеспечивает потребности промышленности Республики Узбекистан без импортной поставки [1].

Недостатком катализатора НТК – 4У является относительно высокая себестоимость из-за большого содержания цветного металла. Разработка технологии синтеза катализатора из отработанного катализатора НТК – 4У, позволяет увеличить удельную поверхность активных компонентов, вследствие чего повышается каталитическая активность в конверсии СО, и кроме того, появляется возможность снижения расхода цветных металлов [2].

Настоящая работа посвящена получению низкотемпературного катализатора из отработанного катализатора НТК – 4У. В качестве сырья содержащего цветные металлы, был использован отработанный катализатор НТК – 4У, выгруженный из промышленного конвертора СО агрегата АМ – 76.

Отработанный катализатор НТК – 4У содержит, % масс: CuO – 50; ZnO – 14; Cr₂O₃ – 12; Al₂O₃ – 30, SO₄²⁻ – 0,26. При растворении отработанного катализатора в азотной кислоте с массовой долей 30 % извлекается свыше 89 % меди, 60 % цинка, 2 % хрома и 15 % Al₂O₃ от массы, соответствующих компонентов, входящих в состав катализатора.

Очистку азотнокислого раствора от сульфатинов проводили химическим методом. После очистки в растворе массовая концентрация азотнокислой меди и азотнокислого цинка составляла: $\text{CuO} - 63 \text{ g/dm}^3$, $\text{ZnO} - 9,2 \text{ g/dm}^3$, $\text{SO}_4^{2-} - 0,06 \text{ g/dm}^3$. Катализатор синтезировали из очищенного раствора нитратов меди и цинка осаждением раствором карбоната щелочного металла. Осаждение проводили как в реакторе периодического действия, так и в реакторе с непрерывным отводом суспензии. Скорость подачи растворов и их соотношение выбирали таким образом, чтобы pH поддерживалось в пределах значений $6 \div 8$, а время пребывания осадка в реакционной зоне составляло от 30 до 60 минут. Температуру в реакционной зоне поддерживали в пределах $50 \div 80^\circ\text{C}$. Полученный таким образом осадок, отделяли от маточника, промывали, сушили, прокаливали.

Синтезированный катализатор имеет следующий состав, % масс: $\text{CuO} - 50$; $\text{ZnO} - 12,5$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 13,2$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 22,5$. Процесс ускоренного осаждения, при котором среднее время пребывания осаждаемой массы в реакторной системе не превышает 60 минут, отличается тем, что в осадке не успевает образовываться достаточно упорядоченная структура.

Получаемые высокодисперсные гидроксокарбонатные соединения меди, цинка после разложения на стадии прокаливания дают высокую степень дисперсности оксидов, обеспечивающие большие значения поверхности и активности катализатора, полученного из отработанного катализатора НТ К – 4У в процессе низкотемпературной конверсии оксида углерода (II).

Опытная партия, выпущенная в катализаторном цехе, рекомендована для опытно-промышленных испытаний на установке, созданной в цехе Аммиак-2 ОАО «Максам-Чирчик».

Литература:

- [1] Дадаходжаев А.Т., Салаватов Ф.Р., Полатов Е.К. // Узбекский химический журнал. 2009. - Р.65-67.
- [2] Дадаходжаев А.Т., Полатов Е.К. // Российский конгресс по катализу. Сборник тезисов. Новосибирск. 2011.

ВЛИЯНИЕ ОТРАБОТАННОГО АЛЮМООКСИДНОГО АДСОРБЕНТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

Мирзаева Е.А., Насуллаев Х.А., Гулямов Ш.Т., Лавошников В.В.

*Узбекский научно-исследовательский химико-фармацевтический институт
им. А.С. Султанова, Ташкент, Республика Узбекистан
myunusov_uz@rambler.ru*

Рассмотрены результаты цикла работ по изучению возможности полной или частичной замены гидроксида алюминия, который не производится в Республике Узбекистан, на много тоннажный отход производства Шуртанского газо-химического комплекса [1], проведенных с целью расширения сырьевой базы основного компонента подавляющего большинства носителей катализаторов. Этот отход образуется в процессе очистки раствора полиэтилена от дезактивированных металлоорганических катализаторов полимеризации на сферических гранулах импортного алюмооксидного адсорбента. Отработанный алюмооксидный адсорбент представляет собой смесь $Al(OH)_3$, $\gamma-Al_2O_3$ и $\alpha-Al_2O_3$, в качестве примесей содержит V, Ca, Na, Ti и около 3-8 % углерода в составе хемосорбированных металлоорганических веществ [2]. Его достоинства: сформированная широкопористая структура, отсутствие на поверхности кислотных центров с $pK_a \leq -5,6$ и наличие гидрирующего элемента – ванадия обуславливают гидродеметаллизирующую активность, прокаленных при 600-650°C гранул в тестовой реакции термодеструкции нафтенатов никеля и железа, даже без дополнительного нанесения оксидов молибдена или никеля. Недостатки: большой разброс механической прочности и примесных элементов в различных пробах, сферическая форма гранул.

Варьированием содержания и фракционного состава отработанного алюмооксидного адсорбента получен широкопористый носитель $\gamma-OA$ с текстурой благоприятной для катализаторов гидродеметаллизации и гидрообессеривания масел, в котором максимумы распределения объема пор по радиусам приходятся на поры с радиусами 7-10 ($0,33 \text{ г/см}^3$); 50-170 ($0,29 \text{ г/см}^3$); 250-500 ($0,08 \text{ г/см}^3$) нм. Благодаря умеренной кислотности и присутствию некоторого количества основных центров, при нанесении малой концентрации пара-молибдата аммония замедляется процесс полимеризации молибдат-ионов во время пропитки и их агрегирование при последующей термообработке. Полученный при этом катализатор защитного слоя в

форме рифленых колец активно аккумулирует металлы из деасфальтизированного остатка вакуумной перегонки и его модельных смесей с гудроном.

Эксперименты на пилотной установке доказали эффективность NiO-MoO_3 катализаторов на носителе, содержащем 40-50 % масс. отработанного алюмооксидного адсорбента, сформованного в виде трилистников, для улучшения экологических свойств керосина за счет снижения содержания конденсированных ароматических веществ и возможность получения авиа керосина марки Джет-А-1 в условиях ФНПЗ.

Кроме того, нами доказано, что носители данного типа могут с успехом использоваться для приготовления медьхромитных катализаторов глубокого окисления оксида углерода и различных углеводородов в составе многочисленных газовых выбросах промышленных производств. Апробация катализатора в процессе обезвреживания модельных смесей оксида углерода, ацетона, толуола, этилацетата и стирола показала, что основные показатели газоочистки находятся на уровне известного импортного катализатора ИК-12-1 (Россия) и отечественного медьхромитного катализатора на алюмотитановом носителе «Нимех-203».

Проблема утилизации отработанного алюмооксидного адсорбента, образующегося при очистке раствора полиэтилена от дезактивированных катализаторов полимеризации, имеет ряд экологических и экономических аспектов. Квалифицированное применение токсичного отхода, в качестве компонента при синтезе носителей ряда катализаторов, предотвратит загрязнение водоемов дождевыми стоками, содержащими соединения ванадия, титана, хлора и других, вредных для окружающей среды веществ. С другой стороны, улучшение параметров процессов нефтепереработки, направленных на улучшение качества топлив и масел, приведет к снижению газообразных выбросов SO_x , NO_x , и канцерогенных веществ в составе дыма авто- и авиатранспорта.

Литература:

- [1] Насуллаев Х.А., Мирзаева Е.И., Джалалова Ш.Б., Молодоженюк Т.Б.// Ж, Вестник НУУз, 2010, Вып.4, с. 110.
- [2] Юнусов М.П., Молодоженюк Т.Б., Джалалова Ш.Б., Мирзаева Е.И., Тоштемиров Б.В.// Узбекский журнал нефти и газа, спец выпуск, 2011, с. 55.

СИНЕРГИЗМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ В КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ И СО

Николаев С.А., Ростовщикова Т.Н., Голубина Е.В., Кротова И.Н.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
rtn@kinet.chem.msu.ru*

Формирование композиций на основе наночастиц Au, Pt, Pd и оксидов переходных металлов является перспективным подходом к синтезу новых высокоэффективных катализаторов [1]. В настоящей работе методами ионного обмена и пропитки получены биметаллические катализаторы на основе частиц благородных металлов M_1 (Au, Pt, Pd) и оксидов M_2O_x (Ce, Co, Cr, Cu, Mo) размером 3-10 нм, нанесенных на Al_2O_3 , ZrO_2 , ZnO, TiO_2 и цеолит. Морфология и электронная структура катализаторов определены методами РФА, ПЭМ, РФЭС, XANES и EXAFS. Полученные образцы протестированы в ряде реакций: селективном гидрировании ацетилена и фенилацетилена при 273-423 К; окислении СО кислородом при 273-723 К; скелетной изомеризации н-гептана при 373-483 К. Для всех исследуемых процессов найдены определённые комбинации $M_1+M_2O_x$, для которых наблюдается синергизм каталитического действия, проявляющийся в росте активности (или селективности) биметаллических частиц по сравнению с суммой активности (или селективности) их монометаллических составляющих. Так, например, в гидрировании ацетилена активность $Au+NiO/TiO_2$ в 6 раз выше суммы активности $Au/TiO_2 + NiO/TiO_2$. Введение наночастиц ZrO_2 в состав Au/Al_2O_3 приводит к росту конверсии СО в два раза, при том, что система ZrO_2/Al_2O_3 не обладает окислительной активностью. Для $Pt+MoO_x$ /цеолит в изомеризации гептана в сравнении с Pt и Mo аналогом наблюдается прирост селективности по изомерам C_7 на 11 и 15 %, соответственно. Рассмотрены причины роста активности и селективности в биметаллических системах с учетом механизма реакций и особенностей строения полученных катализаторов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №№ 12-03-31011, 13-03-00320, 12-03-33062, 11-03-00493) и Совета по грантам Президента РФ для поддержки молодых ученых (гранты №№ МК-92.2013.3, МК-2917.2012.3, МК-1621.2012.3).

[1] Nikolaev S.A., Chistyakov A.V., Chudakova M.V., Kriventsov V.V., Yakimchuk E.P., Tsodikov M.V., Journal of Catalysis **2013**, 297 296.

НИЗКОПРОЦЕНТНЫЕ Pd И Ni КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ

Ростовщикова Т.Н.¹, Николаев С.А.¹, Локтева Е.С.¹, Яшина Л.В.¹, Явсин Д.А.²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия
rtn@kinet.chem.msu.ru

Наноструктурированные металлические катализаторы, полученные методом лазерного электродиспергирования (ЛЭД), активны в ряде реакций гидрирования и конверсии хлоруглеводородов [1]. В настоящей работе метод ЛЭД [2], основанный на плавлении металлической мишени под действием лазерного импульса, использован для получения моно- и биметаллических катализаторов на основе наночастиц Pd и Ni. Биметаллические катализаторы получали последовательным нанесением двух металлов или осаждением сплава. Согласно данным ПЭМ, РФЭС, ТПВ катализаторы, приготовленные на графитовых, кремниевых или оксидных подложках, включают частицы Pd и Ni размером около 2 нм, равномерно покрывающие внешнюю поверхность носителя («корочковое» покрытие). Доля окисленного состояния металла повышается с уменьшением поверхностной плотности частиц. В составе наночастиц никеля во всех случаях преобладающей фазой является оксид. Моно- и биметаллические катализаторы с пониженным содержанием металла до 10-4% активны в жидкофазных и газофазных процессах гидрирования ненасыщенных углеводородов (нонен-1, фенилацетилен) и хлорбензола. На основании анализа зависимостей каталитической активности от состава и структуры образцов обсуждаются причины особых свойств наноструктурированных каталитических систем, приготовленных методом ЛЭД.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №№ 11-03-00403, 13-03-00613, 12-03-31011, 13-03-00320) и Совета по грантам Президента РФ (грант МК-92.2013.3).

Литература:

- [1] Lokteva E.S., Peristy A.A., Kavalerskaya N.E., etc., Pure. Appl. Chem. 2012, 84 495.
- [2] Rostovshchikova T.N., Nikolaev S.A., Lokteva E.S., etc., “*Scientific bases for the preparation of heterogeneous catalysts*”, (E.M. Gaigneaux, M. Devillers, S. Hermans, P.A. Jacobs, J.A. Martens, P. Ruiz, ed.), Elsevier, Amsterdam, v. 175, p.263, 2010.

КОМБИНИРОВАННАЯ КОЛОНОЧНАЯ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКАЯ МНЕМОСХЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

Сальников В.С.

*ООО «Сервис-центр «ХромоСиб» (НТФ «Сибирская Технология»), Омск, Россия
mail@chromosib.ru*

В настоящее время существует широкий круг задач в различных областях науки, производства, экологии когда необходимо разделить и проанализировать сложную газовую смесь, в которую могут входить вещества группы перманентных газов (H_2 , He, Ar, O_2 , N_2 , CO, CH_4), CO_2 , оксиды азота и серы, вода, органические соединения различных классов. Это могут быть смеси с любой комбинацией веществ. Как правило, для хроматографирования анализируемые вещества должны быть разбиты как минимум на 4 аналитические группы, т.к. совместный качественный и количественный анализ для некоторых компонентов с использованием одной колонки и одного детектора либо невозможен, либо имеет ограничения, либо методически пока не отработан. Первая группа – H_2 , He; вторая - O_2 , N_2 , CO, CH_4 . Для первой и второй групп - колонка с цеолитным или угольным сорбентом. Третья – CO_2 , H_2O , неорганические соединения, колонка с полимерным, угольным или иным сорбентом. Четвертая – органические соединения (ОС), насадочная либо капиллярная колонка. Аналитический контроль такой сложной смеси потребует комплект детекторов, кранов-дозаторов и хроматографических колонок и, как правило, два хроматографа с набором методик и длительным суммарным временем анализа.

Разработана методика одновременного – единовременный ввод пробы, анализа практически любой комбинации компонентов из перечисленных 4 групп. Предложенная колоночная мнемосхема выполнена на базе одного хроматографа «ХРОМОС ГХ-1000» с одним термостатом, 3-4 аналитическими каналами (в зависимости от требуемой комбинации анализируемых компонентов), включающими 2-4 детектора ДТП/ПВД, комплект многопортовых кранов дозаторов-переключателей, набор (от 3-х до 6-ти) капиллярных и/или насадочных хроматографических колонок и *форколонок*. Анализ построен на основе параллельно-последовательного перекрестного хроматографирования парогазовой смеси одновременно по всем аналитическим каналам путем автоматически программируемого переключения газовых кранов и потоков газа-носителя с использованием принципа двумерной насадочно-капиллярной хроматографии с селективным хроматографированием заданной группы компонентов

по каждому каналу. Отработаны несколько вариантов комбинированных хроматографических колоночных мнемосхем со следующими аналитическими каналами: $\text{H}_2/\text{O}_2/\text{N}_2$; $\text{CH}_4/\text{CO}/\text{CO}_2$; УВ ($\text{C}_1\text{-C}_5$); ОС ($\text{УВ}_{\text{C}_5+}/\text{C}_i\text{H}_j\text{O}_k$); ОС (суммарно). Возможны и некоторые другие комбинации компонентов по аналитическим каналам.

Разработан комплект насадочных *форколонок* с сорбентом переменной сорбционной способности по длине колонки предназначен для: селективного пропускания необходимой группы компонентов на одну из основных хроматографических колонок; защиты основной колонки от хроматографических ядов или трудно десорбируемых компонентов и увеличения ее межрегенерационного периода; выполнения функции вторичной газовой дозы. Форколонки работают в режиме прямой и обратной продувки с коротким циклом авторегенерации – полной очистки к началу следующего анализа. Для каждого аналитического канала имеется индивидуальная форколонка. Общее время анализа определяется в основном каналом регистрации ОС и составляет 5-20 мин. в зависимости от комбинации компонентов в исходной газовой смеси.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЙ КОНВЕРСИИ СМЕСЕЙ ЛЕГКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ, В ТОВАРНЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ (МЕТАНО-ВОДОРОДНЫЕ СМЕСИ) ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ

Верниковская М.В.^{1,2,3}, Снытников П.В.^{1,2,3}, Кириллов В.А.^{1,2,3}, Собянин В.А.^{1,2,3}

¹*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт катализа
им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук,
Новосибирск, Россия*

²*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет», Новосибирск, Россия*

³*Общество с ограниченной ответственностью «УНИКАТ», Новосибирск, Россия
vernikmv@catalysis.ru*

Переработка различных видов попутных нефтяных газов в нормализованный газ и товарный метан, который может быть использован как для закачки в газотранспортную систему, так и в качестве моторного топлива в газопоршневых и газодизельных энергоустановках для решения задач автономного тепло и электроснабжения различных производств, а также локальных муниципальных образований, является перспективным направлением по обеспечению эффективного использования топливно-энергетических ресурсов.

Предлагаемая технология основана на проведении селективной каталитической конверсии углеводородов C^{2+} , содержащихся в ПНГ, в метан и синтез-газ. Технология применима для переработки ПНГ в широком диапазоне качественного состава исходного сырья, в том числе для низконапорных малодебитных месторождений и позволяет полностью использовать потенциал ценнейшего углеводородного сырья, сжигаемого сегодня в факелах при нефтяных и газоконденсатных месторождениях. В зависимости от масштабов ее применения дополнительно может быть получено до нескольких млрд. куб.м. метана без значительных капитальных вложений в разведку и освоение новых месторождений природного газа. Полученный нормализованный газ, представляющий смесь метана и синтез-газа и являющийся в какой-то степени аналогом гетановых топлив (искусственной смеси метана и водорода, предлагаемой к использованию в настоящее время на транспорте), может быть использован в качестве топлива для газопоршневых, газодизельных и газотурбинных энергоустановок.

Прямое использование ПНГ в качестве топлива для энергетических установок (газопоршневых и газотурбинных) сопряжено с рядом проблем, которые не позволяют

эксплуатировать установки в соответствии с номинальными характеристиками и приводят к значительному ухудшению их рабочих параметров (снижение мощности может достигать 20-50 % от номинальных характеристик, в разы снижается ресурс работы) [1,2]. При работе на метаново-водородной смеси двигатель достигает номинальных характеристик по мощности, работает в стабильном режиме и обеспечивает в выхлопных газах все заданные заводские показатели.

Для сравнительного анализа и определения экономической эффективности и целесообразности коммерческого применения технологии были проведены расчеты для энергоустановок разных производителей (номинальной мощностью 100-1000 кВт) и для различных видов топлива: природного газа, попутного нефтяного газа, и метановодородной смеси, получаемой каталитической конверсией ПНГ. Результаты расчетов показали, что годовая прибыль выше и срок окупаемости капитальных вложений значительно быстрее для энергетических установок, оснащенных каталитическим реформером ПНГ, по сравнению с установками, работающими непосредственно на ПНГ. Это достигается увеличением срока службы энергоустановок, увеличением времени между капитальными ремонтами и достижением номинальных мощностных характеристик. Экономический годовой эффект при использовании энергоустановки мощностью 1 МВт, оснащенной реактором предварительной каталитической конверсии ПНГ, может составлять более 20 млн. руб. в год. Таким образом, согласно проведенным оценкам, для переработки в электрическую энергию 1 млрд м³ ПНГ, сжигаемых в факелах на малодебитных низконапорных месторождениях, требуется около 400 энергоустановок номинальной мощностью 1 МВт. Согласно этому, годовой экономический эффект может составлять 8,3 млрд. руб. в год.

Внедрение предлагаемой технологии конверсии газовых смесей с большим содержанием C²⁺ (биогаза, сланцевого газа, а также газов нефтехимических производств) позволит не только наиболее эффективно использовать ресурсы углеводородов, но и получать значительную дополнительную ежегодную прибыль и экономить миллиарды тонн сырья, а также положительно скажется на экологической обстановке добывающих регионов.

Литература:

- [1] Агапов Р.В., Калинин А.Н. *Турбины и дизели*. **2008**. сентябрь-октябрь, 36-41.
- [2] Zyryanova M.M., Snytnikov P.V., Amosov Yu.I., Belyaev V.D., Kireenkov V.V., Kuzin N.A., Vernikovskaya M.V., Kirillov V.A., Sobyatin V.A., *Fue*, **2008** 108 282-291.

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ГИДРИРОВАНИЯ КАРБОНИЛЬНОЙ ГРУППЫ В ПРИСУТСТВИИ Pd И Pt НАНЕСЕННЫХ НА ZrO_2/CeO_2-ZrO_2

Зайцева Ю.А., Симакова И.Л., Симонов М.Н., Просвирин И.П.
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия
simakova@catalysis.ru

Одним из возможных способов получения линейных алканов, компонентов моторных топлив, является процесс, основанный на декарбоксилировании карбоновых кислот, получаемых путем переработки биомассы, с последующим восстановлением карбонильной группы с образованием алканов [1-3].

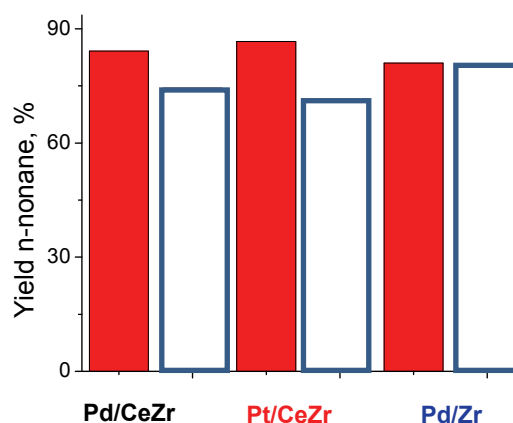
Данная работа направлена на изучение закономерностей реакции гидрирования карбонильной группы в присутствии бифункционального катализатора Pd и Pt нанесенных на ZrO_2 и CeO_2-ZrO_2 на примере гидрирования карбонильной группы симметричного кетона 5-нонанона.

В ходе работы было проведено исследование каталитической активности образцов $2\%Pd/(10\%CeO_2/ZrO_2)$ и $2\%Pd/ZrO_2$ в зависимости от реакционных условий (давление водорода, температура) [4]. Изучено влияние газовой атмосферы (пара, углекислого газа) на активность катализаторов. Исследована стабильность катализаторов. Показано, что Pd/ZrO_2 является наиболее стабильным катализатором (см. диаграмму, где белым цветом показан выход н-нонана после 9 часов работы катализатора). Методами ПЭМ, РФЭС проведено исследование катализаторов до и после реакции, установлены причины дезактивации, разработаны условия полной регенерации $Pd/CeO_2/ZrO_2$. Наиболее эффективный катализатор будет использован для проведения каскадного процесса, совмещающего в себе реакции кетонизации и гидрирования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-03-00754 а.

Литература:

- [1] Deng L., Li J., Lai D.M., Fu Y., Guo Q X., Angew. Chem. Int. Ed. **2009**, 48 6529.
- [2] Serrano-Ruiz J.C., Wang D., Dumesic J.A., Green Chem. **2010**, 12 574.
- [3] Glinski M., Kijenski J., React. Kinet. Catal. Lett. **2000**, 69 123.
- [4] Yu.A. Zaytseva, V.N. Panchenko, M.N. Simonov, A.A. Shutilov, G.N. Zenkovets, M. Renz, I.L. Simakova, V.N. Parmon, Topics in Catalysis. **2013**, 56 846.



ГИДРОДЕОКСИГЕНИРОВАНИЕ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ БИОМАССЫ В ПРИСУТСТВИИ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ

Зайцева Ю.А., Симакова И.Л., Симонов М.Н., Шутилов А.А., Просвирин И.П.,
Зенковец Г.А.

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия
simakova@catalysis.ru

Разработка новых альтернативных методов синтеза ценных химических соединений из возобновляемого сырья, наряду с традиционными методами синтеза из продуктов нефтепереработки, является одним из перспективных направлений в развитии мировой химической промышленности. Одним из таких продуктов является валериановая кислота, получаемая из лигноцеллюлозы [1, 2], которая может быть

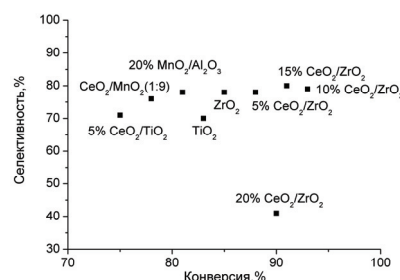


Рис. Каталитическая активность и селективность образования 5-нонанона. Условия реакции: $T = 355^\circ\text{C}$, $P_{\text{H}_2} = 1 \text{ атм}$, $M_{\text{кат}} = 0.5 \text{ г}$.

использована в качестве стартового материала в реакции каталитической кетонизации для синтеза ценного 5-нонанона [3], используемого наряду с другими кетонами, получаемыми из жирных кислот, при изготовлении моющих, косметических средств, красок и смол [4]. В работе исследована активность синтезированных оксидных катализаторов на основе TiO_2 , MnO_2 , CeO_2 , ZrO_2 в реакции гидродеоксигенирования валериановой кислоты с образованием 5-нонанона в парофазном режиме в диапазоне температур $308\text{--}405^\circ\text{C}$. Установлено, что образцы на основе ZrO_2 , в том числе модифицированные CeO_2 проявляют наиболее высокую каталитическую активность в синтезе 5-нонанона (Рис.). Образцы ZrO_2 и $10\%\text{CeO}_2/\text{ZrO}_2$ были исследованы РФА, РФЭС, ПЭМВР. Найдено, что введение CeO_2 приводит к изменению фазового состава ZrO_2 (РФА), при этом активность хорошо коррелирует с количеством льюисовских кислотных центров, а селективность образования 5-нонанона с количеством кислородсодержащих групп в определенном энергетическом состоянии [5].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-03-00754 а.

Литература:

- [1] Deng L., Li J., Lai D.M., Fu Y., Guo Q X., Angew. Chem. Int. Ed. **2009**, 48 6529.
- [2] Serrano-Ruiz J.C., Wang D., Dumesic J.A., Green Chem. **2010**, 12 574.
- [3] Glinski M., Kijenski J., React. Kinet. Catal. Lett. **2000**, 69 123.
- [4] Hwang Y.L., Bedard T.C. Ketones in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. JohnWiley and Sons Inc. New Jersey. USA. **2001**.
- [5] Shutilov A.A., Simonov M.N., Zaytseva Yu.A., Zenkovets G. A., Simakova I.L., Kin. Cat. **2013**, 54 184.

КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПЕРОКСОПОЛИОКСОВОЛЬФРАМАТОВ В РЕАКЦИЯХ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Бердникова П.В., Канажевский В.В., Чесалов Ю.А., Кочубей Д.И., Пай З.П.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия
polina@catalysis.ru*

Гомогенные катализаторы на основе пероксополиоксометаллатов активно и успешно используются в реакциях окисления пероксидом водорода различных органических субстратов [1, 2]. Установление строения катализатора в растворе и его изменений в ходе реакции является важной задачей в гомогенном катализе. Для этого в последнее время используется метод EXAFS спектроскопии.

Методами EXAFS-, КР- и ИК-спектроскопии с целью выяснения локальной структуры были исследованы гомогенные бифункциональные катализаторы состава $Q_3\{PW_4O_{24}\}$, где Q - четвертичный аммониевый катион, а анион представляет собой - тетра(оксодипероксовольфрамо)фосфат $\{PO_4[WO(O_2)_2]_4\}^{3-}$ [3].

Изучена возможность использования данных катализаторов в реакциях окисления α -алкенов и ненасыщенных бициклических кетонов пероксидом водорода в условиях межфазного катализа. Окисление линейных α -алкенов (октена-1 и децена-1) эффективно протекает за 3 часа с образованием соответствующих кислот: гептановой и нонановой с выходом порядка 80-90%. Установлено, что окисление пероксидом водорода 2-циклогексиден-1-циклогексанона протекает с образованием соответствующего эпоксида с селективностью 83% при степени конверсии исходного кетона 55%.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект, № 12-03-00173); Отделения химии и наук о новых материалах РАН (проект № 5.7.3).

Литература:

- [1] a) Ishii Y. and etc., *J. Org. Chem.* **1988**, V. 53, № 15. P. 3587-3593; b) Venturello C. and Gambaro M., *J. Org. Chem.* **1991**, V. 56, № 20. P. 5924-5931.
[2] Pai Z.P. and etc., *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2005**, V. 54, № 8. P. 1847-1854.
[3] a) Pai Z.P., Kochubey D.I., Berdnikova P.V., Kanazhevskiy V.V., Prikhod'ko I.Yu., Chesalov Y.A. *J. Mol. Catal. A: Chemical.* **2010**, V. 332. P. 122–127; b) Kochubey D.I., Berdnikova P.V., Pai Z.P., Chesalov Y.A., Kanazhevskiy V.V., Khlebnikova T.B. *J. Mol. Catal. A: Chemical.* **2013**, V. 366, P. 341–346.

КАТАЛИЗАТОР ДОЖИГА МОНООКСИДА УГЛЕРОДА В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Петров А.Ю., Сеницын С.А.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
antony.petrov@gmail.com*

Исследован вклад ряда физико-химических факторов в формирование и самоупорядочивание дефектов шпинельной кристаллической решетки на примере ферритов различных переходных металлов. Экспериментально подтверждено, что синтезируемые в восстановительной атмосфере с контролируемой влажностью кислород-дефицитные ферриты (КДФ) приобретают новые целевые свойства, в частности, способность циклически сорбировать атомарный кислород газовой смеси, что не сопровождается деградацией структуры. Кроме того, подтверждена способность ферритов к перегруппировке и самоупорядочиванию структурных дефектов, причем оба явления проявляются уже в процессе синтеза и носят периодический характер.

Это позволяет рассматривать ферриты как перспективные соединения для хемосорбционно-каталитической газоочистки. На примере окисления монооксида углерода до диоксида показано, что использование в качестве катализатора кислород-дефицитного магнетита (КДМ, $\text{Fe}_3\text{O}_{4-\chi}$), позволяет существенно улучшить параметры процесса. Фактически, большинство ферритов, имеющих структуру шпинели, могут рассматриваться как частично замещенный, иначе говоря, промотированный магнетит. При этом частичное замещение ионов железа в кристаллической решетке магнетита ионами других переходных металлов (и их сочетаниями, до 25-30% масс. суммарно) приводит к улучшению ряда эксплуатационных характеристик.

Образцы катализатора получали термолизом при 900⁰С смеси органических солей соответствующих металлов, для контроля атмосферы в зоне синтеза в указанную смесь дополнительно вводили флюсы – органические соли аммония. Был установлен оптимальный состав флюса, позволивший исключить продув печи инертным газом в течение всего времени синтеза, что упрощает и удешевляет процесс синтеза. При разложении выделялись углекислый газ и азот.

Исследование процесса термолиза показало, что в процессе межкатионной интердиффузии смесь сложных оксидов ($\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Me}_x\text{O}_y$) уже в течение часа формирует динамически растущую открытопористую кораллоподобную структуру, которая так же, как и феррит, проявляет требуемую каталитическую активность при окислении СО.

Таким образом, активный интермедиат делает обеспечение гомофазности продукта некритичным, а указанная смесь достаточно эффективна, вне зависимости от содержания чистого магнетита, а также - целевого продукта (феррита). Установлено, что в процессе синтеза сначала формируется область твердых растворов, преимущественно состоящая из смеси сложных оксидов, а затем в ней формируются локальные центры кристаллизации ферритов, описанный порядок превращений подтвержден СЭМ, РФА и элементным анализом.

Каталитическую конверсию монооксида углерода исследовали на проточной установке, имитирующей температуру (600-700⁰С), влажность и состав газовой смеси, характерные для дымовых газов установок каталитического крекинга. В реактор загружали ферритовый агломерат, степень конверсии определяли на газовом хроматографе, с детектором по теплоте сгорания.

На примере системы железо-марганец-кислород, температура зажигания составила 425⁰С, при нагреве свыше 600⁰С конверсия носит количественный характер, в пределах погрешности измерения. Исследовали диапазон температур 300-800⁰С, при дальнейшем повышении температуры реакция окисления монооксида углерода идет самопроизвольно, как описано в литературе.

Продувая горячий (700⁰С) катализатор чистым СО₂, авторы воспроизвели ситуацию отравления катализатора при нарушении режима эксплуатации, однако показатели конверсии снизились на 15-20%. Для регенерации была применена продувка воздухом при рабочей температуре и показатели степени конверсии вернулись к прежним показателям.

Таким образом, экспериментально подтверждено, что КДФ может быть использован для детоксикации отходящих газов различного генезиса, в частности – дымовых газов каталитического крекинга. В то же время, самоценность феррита как окислителя, как и малая его чувствительность к традиционным каталитическим ядам, позволяют рассматривать КДФ как перспективный материал еще и с точки зрения экологического катализа, поскольку отсутствуют проблемы с его эксплуатацией и утилизацией (феррит не токсичен и ограниченно биodeграбиелен). Установлено, что КДФ может использоваться в качестве самоценного катализатора, а также – входить в состав активной фазы и/или блочного носителя, в зависимости от решаемых прикладных задач.

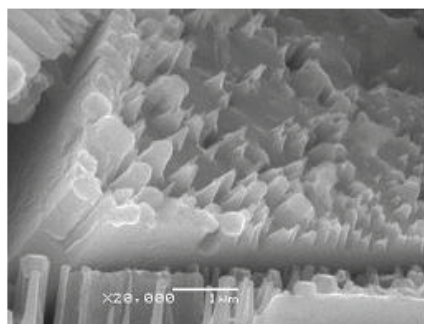
КАТАЛИЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ОКСИДНЫМИ ВОЛЬФРАМОВЫМИ БРОНЗАМИ МОДЕЛЬНОГО ПЕРЕКИСНОГО ПРОЦЕССА ОБЕССЕРИВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

**Петров Л.А.¹, Шишмаков А.Б.¹, Микушина Ю.В.¹, Вакарин С.В.²,
Семерикова О.Л.², Меляева А.А.², Зайков Ю.П.²**

¹*Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

²*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
petrov@ios.uran.ru*

Важной проблемой топливной энергетики является наиболее полное использование низкокачественного нефтяного сырья. Его облагораживание во многом зависит от степени удаления серосодержащих соединений. В данной работе используется перекисное селективное каталитическое окисление серосодержащих соединений, где катализаторами являются нанокристаллические оксидные вольфрамовые бронзы



(ОВБ), методы получения которых, импульсным электролизом расплавов солей, впервые разработаны в Институте высокотемпературной электрохимии УрО РАН. При электролизе расплава 0,30 K_2WO_4 – 0,25 Li_2WO_4 – 0,45 WO_3 на W-подложке получены поликристаллические покрытия ОВБ гексагональной структуры, где каждый микрокристалл представляет

собой ориентированную наноигльчатую структуру (рис.), в которой игльчатые кластеры связаны между собой промежуточной шейкой, что препятствует их агломерации. С целью исследования каталитических свойств в ОВ процессах образцы тестировали методом разложения H_2O_2 . Установлено, что активность наноразмерных образцов на порядок выше крупнозернистых. Кинетическими исследованиями каталитических свойств в модельном процессе перекисного обессеривания нефтепродуктов (окисление бензотиофена пероксидом водорода в толуоле) установлено, что активность наноразмерных образцов ОВБ в три раза больше, чем крупнозернистых. В результате реакции при температуре 35°C начальная концентрация бензотиофена в толуоле 250 ppm снижена за один час до 12 ppm.

Работа выполнялась по проекту “Нанокристаллические оксидные вольфрамовые бронзы, полученные электролизом расплавов, в каталитических процессах окислительного обессеривания и облагораживания нефтяных фракций”, выполняемому в рамках программ УрО РАН, (номера проектов 12-И-3-2058, 12-П-234-2003)

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА, ВАНАДИЯ И МОЛИБДЕНА НА КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ В РЕАКЦИИ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ИЗОПРЕН

Бочков М.А., Ахмеров О.И., Харлампиди Х.Э.

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
m.a.bochkov@gmail.com*

До сих пор нет единого мнения о природе активного компонента катализатора, о роли вводимых в состав различных соединений, об их влияние на эксплуатационные характеристики катализатора.

Цель работы – исследование влияния соединений железа, ванадия и молибдена на каталитическую активность в реакции дегидрирования изоамиленов в изопрен.

Синтез каталитических систем осуществляется осаждением труднорастворимых соединений или пропиткой оксидных соединений солями, с дальнейшей термообработкой.

Исследование каталитической активности образцов в реакции дегидрирования изоамиленов в изопрен проводилось на лабораторной проточной установке.

В процессе синтеза оксидных систем происходит дегидратация исходных соединений, их терморазложение, окисление, а также твердофазное взаимодействие с образованием сложных оксидных систем.

Изменение фазового состава происходит также при высокотемпературном взаимодействии твердой фазы, состоящей из оксидных соединений высшей валентности, с окислительно-восстановительной реакционной средой.

Все это в итоге приводит к образованию многофазных систем, которые определяют активность катализаторов.

Исследования показали, что при введении в состав железооксидной системы соединений ванадия или молибдена происходит рост выхода изопрена на разложенные углеводороды (ВР) до значений сопоставимых с данными селективности промышленных катализаторов (MST, BASF), которые составляли при испытаниях 81-85%.

INDIRECT ALKYLATION OF ALKANES BY BIOALCOHOLS ON HIBRID CATALYSTS WITH PRODUCTION OF HIGH-OCTANE FUELS

**Ipatova E.A.², Shiriiiazdanov R.R.^{1,2}, Davletshin A.R.^{1,2}, Karimova A.R.²,
Telyashev E.G.^{1,2}, Abdyushev R.R.^{1,2}, Rahimov M.N.²**

¹*Institute of Petroleum Refining and Petrochemistry, Ufa, Russia*

²*Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia*

petroleum9@bk.ru

As an alternative to the traditional process of isobutane alkylation by C₃-C₄ olefines the authors studied the possibility of isobutane alkylation by biobutanol on the ultra-stable Y zeolites in the H-form (H-USY) and hibrid catalytic systems - H-USY, additionally modified by wolframate of zirconium dioxide (WO₃/ZrO₂).

The isobutane alkylation by biobutanol was studied in the flow regime at temperature interval 100-200°C, pressure 0.4-0.6 MPa and space velocity of feed input 1h⁻¹. The composition of products and the process parameters are given in the table below.

Table. Composition of products and parameters of the process of isobutane alkylation by biobutanol

Catalyst composition	Value
2,2,4-trimethylpentane	35,5
2,3-dimethylhexane	6,8
2,2,4-trimethylpentene-1	24,8
2,2,4- trimethylpentene-2	32,9
C ₉₊ (coke precursors)	traces
Total:	100
Parameters of the process	
Degree of biobutanol conversion, %	65-70
Yield of catalyst on biobutanol, g/g	0,86-0,90

Besides hydrocarbon part the catalysate obtained by the hybrid catalyst contains water, which in its turn makes it possible to suppose the possibility of the mechanism of indirect alkylation reaction by dehydration of biobutanol on the catalyst acid centers with subsequent isobutane alkylation, olefins C₄ oligomerization in branched unsaturated hydrocarbons and etherification with formation of ethers in small quantities. In the studied temperature interval the content of unsaturated C₈ hydrocarbons (basically, trimethylpentene isomers) prevails over isoalkanes, enhancing the reactions of oligomerization and suppressing the reactions of isobutane alkylation by olefins.

This work has been supported by Scholarship of President of Russian Federation

ALKYLATION OF ISOBUTANE BY BUTANE-BUTYLENE FRACTION ON ZIRCONIUM MODIFIED Y-ZEOLITE

Shiriazdanov R.R.^{1,2}, Davletshin A.R.^{1,2}, Telyashev E.G.^{1,2}, Ipatova E.A.²,

Abdyushev R.R.^{1,2}, Rahimov M.N.², Karimova A.R.²

¹*Institute of Petroleum Refining and Petrochemistry, Ufa, Russia*

²*Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia*

petroleum9@bk.ru

One of an alternative to traditional liquid acid catalysts of isobutane alkylation by olefins is the solid acid catalyst on the basis of modified zeolites of faujasite (FAU), modernite (MOR) or beta (BEA) types.

The authors synthesized the solid acid catalysts of alkylation on the basis of polycation – decationated forms of ultra-stable Y zeolites (HCaRe-USY). In order to impact additional acidity these catalysts the zeolites were modified by zirconium oxynitrate $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ using the impregnation method. The tests were conducted in the flow-circulation unit of isobutane alkylation by butane-butylene fraction with the following parameters: temperature 70 °C, pressure 2.0 MPa, space velocity of feed input h^{-1} and isobutane-butylene ratio 100:1. The alkylate compositions before and after catalyst modification by zirconium oxynitrate are given in the table below.

Table. Composition of alkylate before and after zirconium oxynitrate modification

Composition of alkylate:	HCaRe-USY	HCaRe-USY+Zr
C ₅ - C ₇	9,3	7,7
Total DMG	9,0	10,9
Total TMP	73,8	78,1
Total C ₈	82,8	89,0
C ₉	7,9	3,3
Total:	100	100
Parameters of the process:		
Degree of butylene conversion, %	100	100
Yield of alkylate on olefins, g/g-butylene	2,03	2,03

This work has been supported by Scholarship of President of Russian Federation

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-РАЗМЕРНОГО ФАКТОРА НА СВОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ МЕТАЛЛ-ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ DeNO_x-ПРОЦЕССОВ

Соловьёв С.А., Кириенко П.И., Попович Н.А.

*Институт физической химии им.Л.В. Писаржевского НАН Украины, Киев, Украина
soloviev@inphyschem-nas.kiev.ua*

Катализаторы нового поколения для экологических целей должны иметь определенные эксплуатационные характеристики, в первую очередь, высокую производительность активной фазы, что может быть достигнуто путем использования новых наноматериалов с регулируемыми текстурными характеристиками. Изменение структуры поверхности и электронных свойств наночастиц, сохранение размерных характеристик активной фазы катализатора в оптимальном для протекания данной реакции нанометровом диапазоне определяют особенности взаимодействия реагентов с активной поверхностью, природу и реакционную способность адсорбированных молекул, а соответственно активность и селективность наносистем в гетерогенном катализе.

Особое значение размерный фактор приобретает при создании катализаторов на моонолитных носителях, содержащих в своем составе дорогостоящие компоненты (Ag, платиновые металлы). При исследовании реакции селективного восстановления NO этанолом (в избытке кислорода) на катализаторах Ag/Al₂O₃/кордиерит нами было установлено, что увеличение концентрации серебра в составе катализатора до 0,4 масс.% приводит к возрастанию его активности. Это проявляется в росте скорости реакции $C_2H_5OH + NO + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + N_2$ при сохранении высокой (на уровне 98-99%) селективности по N₂. При увеличении содержания серебра до 0,5 масс.% наблюдается сужение температурного интервала высоких конверсий NO. Дальнейшее повышение концентрации серебра до 1,5-2,0 масс.% приводит к снижению как конверсии NO, так и селективности процесса.

Роль оксида алюминия в составе катализаторов Ag/Al₂O₃/кордиерит обусловлена как его влиянием на дисперсность, так и на концентрацию кислотных центров Льюиса поверхности. Методом ИК-спектроскопии на поверхности алюмо-серебряного катализатора идентифицировано два типа кислотных центров Льюиса (ЛКЦ): первый характеризуется п.п. СО в диапазоне 2198-2185 см⁻¹ и относится к октакоординированным атомам алюминия (Al_o), у которых одно координационное

положение вакантное, а другие заняты атомами кислорода; второй тип ЛКЦ, характеризуемый п.п. при 2170 см^{-1} , относится к кислоте Льюиса образованной с участием катионов серебра.

Влияние содержания серебра на активность и селективность катализаторов $\text{Ag}/\text{Al}_2\text{O}_3$ /кордиерит процессе селективного восстановления NO этанолом можно объяснить на основании результатов исследования дисперсности и валентного состояния Ag . Методами оже-электронной и UV-Vis спектроскопии диффузного отражения установлено наличие трех форм серебра в составе катализатора: высокодисперсных катионов Ag^+ , нанокластеров $\text{Ag}_n^{\delta+}$ ($n \leq 8$), крупных частиц Ag^0 . Нами показано, что активными центрами реакции селективного восстановления NO является серебро, стабилизированное на поверхности $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в виде катионов Ag^+ или нанокластеров $\text{Ag}_n^{\delta+}$. Активность последних выше, что проявляется в возрастании атомной каталитической активности серебра при повышении его концентрации в составе катализатора до 0,4% масс. Необходимость присутствия серебра в виде катионов Ag^+ или нанокластеров $\text{Ag}_n^{\delta+}$ состоит также и в том, что серебро в данной форме обладает не только окислительно-восстановительными свойствами, но и формирует на поверхности Льюисовские кислотные центры, как это установлено методом ИК-спектроскопии по адсорбции пиридина и CO . Появление дополнительных сильных кислотных центров обусловлено тем, что хемосорбированный на серебре кислород является поверхностным основанием и проявляет свойства сильного нуклеофила в реакциях с карбонильными соединениями. Таким образом, на окисленной поверхности серебра образуется сопряженная кислотно-основная пара Льюиса $\text{Ag}^{\delta+} \cdots \text{Ag}^{\delta+} - \text{O}_2^{\delta-}$, которая способствует осуществлению процесса селективного восстановления NO этанолом.

На частицах металлического серебра более крупного размера протекает преимущественно реакция глубокого окисления этанола молекулярным кислородом без участия NO . Образование таких частиц происходит при содержании серебра в составе катализатора 0,5% масс. и выше.

Таким образом наблюдается прямая связь между активностью и селективностью катализатора $\text{Ag}/\text{Al}_2\text{O}_3$ /кордиерит и присутствием в его составе кластеров Ag^+ , $\text{Ag}_n^{\delta+}$ и Ag^0 .

КАТАЛИЗ В МАСЛОВЕДЕНИИ

Цветков О.Н.

*ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт нефтепереработки»,
Москва, Россия
raom@rambler.ru*

Мировое масловедение продолжает развивать и совершенствовать каталитические технологии переработки углеводородного сырья в базовые масла требуемого группового химического состава. Движущей силой этого тренда стала борьба за повышение экологоэнергетической эффективности производства и применения смазочных масел, интенсифицировавшаяся в связи с принятием всё более ужесточающихся норм по выбросам в атмосферу вредных веществ. Улучшение качественных характеристик базовых масел имеет вектор постепенного наращивания производства основ II-IV групп за счёт сокращения I группы. Спрос на масла II-IV групп, вырабатываемые каталитическими технологиями, приближается к 24%. Интегрированный технопарк российского производства базовых масел общей мощностью примерно 3000 тыс. т/год характеризуется девятью действующими маслблоками с получением на 97,7% масел I группы, на четырёх из которых наличествуют каталитические процессы гидроочистки, на одном – производство масел III группы, 25 тыс. т/год, а также небольшой установкой ПАОМ.

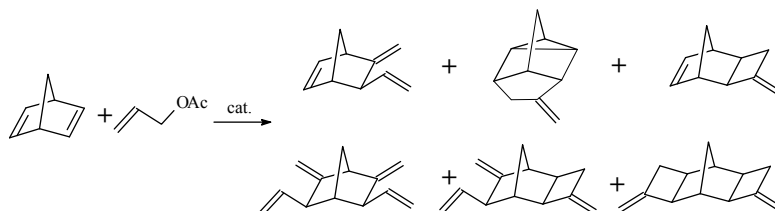
В последние годы под действием усиливающейся конкуренции и необходимости выполнения экологического законодательства, начаты проекты создания базовых масел группы II и группы III («НК Роснефть», «ТАНЕКО») с вводом соответствующих установок в 2013-2014 гг. Проекты строительства гидрокаталитических установок получения базовых масел групп II и III рассматриваются и другими российскими нефтяными компаниями («ЛУКОЙЛ», «Газпромнефть»). Научный потенциал ВНИИ НП включает процессы гидроочистки, гидрооблагораживания, гидроконверсии, гидрокрекинга, гидроизомеризации, каталитической депарафинизации и синтеза ПАОМ. Катализаторы и процессы гидроочистки, гидрокрекинга и каталитической депарафинизации применяются и действуют на двух российских маслблоках, а процесс синтеза одного из ПАОМ освоен на Нижнекамском заводе синтетических масел. Дальнейшее совершенствование каталитических процессов получения базовых масел видится в разработке высокоэффективных катализаторов изодепарафинизации масляного сырья с тем, чтобы российские процессы приобрели конкурентоспособность.

НОРБОРНАДИЕН – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СУБСТРАТ В ОРГАНИЧЕСКОМ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Флид В.Р.

*Московский государственный университет тонких химических технологий
имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Каталитические процессы с участием норборнадиена (НБД) открывают исключительные возможности для синтеза широкого круга труднодоступных полициклических углеводородов. Эффективное использование таких синтетических приемов как гомодимеризация, содимеризация и нетрадиционное аллилирование широкого круга норборненов и норборнадиенов позволяет разработать уникальную стратегию получения карбоциклических структур, содержащих метиленовые, винильные и метилениклубутановые фрагменты.



Проблемы избирательности в многомаршрутных реакциях с участием НБД и его производных приобретают первостепенную важность. На примере реакций аллилирования НБД и норборненов показана возможность регулирования скоростью и селективностью различного уровня. Подробно исследованы пути формирования никелевых и палладиевых катализаторов, спектральными методами выявлены ключевые интермедиаты, установлены кинетические закономерности, предложены непротиворечивые механизмы. Осуществлено квантово-химическое моделирование процессов с участием НБД. Установлены факторы, влияющие на направления реакций и позволяющие количественно получать индивидуальные стереоизомеры. Селективность и количество циклов зависят от состава каталитической системы и эффективного заряда на металле. Синтезирована серия новых ненасыщенных соединений, обладающих набором двойных связей с различной реакционной способностью и представляющих интерес для получения модифицированных каучуков.

Проведено сопоставление эффективности применения гомогенных и гетерогенных металлокомплексных катализаторов, выявлены общие черты и различия в реакционных механизмах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 11-03-00662-а).

SUPERACID CATALYTIC SYSTEMS $\text{WO}_4^{2-}/\text{BO}_3^{3-}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ FOR THE PROCESS OF REFINERY GASES OLIGOMERIZATION

Shiriazdanov R.R.^{1,2}, Davletshin A.R.^{1,2}, Telyashev E.G.^{1,2}, Ipatova E.A.²,
Abdyushev R.R.^{1,2}, Karimova A.R.², Rahimov M.N.², Nikitina A.P.²

¹*Institute of Petroleum Refining and Petrochemistry, Ufa, Russia*

²*Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia*
petroleum9@bk.ru

Catalytic oligomerization of $\text{C}_3\text{-C}_4$ olefins is one of the oldest catalytic process in petroleum refining, which is still attractive nowadays, permitting to obtain valuable components for sulfur-free gasoline and diesel fuels and solve the problem of utilization – rational processing of refinery gases, formed in the volume of about 5-8 % mas. from the volume of oil, being processed at the refinery.

The authors proposed the superacid catalysts for oligomerization of refinery gases $\text{C}_3\text{-C}_4$ olefins on the basis of borate-bearing aluminium oxide, obtained by the zole-gel method and calcined at the temperature 550-580 °C, with subsequent modification by ammonium metawolframium, drying and calcining at 400 °C. The composition of oligomerizate, parameters and values of the process of butane-butylene fraction (BBF) oligomerization on $\text{WO}_4^{2-}/\text{BO}_3^{3-}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ are given in the table below.

Table. Composition of oligomerizate, parameters and values of the process of BBF oligomerization on $\text{WO}_4^{2-}/\text{BO}_3^{3-}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

Composition of oligomerizate	Values
$\text{C}_5\text{-C}_7$	1,9
C_8	59,89
$\text{C}_9\text{-C}_{11}$	26,89
C_{12+}	11,32
Total:	100
Parameters and values of the process:	
Temperature, °C	150
Pressure, MPa	6,0
Space velocity, h^{-1}	1
Conversion of olefins, %	78,81

The study was conducted with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, the agreement № 14.B37.21.0303

ВЛИЯНИЕ АЗОТА НА ГЛУБИННЫЙ ЦИКЛ УГЛЕРОДА ПРИ ГЕНЕЗИСЕ НЕФТИ

Симонян Г.С.

*Ереванский государственный университет, Ереван, Армения
sim-gev@mail.ru*

Азот является главным летучим элементом земной атмосферы и одним из основных компонентов нефти и, таким образом, является весьма важным определением его химической активности при взаимодействии с глубинными веществами для того, чтобы понять процессы, которые контролируют образование компонентов нефти [1]. Метеогенные воды, которые проникают в земную кору до глубин 10 км, несут $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ г/л азота главным образом в форме N_2 , NO_3^- и NH_4^+ [2]. Принимая то, что геохимическая константа круговорота метеогенной воды составляет $5.2 \cdot 10^{20}$ г/год [3], получаем, что метеогенная вода может перенести массу азота $1,04 \cdot 10^{17}$ г/год. Согласно работе [3], в процессе нефтегазообразования охвачены глобальные геохимические круговороты кислорода, углерода и воды. В ходе этого круговорота надземный избыточный углерод в окисленном виде (CO_2) метеогенными водами переводится под земную поверхность, где вследствие каталитической реакции Фишера-Тропша накапливается в форме нефти и газа. В работе [4] показано, что азот влияет на скорость и ход реакции Фишера-Тропша, тем самым, и на глубинный цикл углерода. Из газообразных флюидов земной коры могут образоваться почти все азотистые соединения, входящие в состав нефти, в частности, карбазол, индол, порфин и *VO*- и *Ni* – порфиринов [5]. Показано, что отсутствие олефинов в большинстве нефтей обусловлено их высокой реакционной способностью и вступлением в реакции гидрирования, взаимодействия с алкиламинами и полимеризации с участием аминов [6,7].

Литература:

- [1] Marty B., Dauphas, N., *Earth and Planetary Science Letters*. **2003**, 206, 397.
- [2] Сорохтин О. Г., Ушаков С. А. Развитие Земли. М.: МГУ, **2002**, 506.
- [3] Баренбаум А.А., *ДАН*, **2004**, 399, 6, 802.
- [4] Герасимова Н.Н., Сагаченко Т.А., *Сборник докладов Всероссийской научной конференции «Успехи органической геохимии»*, Новосибирск, **2010**, 85.
- [5] Несмиянов А.Н., Несмиянов Н.А. Начала Органической химии. М.: Химия, **1970**, 2, 824.
- [6] Simonian G., Beylerian N., *Oxidation Communication*, **2010**, 33, 1, 125.
- [7] Симонян Г.С., Акопян Р.М., Бейлерян Н.М., *Арм.хим.ж.*, **1991**, 46, 6, 336.

Список участников

ANDERSSON Jan

Institute für Anorganische und Analytische
Westfälische Wilhelms-Universität
Münster, Germany
anderss@uni-muenster.de

AZIMOV Fakhod

Tashkent Institute of Chemical Technology
Tashkent, Uzbekistan
afara13@gmail.com

EFREMOV Sergey Anatolievich

Daughter State Enterprise “The Center of Physical-
Chemical Methods of Research and Analysis”
of the Republican State Enterprise “
al-Farabi Kazakh National University”
Almaty, Kazakhstan
efremsa@mail.ru

ISMAILOV Etibar Hummat

Institute of Petrochemical Processes of Azerbaijan
National Academy of Sciences
Baku, Azerbaijan
etibar.ismailov@gmail.com

MANIECKI Tomasz Przemyslaw

Lodz University of Technology
Lodz, Poland
tmanieck@p.lodz.pl

MIERCZYNSKI Pawel

Lodz University of Technology
Lodz, Poland
mierczyn25@wp.pl

NAURYSBAEV Mikhail Kasymovich

Daughter State Enterprise “The Center of Physical-
Chemical Methods of Research and Analysis”
of the Republican State Enterprise “
al-Farabi Kazakh National University”
Almaty, Kazakhstan
nauryzbaev@cfhmk.kz

RAKOVSKY Slavcho Kirilov

Institute of Catalysis,
Bulgarian Academy of Sciences
Sofia, Bulgaria
rakovsky@ic.bas.bg

АКСЕНОВ Дмитрий Григорьевич

Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
Aksenov@catalysis.ru

АЛИЕВ Рамиз Рза оглы

ОАО "Всероссийский научно-исследовательский
институт по переработке нефти"
Москва, Россия
arr11@mail.ru

АРИФОВА Мадина Султановна

ОАО "Максам-Чирчик"
Чирчик, Узбекистан
info@maksam-chirchig.uz

АСАНОВ Наукан Алтаевич

Институт проблем горения МОН РК
Алма-Ата, Казахстан
telbaeva.moldir@yandex.ru

АШУРОВ Нигмат Рустамович

Институт химии и физики полимеров
Академии наук Республики Узбекистан
Ташкент, Узбекистан
ashurov@globalnet.uz

БЕРДНИКОВА Полина Вениаминовна

Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
polina@catalysis.ru

БОБРИН Александр Сергеевич

Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
bobrin@catalysis.ru

БУЛУЧЕВСКИЙ Евгений Анатольевич

Институт проблем переработки углеводородов
СО РАН
Омск, Россия
bulu@ihcp.oscsbras.ru

ВАСИЛЬЕВ Виктор Андреевич

Аспирантура по науке и инженерии, UABC
Казань, Россия
viktormemfis@mail.ru

ВЕРНИКОВСКАЯ Марина Валерьевна

Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
vernikmv@catalysis.ru

ВОЙТИК Ольга Леонидовна

Институт тепло- и массообмена
им. А.В. Лыкова НАН Беларуси
Минск, Беларусь
voitik@itmo.by

ГОНЧАРУК Владислав Владимирович

Институт коллоидной химии и химии воды
им. А.В. Думанского
Киев, Украина
honch@icccw.kiev.ua

ГУЛОМОВ Шухраткодир Ташматович
Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан
shuhratqodirtkti@mail.ru

ДАДАХОДЖАЕВ Абдулла Турсунович
ГАО «УзХимпром»
Ташкент, Узбекистан
Dadahodjaev@yandex.ru

ДЕЛЕНДИК Кирилл Иванович
Институт тепло- и массообмена
им. А.В. Лыкова НАН Беларуси
Минск, Беларусь
kdelendik@yahoo.com

ДЖАЛАЛОВА Шахноз Бадамбаевна
Узбекский Научно-исследовательский химико-фармацевтический институт
Ташкент, Узбекистан
shaxnoz236@rambler.ru

ДЖАТКАМБАЕВА Улжан Нурбаевна
ДГП на ПХВ НИИ Новых химических технологий и материалов РГП на ПХВ Казахский национальный университет Министерства образования и науки Республики Казахстан
Алматы, Казахстан
ulzhan.dzhatkambaeva@mail.ru

ДИМЕТОВ Хаким Нишанович
СП Uz-Prista
Фергана, Узбекистан
khakimdimetov@prista-oil.uz

ДОЛГОВ Валентин Вадимович
Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан
Ташкент, Узбекистан
ashurov@globalnet.uz

ДОСУМОВ Кусман Досумович
Институт проблем горения
Алматы, Казахстан
dosumov50@mail.ru

ДОСУМОВА Бинара Тусупбековна
ДГП на ПХВ НИИ Новых химических технологий и материалов РГП на ПХВ Казахский национальный университет Министерства образования и науки Республики Казахстан
Алматы, Казахстан
dosumova63@mail.ru

ЗАГОРУЙКО Андрей Николаевич
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
zagor@catalysis.ru

ИКРАМОВ Абдулахат
Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан
bahodir_gofurov@mail.ru

КАДЫРОВА Дилором Салиховна
Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан
dil-kadirova@rambler.ru

КАПУСТИН Владимир Михайлович
ОАО "ВНИПИнефть"
Москва, Россия
KseniyaKostyukevich@vniplineft.ru

КЕДЕЛЬБАЕВ Бахт Шамсиевич
Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан
raha58@mail.ru

КЛИМОВ Олег Владимирович
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
klm@catalysis.ru

КОПЫЛОВ Александр Юрьевич
Академия наук Республики Татарстан
Казань, Россия
vniius.1lab@mail.ru

КОСОВА Наталья Ивановна
Томский государственный университет
Томск, Россия
kosovanatalia@yandex.ru

КУАТБЕКОВ Н.А.
Казахстанский университет Дружбы народов
Чимкент, Казахстан
livkuzn@catalysis.ru

ЛАВРЕНОВ Александр Валентинович
Институт проблем переработки углеводородов СО РАН
Омск, Россия
lavr@ihcp.oscsbras.ru

ЛИХОЛОБОВ Владимир Александрович
Институт проблем переработки углеводородов СО РАН
Омск, Россия
val@ihcp.ru

ЛОПАТИН Сергей Алексеевич
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
lsa@catalysis.ru

МАЗГАРОВ Ахмет Мазгарович
Академия наук Республики Татарстан
Казань, Россия
vniius.1lab@mail.ru

МАЛЫШЕВ Александр
Sasol Germany GmbH
Гамбург, Германия
alexander.malyschew@de.sasol.com

МАКХАМОВ Хурсанд Мансурович
Узбекский Научно-исследовательский
химико-фармацевтический институт
Ташкент, Узбекистан
uzkfiti@rambler.ru

МАНСУРОВА Малохат Сагдуллаевна
Узбекский Научно-исследовательский
химико-фармацевтический институт
Ташкент, Узбекистан
uzkfiti@rambler.ru

МАСАЛИМОВА Бакытгуль Кабыкеновна
Аркалыкский государственный педагогический
институт
Аркалык, Казахстан
massalimova15@mail.ru

МИРЗАЕВА Елена Иннокентьевна
Узбекский Научно-исследовательский
химико-фармацевтический институт
Ташкент, Узбекистан
mirzaeva.lena@mail.ru

МОЛЧАНОВ Владимир Петрович
Тверской государственный технический
университет
Тверь, Россия
science@science.tver.ru

НАЗАРОВ Алишер Ризаевич
Ташкентский государственный технический
университет им. А. Беруни
Ташкент, Узбекистан
navo.sher@mail.ru

НАСУЛЛАЕВ Хикматулло Абдулазизович
Узбекский Научно-исследовательский
химико-фармацевтический институт
Ташкент, Узбекистан
xnasullaev@mail.ru

НОСКОВ Александр Степанович
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
noskov@catalysis.ru

ПАЙ Зинаида Петровна
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
zpai@catalysis.ru

ПИМЕРЗИН Андрей Алексеевич
Самарский государственный технический
университет
Самара, Россия
pimerzin@sstu.smr.ru

РОСТОВЩИКОВА Татьяна Николаевна
МГУ им М.В. Ломоносова,
химический факультет
Москва, Россия
rtn@kinet.chem.msu.ru

САЙДАХМЕДОВ Игамберди Мухтарович
АК «Узнефтепродукт»
Ташкент, Узбекистан
pneft@inbox.uz

САЙДАХМЕДОВ Сардобек Игамбердиевич
АК «Узнефтепродукт»
Ташкент, Узбекистан
pneft@inbox.uz

САЙДОХМЕДОВ Шамсиддин Мухтарович
Бухарский нефтеперерабатывающий завод
Бухара, Узбекистан
shuhratqodirtkti@mail.ru

САЛЬНИКОВ Валерий Сергеевич
ООО "Сервис-центр "ХромоСиб"
Омск, Россия
mail@chromosib.ru

СИМАКОВА Ирина Леонидовна
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
simakova@catalysis.ru

СНЫТНИКОВ Павел Валерьевич
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
pvsnyt@catalysis.ru

СТАРЦЕВА Людмила Яковлевна
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
star@catalysis.ru

СТРИЖАКОВ Дмитрий Александрович
Институт химии новых материалов
НАН Беларуси
Минск, Беларусь
Dima-strij@tut.by

ТАРХАНОВА Ирина Геннадиевна
МГУ им. М.В. Ломоносова,
химический факультет
Москва, Россия
itar_msu@mail.ru

ТУРАБДЖАНОВ Садриддин Махаммадинович
Ташкентский химико-технологический
институт
Ташкент, Узбекистан
tur_sad@mail.ru

ТУРАЕВ Толиб Бозорович
Ташкентский химико-технологический
институт
Ташкент, Узбекистан
t_tolibbek@mail.ru

ФАРЗУТДИНОВА Л. Р.
Открытое Акционерное Общество
«Максам-Чирчик»
Чирчик, Узбекистан
lifo@maxam-chirchig.uz

ЧУМАЧЕНКО Виктор Анатольевич
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
vachum@catalysis.ru

ШЕРМАТОВ Бобомирза Эшбоевич
Узбекский Научно-исследовательский
химико-фармацевтический институт
Ташкент, Узбекистан
uzkfiti@rambler.ru

ШИЛИНА Марина Ильинична
МГУ имени М.В. Ломоносова,
химический факультет
Москва, Россия
shilina_m@mail.ru

ЮДИНА Елена Станиславовна
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
yudina@catalysis.ru

ЮНУСОВ Мирахмат Пулатович
Узбекский Научно-исследовательский
химико-фармацевтический институт
Ташкент, Узбекистан
myunusov_uz@rambler.ru

ЯКОВЛЕВ Вадим Анатольевич
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
yakovlev@catalysis.ru

ЯШНИК Светлана Анатольевна
Институт катализа СО РАН
Новосибирск, Россия
yashnik@catalysis.ru

Содержание

Ключевые лекции	5
KL-1 Капустин В.М. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ В РОССИИ	7
KL-2 Andersson Jan MASS SPECTROMETRY IN THE STUDY OF SULFUR COMPOUNDS IN PETROLEUM	8
KL-3 Лихолобов В.А. НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА	9
KL-4 Юнусов М.П., Джалалова Ш.Б., Исаева Н.Ф. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КАТАЛИЗАТОРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВ И МАСЕЛ	11
KL-5 Мазгаров А.М., Вильданов А.Ф., Коробков Ф.А. КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ НЕФТЕЙ, НЕФТЕПРОДУКТОВ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ	13
KL-6 Яковлев В.А. КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ	15
KL-7 Гончарук В.В. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАТАЛИЗА В ОБЛАСТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	17
<i>Институт коллоидной химии и воды НАН Украины, Киев, Украина</i>	
KL-8 Ismailov E.H., Lothar Heinrich X-RAY FLUORESCENCE AND ELECTRON SCANNING MICROSCOPY OF NANOSTRUCTURED CATALYSTS FOR HEAVY OIL PYROLYSIS	18
KL-9 Досумов К., Наурызбаев М.К., Калиханов К.К. ОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ КОНВЕРСИИ БИОЭТАНОЛА В ЭТИЛЕН	19
Презентационный доклад	
SP Сальников В.С. КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	21
Устные доклады	23
ОР-1 Лавренев А.В., Казаков М.О., Булучевский Е.А., Карпова Т.Р., Федорова Е.Д. КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ И ЦИРКОНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ТОПЛИВ	25
ОР-2 Ёлшин Н.А., Алиев Р.Р., Целютина М.И. ГИДРООЧИСТКА НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ КАТАЛИЗАТОРНЫХ СИСТЕМ	27
ОР-3 Турабджанов С.М., Икрамов А., Кадиров Х.И., Рузиев Д.У., Гофуров Б.Б. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОДБОРА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ГЕТЕРОГЕННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ МОЛЕКУЛ H_x К АЦЕТИЛЕНУ	29

ОР-4 Сайдахмедов Ш.М. МОДЕРНИЗАЦИЯ БУХАРСКОГО НПЗ С ЦЕЛЬЮ ОСВОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ ТОПЛИВ	31
ОР-5 Пимерзин А.А., Томина Н.Н., Никульшин П.А. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	33
ОР-6 Климов О.В. НОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ	34
ОР-7 Снытников П.В., Зырянова М.М., Амосов Ю.И., Шигаров А.Б., Беляев В.Д., Киреев В.В., Кузин Н.А., Верниковская М.В., Кириллов В.А., Собянин В.А. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПАРОВАЯ КОНВЕРСИЯ ПРОПАН-МЕТАНОВЫХ СМЕСЕЙ И ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ В МЕТАНО-ВОДОРОДНЫЕ СМЕСИ: ЭКСПЕРИМЕНТ И МАКРОКИНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	36
ОР-8 Муминов А.А., Тураев Т.Б., Алимов А.А. КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ГИДРОИЗОМЕРИЗАЦИЯ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ ГАЗОКОНДЕНСАТА ШУРТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	38
ОР-9 Кузнецова Н.И., Попова Г.Я., Кузнецова Л.И., Афанасьев Д.С., Андрушкевич Т.В., Лихолобов В.А., Хан С. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ПРОПАНА СМЕСЬЮ ГАЗОВ O_2-H_2 НА КАТАЛИЗАТОРЕ $Pt-H_3PMo_{12}O_{40}$	40
ОР-10 Пай З.П., Кочубей Д.И., Пармон В.Н. МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭПОКСИДОВ И КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ	41
ОР-11 Сайдахмедов С.И. РАЗРАБОТКА БЕНЗИНО-МЕТАНОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА	42
ОР-12 Делендик К.И., Войтик О.Л., Игнатенко Д.Г., Слаута М.В., Супрон А.В. УНИВЕРСАЛЬНАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА И КАТАЛИЗАТОРЫ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА НА ЕЕ ОСНОВЕ	45
ОР-13 Долгов В.В., Шевелева Е., Усманова М.М., Садыков Ш.Г., Ашуров Н.Р., Дадаходжаев А.Т. О ПОДХОДАХ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КАТАЛИЗАТОРА КОНВЕРСИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА	46
ОР-14 Azimov F.H., Sharipov Kh.T., Markova I., Marek L. SYNTHESIS AND CHARACTERIZATIONS OF SBA-15 AND Ti-SBA-15 NANOPOROUS MATERIALS FOR DME CATALYSTS	48
ОР-15 Rakovsky S., Vissokov G., Garlanov D., Filkova D. NANOSIZED MATERIALS PREPARED BY ELECTRIC-ARC AND RADIO-FREQUENCY INDUCTIVELY COUPLED PLASMA	50
ОР-16 Копылов А.Ю., Мазгаров А.М., Копылов Ю.П., Мингазов А.М., Ефремов Р.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ	51
ОР-17 Симакова И.Л., Зайцева Ю.А., Симонов М.Н., Панченко В.Н., Пармон В.Н. КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ	53

ОР-18 <u>Микенин П.Е., Цырульников П.Г., Котолевич Ю.С., Загоруйко А.Н.</u> ВАНАДИЙ-ОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ СЕЛЕКТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА НА ОСНОВЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ МИКРОВОЛОКНИСТЫХ НОСИТЕЛЕЙ	54
ОР-19 <u>Чумаченко В.А., Овчинникова Е.В., Нестеренко С.С.</u> ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПРИМЕСЕЙ	56
ОС-1 <u>Кедельбаев Б.Ш., Турабджанов С.М., Ташкараев Р.А., Куатбеков А.М.</u> МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ГИДРИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА ДО ЦИКЛОГЕКСАНА В ЖИДКОЙ ФАЗЕ	58
ОС-2 <u>Яшник С.А., Стадниченко А.И., Уржунцев Г.А., Ищенко А.В., Боронин А.И., Исмаилов Э.Г., Исмагилов З.Р.</u> ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНЫХ СВОЙСТВ НОСИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА БИФУНКЦИОНАЛЬНОГО Pt-Pd КАТАЛИЗАТОРА В ГИДРООБЕССЕРИВАНИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ	59
ОС-3 <u>Загоруйко А.Н., Кленов О.П., Лопатин С.А.</u> КАТАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ СЛОЕВ СТЕКЛОВОЛОКНИСТЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	60
ОС-4 <u>Стрижаков Д.А., Корбут В.И., Агабеков В.Е., Юргелевич Ю.Г.</u> ЖИДКИЕ И ГАЗООБРАЗНЫЕ ПРОДУКТЫ ГИДРОКОНВЕРСИИ СМЕСИ ГУДРОНА И СОСНОВЫХ ОПИЛОК В ПРИСУТСТВИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	62
ОС-5 <u>Масалимова Б.К.</u> ПАРЦИАЛЬНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ПРОПАН-БУТАНОВОЙ СМЕСИ ДО ОКСИГЕНАТОВ	64
ОС-6 <u>Арифова М.С., Дадаходжаев А.Т., Умаров И.Ш., Тураева Ф.Ш., Саломов А.</u> ПОЛУЧЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРА ГИДРИРОВАНИЯ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ	65
ОС-7 <u>Бобрин А.С., Бобров Н.Н.</u> СОВРЕМЕННЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПИЛОТНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССАХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	67
ОС-8 <u>Шилина М.И.</u> СИНЕРГИЗМ КАТИОНА ПЕРЕХОДНОГО МЕТАЛЛА И КИСЛОТЫ ЛЬЮИСА В КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ ПАРАФИНОВ В МЯГКИХ УСЛОВИЯХ	69
ОС-9 <u>Ашуров Н.Р., Усманова М.М., Шевелева Е.Е., Долгов В.В.</u> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНВЕРСИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА ВОДЯНЫМ ПАРОМ	70
ОС-11 <u>Булучевский Е.А., Сайфулина Л.Ф., Лавренев А.В.</u> ТЕРМОДИНАМИКА И КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ГОМОЛОГИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА В ПРОПИЛЕН	71
ОС-12 <u>Насуллаев Х.А., Джалалова Ш.Б., Юнусов М.П.</u> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА КАТАЛИЗАТОРОВ МЯГКОГО ГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ	72
ОС-13 <u>Водорезова О.Ю., Косова Н.И.</u> КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ СИНТЕЗ ГАЗА В ДИМЕТИЛОВЫЙ ЭФИР	74
ОС-14 <u>Mierczynski P., Maniecki T.P.</u> BIMETALLIC Au-Cu CATALYSTS IN REFORMING OF METHANOL REACTION	75

OS-15 <u>Maniecki T.P.</u> , Mierczyński P., Kaczorowski P., Ura A. METHANOL SYNTHESIS OVER CERIA, ZIRCONIA DOPED Cu-ZnO-Al₂O₃ CATALYSTS	76
OS-16 <u>Молчанов В.П.</u> , Сульман Э.М. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПИРОЛИЗА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	77
OS-17 <u>Мансурова М.С.</u> , Иноков Х.П., Шерматов Б.Э. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ, НОСИТЕЛЯ И КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ОСУШКИ И ОКИСЛЕНИЯ СЕРОВОДОРОДА	78
OS-18 Kabulov A.T., Tokpaev R.R., Nechipurenko S.V., Atchabarova A.A., Efremov S.A., Nauryzbaev M.K. CARBON-METAL SYSTEMS FOR CLEANING AIR-GAS MIXES FROM COMPOUNDS OF AMMONIA	80
OS-19 <u>Аксёнов Д.Г.</u> , Ечевский Г.В. ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ НА ЦЕОЛИТАХ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ КРИСТАЛЛАМИ	82
OS-20 <u>Гулямов Ш.Т.</u> , Джалалова Ш.Б., Турабжанов С.М., Юнусов М.П. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЕМЕРКАПТАНИЗАЦИИ ЖИДКОГО И ГАЗООБРАЗНОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ	83
OS-21 Мансурова М., <u>Шерматов Б.Э.</u> , Артукова Г.Ш., Иноков Х.П. ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА КАТАЛИЗАТОРОВ ПРЯМОГО ОКИСЛЕНИЯ H₂S НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО АДСОРБЕНТА	85
OS-22 Емельянова В.С., Шакиева Т.В., Каирбеков Ж.К., <u>Досумова Б.Т.</u> , Джаткамбаева У., Мылтыкбаева Ж.К., Мухитова Д. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ КИСЛОРОДОМ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИМЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ	87
OS-23 Тарханова И.Г. ГЕТЕРОГЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСОВ	89
Стендовые доклады	91
PP-1 <u>Mierczynski P.</u> , Maniecki T.P. HYDROCONVERSION OF WAX PARAFINE OVER BIMETALLIC Pd-Ni AND Pt-Ni SUPPORTED CATALYSTS	93
PP-2 Vassilkova A.G., Tokpaev R.R., Kabulov A.T., Nechipurenko S.V., Efremov S.A., <u>Nauryzbaev M.K.</u> CARBON –METALLIC CATALYSTS BASED MINERAL RAW MATERIALS IN THE PROCESSES OF PURE ANTIMONY PRODUCTION	94
PP-3 <u>Васильев В.А.</u> , Каралин Э.А., Харлампики Х.Э. СОДЕРЖАНИЕ КАЛЬЦИЯ, КАЛИЯ И НАТРИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦАХ АЛЮМООКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЕГИДРАТАЦИИ 1-ФЕНИЛЭТАНОЛА	95
PP-4 <u>Досумов К.</u> , Тунгатарова С.А., Байжуманова Т.С., Мылтыкбаева Л. ПЕРЕРАБОТКА МЕТАНА НА НАНЕСЕННЫХ ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ	96
PP-5 Емельянова В.С., Шакиева Т.В., Каирбеков Ж.К., <u>Досумова Б.Т.</u> , Джаткамбаева У., Мылтыкбаева Ж.К., Мухитова Д. КАТАЛИТИЧЕСКОЕ СУЛЬФООКИСЛЕНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРИСУТСТВИИ ЗАКРЕПЛЕННЫХ НА ПОЛИЭТИЛЕНИМИН ИОНОВ КОБАЛЬТА	98

PP-6	Емельянова В.С., Шакиева Т.В., Каирбеков Ж.К., Досумова Б., Джаткамбаева У., Мылтыкбаева Ж.К.
ОКИСЛЕНИЕ ДИОКСИДА СЕРЫ КИСЛОРОДОМ В ПРИСУТСТВИИ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ НА ГУМИНОВУЮ КИСЛОТУ КОМПЛЕКСОВ КОБАЛЬТА	100
PP-7	Тельбаева М.М., Асанов Н.А., Суюнбаев У., Мылтыкбаева Л.К.
ОДНОСТАДИЙНЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОЛА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА – МЕТАНА.....	102
PP-8	Mierczynski P., Kaczorowski P., Maniecki T.P.
STEAM-OXYGEN REFORMING OF METHANOL OVER COPPER SUPPORTED CATALYSTS.....	104
PP-9	Maniecki T.P., Mierczyński P. Kaczorowski P. Ura A.
METHANOL PRODUCTION OVER COPPER-CHROMIUM PALLADIUM DOPED CATALYSTS.....	105
PP-10	Назаров А.Р., Обидов Ш.Б.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ГАЗА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ МУБАРЕКСКОГО ГПЗ	106
PP-11	Турабджанов С.М., Кадиров Х.И., Икрамов А. Гофуров Б.Б.
ГЕТЕРОГЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ СИНТЕЗА АЦЕТОНА.....	108
PP-12	Джалалова Ш.Б., Юнусов М.П., Мирзаева Е.И.
ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ НА УСТАНОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА МАСЕЛ ФЕРГАНСКОГО НПЗ	110
PP-13	Фарзутдинова Л.Р., Дадаходжаев А.Т., Умаров И.Ш., Ульбашева И.Б., Полатов Е.К., Узаков Р.Т.
КАТАЛИЗАТОР НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНВЕРСИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА (II) С ВОДЯНЫМ ПАРОМ	112
PP-14	Мирзаева Е.А., Насуллаев Х.А., Гулямов Ш.Т., Лавошников В.В.
ВЛИЯНИЕ ОТРАБОТАННОГО АЛЮМООКСИДНОГО АДсорбЕНТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ	114
PP-15	Николаев С.А., Ростовщикова Т.Н., Голубина Е.В., Кротова И.Н.
СИНЕРГИЗМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ В КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДОВ И СО	116
PP-16	Ростовщикова Т.Н., Николаев С.А., Локтева Е.С., Яшина Л.В., Явсин Д.А.
НИЗКОПРОЦЕНТНЫЕ Pd И Ni КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ.....	117
PP-17	Сальников В.С.
КОМБИНИРОВАННАЯ КОЛОНОЧНАЯ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКАЯ МНЕМОСХЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ.....	118
PP-18	Верниковская М.В., Снытников П.В., Кириллов В.А., Собянин В.А.
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ КОНВЕРСИИ СМЕСЕЙ ЛЕГКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ, В ТОВАРНЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ (МЕТАНО-ВОДОРОДНЫЕ СМЕСИ) ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ	120
PP-19	Зайцева Ю.А., Симакова И.Л., Симонов М.Н., Просвирин И.П.
ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ГИДРИРОВАНИЯ КАРБОНИЛЬНОЙ ГРУППЫ В ПРИСУТСТВИИ Pd И Pt НАНЕСЕННЫХ НА ZrO₂/CeO₂-ZrO₂.....	122

PP-20 Зайцева Ю.А., Симакова И.Л., Симонов М.Н., Шутилов А.А., Просвирин И.П., Зенковец Г.А. ГИДРОДЕОКСИГЕНИРОВАНИЕ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ БИОМАССЫ В ПРИСУТСТВИИ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ	123
PP-21 Бердникова П.В., Канажевский В.В., Чесалов Ю.А., Кочубей Д.И., Пай З.П. КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПЕРОКСОПОЛИОКСОВОЛЬФРАМАТОВ В РЕАКЦИЯХ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	124
PP-22 Петров А.Ю., Синицин С.А. КАТАЛИЗАТОР ДОЖИГА МОНООКСИДА УГЛЕРОДА В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	125
PP-23 Петров Л.А., Шишмаков А.Б., Микушина Ю.В., Вакарин С.В., Семерикова О.Л., Меляева А.А., Зайков Ю.П. КАТАЛИЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ОКСИДНЫМИ ВОЛЬФРАМОВЫМИ БРОНЗАМИ МОДЕЛЬНОГО ПЕРЕКИСНОГО ПРОЦЕССА ОБЕССЕРИВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ	127
PP-24 Бочков М.А., Ахмеров О.И., Харлампыди Х.Э. ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА, ВАНАДИЯ И МОЛИБДЕНА НА КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ В РЕАКЦИИ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ИЗОПРЕН.....	128
PP-25 Ipatova E.A., Shiriazdanov R.R., Davletshin A.R., Karimova A.R., Telyashev E.G., Abdyushev R.R., Rahimov M.N. INDIRECT ALKYLATION OF ALKANES BY BIOALCOHOLS ON HIBRID CATALYSTS WITH PRODUCTION OF HIGH-OCTANE FUELS.....	129
PP-26 Shiriazdanov R.R., Davletshin A.R., Telyashev E.G., Ipatova E.A., Abdyushev R.R., Rahimov M.N., Karimova A.R. ALKYLATION OF ISOBUTANE BY BUTANE-BUTYLENE FRACTION ON ZIRCONIUM MODIFIED Y-ZEOLITE.....	130
PP-27 Соловьёв С.А., Кириенко П.И., Попович Н.А. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-РАЗМЕРНОГО ФАКТОРА НА СВОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ МЕТАЛЛ-ОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ DeNO_x-ПРОЦЕССОВ.....	131
PP-28 Цветков О.Н. КАТАЛИЗ В МАСЛОВЕДЕНИИ.....	133
PP-29 Флид В.Р. НОРБОРНАДИЕН – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СУБСТРАТ В ОРГАНИЧЕСКОМ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ.....	134
PP-30 Shiriazdanov R.R., Davletshin A.R., Telyashev E.G., Ipatova E.A., Abdyushev R.R., Karimova A.R., Rahimov M.N., Nikitina A.P. SUPERACID CATALYTIC SYSTEMS WO₄²⁻/BO₃³⁻/γ-Al₂O₃ FOR THE PROCESS OF REFINERY GASES OLIGOMERIZATION	135
PP-31 Симонян Г.С. ВЛИЯНИЕ АЗОТА НА ГЛУБИННЫЙ ЦИКЛ УГЛЕРОДА ПРИ ГЕНЕЗИСЕ НЕФТИ	136
Список участников	137
Содержание	141

**Международная конференция
«КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ,
НЕФТЕХИМИИ И ЭКОЛОГИИ»**

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Ответственные редакторы: Д.х.н. А.С. Носков
Д.х.н. М.П. Юнусов

Тезисы напечатаны в представленном авторами виде, ответственность
за содержание тезисов остается за авторами

Составители: Л.Я. Старцева
М.А. Ключа
Ш.Б. Джалалова

Компьютерная обработка: Ю.В. Климова
Компакт-диски, обложка: А.А. Спиридонов

Электронный аналог печатного издания.
Подписано в печать 04.10.2013. Заказ № 60.

Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 2,0. Тираж 100 экз.
Отпечатано в Издательском отделе Института катализа СО РАН
630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 5
<http://catalysis.ru/>

ООО «Сервис —центр «ХРОМОСИБ» - Дилер и Сервисный центр по хроматографическому оборудованию серии «ХРОМОС», систем водо и газо подготовки серии «СПЕКТР». Мы осуществляем конструирование аналитических схем и подготовку ТЗ на производство хроматографа, полную комплектацию, поставку, ввод в эксплуатацию, гарантийное/техническое/методическое сопровождение.



ГАЗОВЫЙ ХРОМАТОГРАФ «ХРОМОС ГХ 1000»

Аналитический контроль компонентного состава сложных газовых и жидких объектов - нефте-газо-химический комплекс, экологический мониторинг и контроль, фармакология, медицина, научные и прикладные исследования, учебный процесс и проч.



Технические характеристики:

- **компактный моноблок** с модульной структурой элементов;
- термостат колонок (ТК) на 14 или 19 литров;
- зон нагрева до 11-ти, в т.ч. на крышке ТК до 6-ти;
- детекторы: ПИД, ДТП, ПФД, ТИД, ЭЗД, ФИД, ГИД;
- электронные регуляторы газового потока (РГП) до 14-ти;
- устройства ввода:
 - испарители для насадочных и капиллярных колонок;
 - автоматические и ручные краны-дозаторы до 4-х;
 - термодесорбер, дозатор равновесного пара, метанатор.

Функциональные характеристики:

- установка до 5-6 хроматографических колонок
- поддержка до 4-х детекторов в любом сочетании
- размещение до 3-4-х устройств ввода в любом сочетании
- краны-дозаторы/переключатели 4/6/8/10/12/14 портовые
- РГП - 6 функций потока (расход, давление, линейная скорость, постоянное и программируемое ступенчатое задание потока)

Вспомогательное оборудование:

- лабораторные каталитические установки;
- генераторы водорода, воздуха, азота; системы очистки
- формирователь/калибратор и измерители газовых потоков

Комплектующие и расходные материалы под любые типы хроматографов:

- фазы, носители, сорбенты, насадочные колонки
- капиллярные колонки ведущих мировых производителей
- септы, лайнеры, ферулы, шприцы и микрошприцы, виалы, трубки, ГСО, ПГС



И тысячи других наименований для ГХ/ВЭЖХ от Agilent, SGE, Restek, VICI, Supelco !



Группа компаний Центр «ХромоСиб»

644050, г. Омск, ул. Химиков 25
т/ф. (3812)67-23-35, 90-60-33, 51-60-98
mail@chromosib.ru, www.chromosib.ru

