

Содержание

Предисловие	1
Интерметаллиды как высокоактивные катализаторы конверсии природного газа Л. А. АРКАТОВА	7
Целенаправленный синтез микромезопористых углерод-углеродных композитов для создания нанесенного цинкацетатного катализатора синтеза винилацетата нового поколения О. Н. БАКЛАНОВА, А. В. ЛАВРЕНОВ, О. А. КНЯЖЕВА, Г. В. ПЛАКСИН, В. А. ЛИХОЛОБОВ, Т. И. ГУЛЯЕВА, В. А. ДРОЗДОВ	23
Нанокристаллические аэрогели оксидов металлов как деструктивные сорбенты и катализаторы А. Ф. БЕДИЛО, Е. В. ИЛЬИНА, И. В. МИШАКОВ, А. А. ВЕДЯГИН	31
Превращения металлокомплексного предшественника активного компонента в процессе приготовления катализаторов Pt/Al ₂ O ₃ О. Б. БЕЛЬСКАЯ	39
Активированный алюминий: новые аспекты формирования и применения для <i>in situ</i> синтеза алюмохлоридных катализаторов превращения углеводородов В. А. ДРОЗДОВ, А. Б. АРБУЗОВ, М. В. ТРЕНИХИН, А. В. ЛАВРЕНОВ, М. О. КАЗАКОВ, В. А. ЛИХОЛОБОВ	51
Бифункциональные катализаторы в гидрогенизационных процессах нефтепереработки О. В. КЛИМОВ	59
Разработка многоступенчатых фотокаталитических реакторов для очистки воздуха Д. В. КОЗЛОВ, А. В. ВОРОНЦОВ	67
Актуальные направления химической переработки возобновляемой растительной биомассы Б. Н. КУЗНЕЦОВ	77
Синтез, строение и свойства боратсодержащих оксидных катализаторов для процессов нефтехимии и синтеза компонентов моторных топлив А. В. ЛАВРЕНОВ, Е. А. БУЛУЧЕВСКИЙ, Т. Р. КАРПОВА, М. А. МОИСЕЕНКО, М. С. МИХАЙЛОВА, Ю. А. ЧУМАЧЕНКО, А. А. СКОРПЛЮК, Т. И. ГУЛЯЕВА, А. Б. АРБУЗОВ, Н. Н. ЛЕОНТЬЕВА, В. А. ДРОЗДОВ	87
Адсорбционно-каталитическое обезвреживание выхлопных газов дизельных двигателей И. В. МИШАКОВ, А. А. ВЕДЯГИН, А. М. ВОЛОДИН, М. С. МЯКИШЕВА	97
Перспективные хемосорбционные циклы для выделения CO ₂ из дымовых газов А. Г. ОКУНЕВ, А. И. ЛЫСИКОВ	105
Углеродные сорбенты в медицине и протеомике Л. Г. ПЬЯНОВА	113



Предисловие

Вашему вниманию предлагается специальный выпуск журнала “Химия в интересах устойчивого развития”. В данном номере представлены статьи, подготовленные по материалам пленарных и ключевых лекций, которые были прочитаны на Всероссийской научной молодежной школе-конференции “Химия под знаком Σ : исследования, инновации, технологии”, состоявшейся 16–24 мая 2010 г. в пос. Чернолучье (Омская обл.). Организаторами школы-конференции традиционно выступили Институт проблем переработки углеводородов (ИППУ) СО РАН (Омск) и Институт катализа им. Г. К. Борескова (ИК) СО РАН (Новосибирск). Конференция проходила при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Михаил Алексеевич Лаврентьев, основатель Сибирского отделения РАН, считал проблеме подготовки научных кадров одной из важнейших. Именно поэтому вскоре после основания Сибирского отделения РАН в Новосибирске был открыт государственный университет, и широкое развитие получили такие формы подготовки кадров, как летние научные школы, не только для школьников, но и для молодых ученых.

История проведения научных молодежных мероприятий в Омском научном центре Сибирского отделения РАН насчитывает 10 лет. Первая конференция, организованная в мае 2000 г. Омским филиалом Института катализа (ОФ ИК) СО РАН по инициативе Совета молодых ученых, имела статус городской студенческой и была посвящена проблемам химии. Конференция прошла успешно, и было принято решение проводить ее регулярно, расширив географию и научные направления. Новое мероприятие получило название “Под знаком Σ ”. Почему “Сигма”? Как известно, “Сигма” – логотип Сибирского отделения, символизирующий объединение наук. Комплексность (мультидисциплинарность) научных исследований – один из трех основных принципов, заложенных основателем СО РАН Михаилом Алексеевичем Лаврентьевым.

В 2001 г. состоялась первая Всероссийская конференция, участие в которой помимо химиков приняли физики, математики, историки и экономисты. Было решено, что в дальнейшем конференция будет проходить раз в два года. Несмотря на расширенную научную тематику конференции “Под знаком Σ ”,

призванную объединять молодых ученых разных научных направлений, основным ее организатором был ОФ ИК СО РАН (с 2004 г. – Институт проблем переработки углеводородов СО РАН).

В работе прошедших конференций принимали участие молодые ученые, аспиранты, студенты из различных регионов России и стран СНГ (Омска, Новосибирска, Красноярска, Томска, Владивостока, Алматы, Караганды и др.), однако наиболее масштабной по числу участников была секция “Химия”. Ввиду роста числа участников эта секция выделялась в отдельную конференцию, и в 2008 г. впервые состоялась Всероссийская школа-конференция “Химия под знаком Σ : исследования, инновации, технологии”. В конференции приняли участие более 100 молодых ученых из 15 городов России и СНГ. Эта конференция, по сути, так же стала междисциплинарным мероприятием. Можно говорить о том, что объем знаний, накопленных в ходе развития химической науки, столь велик, а фронт развития науки столь широк, что отдельные разделы химии фактически превратились в отдельные научные дисциплины, содержащие, наряду с общехимическим, свой специфический понятийный аппарат. Например, химик-органик, особенно молодой ученый, может не понять отдельных аспектов работы химика-неорганика по той причине, что он с этим специфическим понятийным аппаратом незнаком. Преодоление этого недопонимания, налаживание диалога между молодыми учеными, представляющими отдельные отрасли химической науки, стало главной целью, которую преследовали организаторы конференции. В силу сложившихся обстоятельств заметную часть участников конференции составляли ученые, работающие в области катализа. Отрадно сознавать, что по сравнению с 2008 г. доля участников, занятых в других направлениях современной химии, заметно возросла. Будем надеяться, что эта тенденция продолжится и в 2012 г.

Итак, состоявшаяся школа-конференция была уже вторым по счету исключительно химическим мероприятием. По сравнению с первой конференцией “Химия под знаком Σ ”, состоявшейся в 2008 г., заметно расширился состав участников. В работе школы при-

няли участие 250 молодых ученых, в том числе 170 очных и 80 заочных участников из 33 городов России (Новосибирска, Омска, Москвы, Томска, Иркутска, Красноярска, Владивостока, Екатеринбурга, Санкт-Петербурга и др.). Молодые ученые заслушали 24 пленарные лекции ведущих ученых, представляющих различные области химической науки.

Конференция открылась лекцией А. В. Лавренова (ИППУ СО РАН), посвященной вопросам синтеза и исследования боратсодержащих катализаторов для процессов нефтехимии и получения моторных топлив.

Лекция А. И. Боронина (ИК СО РАН) была посвящена возможностям применения фотоэмиссионных методов для исследования состояния поверхности катализаторов непосредственно в присутствии реакционной среды, применения РФЭС для исследования кинетики процессов, происходящих на поверхности катализаторов.

А. Ф. Бедило (ИК СО РАН) рассказал об использовании нанокристаллических аэрогелей оксидов Mg, Al, Zr в качестве деструктивных сорбентов и катализаторов.

Очень важная с точки зрения экологии проблема – каталитическое обезвреживание выхлопных газов автомобилей – была затронута в выступлении И. В. Мишакова (ИК СО РАН).

Лекция И. А. Попова (Институт энергетических проблем химической физики РАН) была посвящена возможностям использования метода масс-спектрометрии при анализе сложных органических смесей, в том числе природных объектов (нефть, гумус).

А. Г. Окунев (ИК СО РАН) представил обзор перспективных циклических процессов конверсии и сжигания углеводородов, позволяющих получать концентрированный CO_2 , пригодный для дальнейшего использования.

Ряд выступлений был посвящен способам синтеза, свойствам и областям применения различных углеродных материалов. Так, в докладе Ю. В. Суровикина (ИППУ СО РАН) был обобщен многолетний опыт научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке методов синтеза уникальной, не имеющей аналогов в мире технологии получения композитных углерод-углеродных материалов различного назначения.

Способы получения катализаторов, позволяющих синтезировать углеродные нанотрубы-

ки с варьируемым распределением по диаметру, применение нанотрубок, получение композитных материалов с использованием углеродных нанотрубок – вот основные аспекты, которые были затронуты в лекции В. Л. Кузнецова (ИК СО РАН). Докладчик рассказал об основах методологии разработки эффективных катализаторов синтеза углеродных нанотрубок, базирующейся на предположении об определяющей роли стадии зародышеобразования углерода на поверхности металлических частиц в формировании типа углеродных отложений и анализе фазовых диаграмм многокомпонентных металлоуглеродных систем.

Вопросы использования каталитических эффектов при синтезе углеродных структур, совершенствования методов и технологий получения углеродных материалов, перспективы и практического применения, целенаправленного синтеза углеродных материалов для исследования их в адсорбционных и каталитических технологиях будущего стали основной темой выступления В. А. Лихолобова, директора ИППУ СО РАН.

Заметный интерес вызвали лекции А. С. Фисюка из Омского государственного университета им. Ф. М. Достоевского (ОГУ) и Ю. Г. Кряжева (ИППУ СО РАН), посвященные способам синтеза, свойствам и применению полисопряженных систем (ПСС).

А. С. Фисюк рассказал об истории открытия, способах синтеза и свойствах ряда ППС: полиацетилена, политиофена, полифениленвинилена, полианилина. Им было показано, что эти системы могут найти применение в качестве антистатических материалов, в антирадарных покрытиях, фотоячейках, светодиодах и др., а также представлены результаты собственных исследований в этом направлении.

В презентации Ю. Г. Кряжева большое внимание было уделено вопросам исследования ПСС как интермедиатов в процессе получения углеродных материалов путем пиролиза или какого-либо другого энергетического воздействия на органическое вещество. На ряде примеров была показана целесообразность проведения предварительной (низкотемпературной) стадии формирования ПСС в исходном полимере в технологических процессах получения углеродных материалов.

Н. В. Поендаев (ОГУ) сообщил об органических мезофазах – отдельном классе само-

организующихся надмолекулярных структур, одним из видов которых являются жидкие кристаллы. В сообщении этого ученого особое внимание было уделено методам синтеза органических мезофаз на примере модельных соединений – гексаноатов кальция.

С большим интересом участники конференции прослушали лекцию В. Б. Фенелонova (ИК СО РАН), в которой были рассмотрены физико-химические принципы самоорганизации пористых наноструктур в растворах на примере получения мезопористых мезофазных материалов, цеолитов, мезопористых углеродных материалов и др.

Участникам конференции также был представлен ряд лекций, посвященных современным и перспективным процессам нефтепереработки и нефтехимии. В выступлении О. В. Климова (ИК СО РАН) были рассмотрены современные и перспективные гидрогенизационные процессы нефтепереработки, строение активных центров катализаторов, механизм их действия.

С проблемами производства экологически чистых бензинов на отечественных НПЗ выступил М. Д. Смоликов (ИППУ СО РАН).

Выступление П. Г. Цырульникова (ИППУ СО РАН) было посвящено перспективным путям переработки природных и попутных нефтяных газов, основанных на процессе каталитического субокислительного пиролиза и позволяющих получать легкие олефины и высокооктановые компоненты моторных топлив.

В докладе А. С. Белого (ИППУ СО РАН) были обобщены результаты многолетних исследований и их практического воплощения в создание промышленных катализаторов бифункционального действия для различных процессов нефтепереработки (риформинг, гидроизомеризация ароматических углеводородов и др.), представлены новые технологии производства высокооктановых компонентов моторных топлив с вовлечением в переработку C_3 – C_4 углеводородных газов.

На одной из секций конференции рассматривались вопросы, связанные с переработкой возобновляемого сырья. Выступление В. А. Яковлева (ИК СО РАН) было посвящено каталитическим процессам получения биотоплив и разработкам коллектива ИК, выполненным в этом направлении: получению био-

дизельного топлива в присутствии гетерогенных катализаторов и высокоцетанового дизельного топлива из растительных масел, каталитическому облагораживанию продуктов пиролиза биомассы, получению микро- и мезопористых материалов из биомассы и др.

В лекциях Б. Н. Кузнецова (Институт химии и химической технологии (ИХХТ) СО РАН) и Э. Е. Нифантьева (Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН) основное внимание уделялось существующим и перспективным технологиям переработки растительной биомассы, главным образом отходов заготовки древесины. Доклад Б. Н. Кузнецова был посвящен актуальным направлениям переработки биомассы, связанным с созданием интегрированных процессов комплексной утилизации ее основных компонентов – полисахаридов, лигнина, экстрактивных веществ с получением ценных химических соединений, в том числе левоулиновой кислоты, глюкозы, ксилозы, ароматических альдегидов и др. В то же время Э. Е. Нифантьев основное внимание уделил схеме переработки лиственницы как основной культуры сибирской части России. Схема основана на идее дезинтеграции отходов в водной среде с образованием пульпы, легко разделяющейся на твердый продукт – ценный оригинальный материал – и водные растворы органических продуктов, которые служат фундаментальным ресурсом для тонкого органического синтеза.

Ю. В. Шубин (Институт неорганической химии им. А. В. Николаева (ИНХ) СО РАН) представил доклад, в котором был рассмотрен процесс получения наносплавов благородных металлов методом термолитиза многокомпонентных соединений-предшественников, содержащих в своем составе компоненты сплава. Ключевое преимущество представленного подхода состоит в том, что необходимое соотношение атомов металлов задается составом соединения-предшественника.

Современное состояние химии фторированных органических соединений бора, методы их получения, их свойства были темой доклада Н. Ю. Адонина (ИК СО РАН). Докладчиком было показано, что полная или почти полная замена атомов водорода на фтор в связанной с атомом водорода алкильной группе приводит к качественному изменению

свойств полученных соединений, реакционная способность которых резко отличается от таковой для углеводородных аналогов.

Заключительным аккордом конференции, также вызвавшим значительный интерес среди участников конференции, стала пленарная лекция О. Б. Бельской (ИППУ СО РАН), предметом которой стало исследование трансформации хлоридных комплексов платины (IV) в пропиточном растворе и на поверхности оксида алюминия при синтезе катализаторов Pt/Al₂O₃. В докладе был рассмотрен метод синтеза гидролизированных форм платины непосредственно на поверхности носителя через термический гидролиз предварительно адсорбированного хлоридного предшественника.

В рамках школы-конференции состоялся тренинг-семинар “Интеграция”. Участники семинара были разделены на четыре команды, в каждой из которых были представители не только разных городов и организаций, но и различных научных школ. Каждой команде было предложено за ограниченное время сформулировать идею совместного интеграционного проекта и защитить его перед комиссией – остальными участниками семинара. Лучшим был признан проект на тему “Разработка способов получения ценных органических субстратов и электроэнергии из возобновляемого сырья”, представленный молодыми учеными Г. Мамонтовым, Е. Белоуховым, Н. Смирновой, К. Елумеевой, И. Кривобоковым и И. Делидович.

В рамках конференции также состоялся семинар “Нанометрологический базис”, основным рассматриваемым аспектом которого был вопрос терминологии описания наносистем.

Не менее интересными оказались и ключевые лекции, прочитанные в рамках конференции. Расскажем о некоторых из них. В рамках секции “Неорганические материалы” были прочитаны три ключевые лекции. В. А. Дроздов (ИППУ СО РАН) рассказал об использовании активированного алюминия в реакциях каталитического превращения углеводородов и хлоралканов. Доказано, что в результате этого взаимодействия происходит образование активных алюмохлоридных комплексов, определяющих протекание в мягких условиях ряда реакций кислотного превращения углеводов.

М. В. Тренихин (ИППУ СО РАН) в ключевой лекции рассмотрел процесс активирования алюминия сплавом In–Ga. Им было установлено, что в процессе активирования компоненты эвтектического сплава диффундируют через пленку оксида алюминия в местах дефектов, затем распространяются под пленкой в приповерхностных слоях алюминия, вызывая тем самым отслаивание ее от металлической матрицы.

Ключевая лекция Н. А. Пушкаревского (ИНХ СО РАН) была посвящена возможности получения кластерных ядер, содержащих атомы различных элементов, в частности гетероэлементных карбонильных кластеров железа, и их функционализации, ведущей к получению “кластерных лигандов”.

Три ключевые лекции были прочитаны в рамках секции “Альтернативная энергетика. Аналитическая химия и защита окружающей среды”, которые затрагивали вопросы применения таких физических методов анализа, как ЯМР-спектроскопия (Ф. В. Тоукач, Институт органической химии (ИОХ) им. Н. Д. Зелинского РАН, Д. Ф. Хабибулин, ИК СО РАН) и растровая электронная микроскопия (А. Н. Саланов, ИК СО РАН) при изучении природных соединений и неорганических материалов.

Также следует отметить интересные презентации сотрудников ИППУ СО РАН О. Н. Баклановой и Л. Г. Пьяновой. Первый докладчик кратко изложила результаты, полученные в ИППУ СО РАН по синтезу микро- и мезопористых углеродных материалов, в частности углеродных материалов типа “Сибунит”, и областям их применения, а Л. Г. Пьянова рассказала молодым ученым о применении углеродных материалов в медицине и ветеринарии.

Важного для нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности вопроса удаления влаги из жидких углеводородных сред коснулся в своем ключевом докладе Е. А. Булучевский (ИППУ СО РАН).

Остальные ключевые доклады были в той или иной мере связаны с катализом и катализаторами. Например, Л. А. Аркатова (Томский государственный университет) сделала

сообщение о катализаторах углекислотной конверсии природного газа на основе интерметаллида Ni_3Al . Таким способом может быть получен синтез-газ, в котором соотношение оксида углерода и водорода оптимально для получения диметилового эфира. Р. В. Кулумбеков (Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН) рассказал о синтезе олефинов из диметилового эфира на цеолитных катализаторах. В. В. Козлов (Институт химии нефти СО РАН) в своей ключевой лекции рассмотрел другой способ переработки природного газа, основанный на процессе неокислительной конверсии метана на вольфрам-содержащих катализаторах.

Молодые ученые – участники конференции – представили 41 стендовый и 128 устных докладов по семи направлениям: 1. Углеродные материалы. 2. Неорганические материалы. 3. Альтернативная энергетика. Аналитическая химия и защита окружающей среды. 4. Органическая химия. 5. Приготовление и физико-химические свойства катализаторов. 6. Кинетика гомогенных и гетерогенных каталитических процессов. 7. Химическая технология.

К сожалению, у нас нет возможности рассказать подробно о представленных молодыми учеными докладах, однако все они были весьма содержательными и вызвали живой интерес коллег.

Таким образом, молодые ученые, принявшие участие в конференции, получили возможность, с одной стороны, узнать о последних достижениях во многих областях современной химии, а с другой, – представить и обсудить результаты своих исследований с коллегами-химиками, занятыми в различных областях химической науки.

Участники конференции признали ее работу плодотворной и отметили, что конференция прошла на хорошем научно-организационном уровне. Было рекомендовано выделить больше времени на проведение тренинг-семинара “Интеграция”. Следующую конференцию “Химия под знаком Σ ” решено провести в 2012 г.

Д. А. Шляпин, А. В. Матвеев,
А. В. Лавренов, А. А. Ведягин