
«ЗЕЛЕНАЯ» ХИМИЯ В РОССИИ (2-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ИЮПАК ПО ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ)

В последние годы в мире становится популярным новый подход к производству химических веществ — «зеленая» химия, или химия в интересах устойчивого развития. Если химик руководствуется этим подходом, он стремится заменить опасные растворители на экологически приемлемые, например, воду, или вообще обойтись без растворителя при проведении процесса; он может на стадии планирования синтеза предусмотреть снижение количества образующихся отходов с использованием одностадийных реакций вместо многостадийных, каталитических вместо стехиометрических; он может заранее изучить возможную токсичность химических продуктов для природы, для человека. Важно также учесть затраты на производство энергии, необходимой для химического производства, иначе самый чистый химический процесс станет опасным из-за образования отходов при производстве энергии. Когда ученые и производственники руководствуются перечисленными соображениями, процессы получаются не только экологичными, но и высокоэкономичными. Как написал П. Анастас, один из основоположников этого подхода, лучшие химики мира занимаются «зеленой» химией, потому что «зеленая» химия — это просто часть занятий хорошей химией.

Для того, чтобы «зеленый» подход стал частью мировоззрения всех химиков в мире, необходимы специальные усилия, прежде всего в области образования и просвещения. С этой целью в МГУ им. М.В. Ломоносова в рамках проекта МГУ «Инновационные образовательные программы в области химии» создан научно-образовательный центр «Химия в интересах устойчивого развития — зеленая химия» (www.greenchemistry.ru). Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова и НОЦ «Химия в интересах устойчивого развития — зеленая химия» проводят большую работу по организации исследовательских работ в области «зеленой» химии, просвещению и пропаганде идей среди специалистов разного уровня, включая студентов и школьников. В течение последних лет специальные лекции по зеленой химии включены в программы повышения квалификации учителей химии, биологии, экологии, географии Московского института открытого образования. Созданы программы обучения бакалавров и магистров по специальности «Химия в интересах устойчивого развития — зеленая химия». Издан на русском и английском языках сборник статей «Зеленая химия в России» (под ред. В.В. Лунина, Е.С. Локтевой, П. Тундо). Практически готов перевод интернет-пособия «Новый органический практикум для студентов-химиков», которое не только содержит элементы зеленой химии (проведена оценка степени экологичности синтезов, подробно описаны способы утилизации лабораторных и промышленных отходов, при выборе способа синтеза предлагаются альтернативные природные или химические источники исходных соединений, подробно изучается вопрос энергетической эффективности различных способов нагрева и т.п.), но весь курс проникнут идеями химии в интересах устойчивого развития. Одно из важнейших дел 2008 г. —

это организация и проведение престижной международной конференции. Конференций по «зеленой» химии, «зеленой» промышленности в мире в последние годы проводится много, эта тематика примыкает к экологической и близка любому жителю Земли. Поэтому Международный союз по чистой и прикладной химии (ИЮПАК) — наиболее престижная всемирная организация химиков — в 2006 г. принял решение регулярно (один раз в два года) организовывать конференции по этой тематике. Первая Международная конференция по «зеленой» химии — химии в интересах устойчивого развития была успешно проведена в 2006 г. в Дрездене, Германия. Вторую было решено провести в России.

2-я Международная конференция ИЮПАК по зеленой химии прошла с 14 по 19 сентября 2008 г. Организовали конференцию химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Международный союз по чистой и прикладной химии (ИЮПАК) при поддержке РФФИ, Российской академии наук, Организации по запрещению химического оружия (ОРСВ) и Министерства образования и науки РФ. Целью 2-й Международной конференции ИЮПАК по зеленой химии был широкий международный обмен новейшими фундаментальными научными достижениями и новыми подходами в областях, традиционно входящих в сферу зеленой химии, а это новые методы проведения синтеза химических соединений, катализ во всех его видах, новые альтернативные растворители, нетрадиционные методы проведения химических реакций, фундаментальные и прикладные разработки в области новых источников энергии и химических веществ, прежде всего из возобновляемого сырья.

В конференции приняли участие около четырехсот участников, которые представляли практически все континенты и многие страны мира. Особенный интерес вызвала конференция среди ученых стран Ближнего и Дальнего Востока, таких как Иран, Турция, Индонезия, Китай, Индия и др. Среди европейских стран значительно были представлены Португалия, Италия, Испания, Великобритания, Северная Ирландия, Венгрия, Польша, Германия, Австрия, Швейцария, Дания, Греция; мало представлены или совсем не представлены такие развитые в научном отношении страны, как Франция и Финляндия. Ученые США и Великобритании проявили значительный интерес к образовательной секции. Практически одновременно со 2-й Международной конференцией ИЮПАК по зеленой химии в сентябре 2008 г. прошли конференция по зеленой химии в Белфасте, Северная Ирландия, и каталитическая конференция в Дюссельдорфе, Германия; еще одна конференция по зеленой химии состоялась в августе в США.

Всего на конференции было представлено 7 пленарных лекций, 10 ключевых лекций, 65 устных и 120 стендовых докладов. Кроме того, состоялись два круглых стола, посвященные химии в суб- и сверхкритических средах (руководитель В.В. Лунин, Россия), а также экологическим проблемам (руководитель Хемда Гарелик, Великобритания).

Открытие и первые пленарные лекции состоялись в актовом зале Интеллектуального центра — фундаментальной библиотеки Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Открыл конференцию председатель Организационного комитета академик РАН Валерий Лунин. От имени ИЮПАК, Российской академии наук и Всероссийского Менделеевского общества конференцию приветствовала член бюро ИЮПАК, чл.-корр. РАН, заместитель президента Всероссийского Менделеевского общества Наталия Тарасова. Она, в частности, огласила приветствие, которое прислал участникам конференции президент ИЮПАК Jung-II Jin. В своем приветствии он отметил, что, хотя ИЮПАК ежегод-

но организует около 30 конференций, 2-я Международная конференция ИЮПАК по зеленой химии имеет особое значение для здорового и устойчивого развития мирового сообщества. Президент ИЮПАК высказал надежду, что 2-я конференция будет еще более успешной, чем первая, которая состоялась два года назад в Дрездене, Германия, в отношении поиска «зеленых ответов» на глобальные вызовы, с которыми сталкивается человечество.

С сообщением выступил директор Департамента реализации конвенционных обязательств Министерства промышленности и торговли РФ Виктор Холстов. От Правительства г. Москвы участников конференции приветствовал Евгений Балашов (заместитель руководителя Департамента науки и промышленной политики г. Москвы). На открытии выступили с приветствием бывший и действующий президенты Международного гуминового общества Пол Блум и Джерзи Вебер.

Затем состоялись две пленарные лекции. Академик РАН, председатель Уральского отделения РАН В.Н. Чарушин (Институт органического синтеза УрО РАН) выступил с лекцией «Принципы зеленой химии в органическом синтезе» (в соавторстве с акад. О.А. Чупахиным). Затем выступил Джозеф Бозелл (Университет Теннесси, США) с пленарной лекцией «Перспективы применения лигнина и лигниноподобных материалов в качестве источников продуктов высокой ценности».

В своей пленарной лекции академик В.Н. Чарушин показал, как принципы зеленой химии могут служить основой для разработки новых эффективных путей синтеза органических соединений, позволяющих экономить ресурсы и энергию за счет сокращения числа стадий. В частности, новые методы нуклеофильного замещения водорода позволяют избегать введения функциональных заместителей в молекулу органического соединения, которые затем замещаются на целевые функциональные группы, путем непосредственной замены водорода на нужную функциональную группу. В частности, классический путь введения функциональных производных включает введение галогена, который уже в следующей стадии замещают нужной функциональной группой, а это не только увеличивает число стадий процесса, но и приводит к образованию опасных полихлорированных ксенобиотиков в качестве побочных продуктов. Это происходит при классическом методе синтеза трихлортринитробензола из анилина. В то же время альтернативный синтез из тринитробензола с использованием 1,1-диметилгидразина позволяет предотвратить образование опасных побочных продуктов, повысить атомную эффективность, уменьшить число стадий и получить другие преимущества. В.Н. Чарушин проследил, как постепенно химики переходили от полного отрицания возможности нуклеофильного замещения водорода к использованию этого перспективного метода синтеза, от аминирования по Чичибабину к восстановительной ароматизации. Нуклеофильное замещение водорода позволяет повысить эффективность реакций кросс-сочетания, катализируемых палладием, без использования благородных металлов; эффективно вводить карборанильные фрагменты в ароматические соединения и проводить многие другие реакции органического синтеза с высокой эффективностью при минимальном числе стадий, и множество примеров таких реакций привел в своей пленарной лекции академик В.Н. Чарушин.

После окончания первого пленарного заседания участники конференции продолжили работу на борту теплохода «Александр Радищев», следующего по маршруту Москва — Санкт-Петербург.

Работа конференции строилась по секциям. Первоначально объявленная программа включала значительное количество подразделов в составе шести секций.

Анализ присланных тезисов показал, что наибольший интерес вызвали секции, посвященные новым зеленым способам синтеза химических веществ, гетерогенному катализу, а также секция образования. Учитывая интересы участников, программный комитет объединил некоторые секции, предварительно планировавшиеся как отдельные, а, например, тематику гетерогенного катализа вынес в отдельную секцию. Таким образом, в окончательную программу конференции вошли семь секций:

1. Экологически безопасные реагенты и способы синтеза
2. Гетерогенный катализ
3. Гомогенный и ферментативный катализ
4. Перспективные экологически безопасные источники энергии
5. Применение возобновляемых ресурсов в химических процессах
6. Экологически безопасные технологии химических продуктов
7. Образование в области зеленой химии

Пленарные лекции, кроме уже упомянутых, прочли проф. Б. Хан (Китай) «Чистые растворители: свойства и применение в зеленой химии», проф. Х. Нишиде (Япония) «Радикальные полимеры и разработка на их основе полностью органических безопасных для экологии батарей», проф. М. Киршгофф (США) «Образование в области зеленой химии: оттенки зеленого», проф. В.И. Бухтияров (Россия) «Катализ в производстве биотоплива». С ключевыми лекциями выступили Ч. Кьяппе (Италия) «Ионные жидкости на основе DABCO: свойства и применение», О.П. Паренаго (Россия) «Экологические проблемы в химии смазочных материалов», А.Ю. Стахеев (Россия) «Современные тенденции в развитии каталитических систем дожигания для работающих на бедном топливе и дизельных двигателей», В.Ф. Третьяков (Россия) «Промышленные катализаторы для экологического катализа», Э.А. Караханов, А.Л. Максимов (Россия) «Нанокатализаторы на основе миклоциклических рецепторов, дендримеров и гибридных материалов», Ю. Кланкермайер, В. Лейтнер (Германия) «Новые каталитические системы для селективного гидрирования», Н.П. Тарасова «Зеленая химия как ответственное управление», А. Розамилья, Ф. Арико, П. Тундо (Италия) «Многообразие свойств диметилкарбоната и его применение в зеленой химии».

Организаторы конференции старались спланировать пленарные и ключевые лекции так, чтобы были охвачены наиболее важные проблемы, традиционно формирующие облик зеленой химии.

Одной из ключевых задач зеленой химии считается замена традиционных ископаемых ресурсов в качестве исходных для производства топлив и химических веществ на возобновляемые. Проф. В.И. Бухтияров (ИК им. Г.К. Борескова СО РАН) посвятил свою пленарную лекцию описанию работ Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН в области разработки каталитических методов синтеза биотоплива. В институте ведутся работы по получению биотоплив и био-водорода из древесины, а также разработка новых технологий получения биодизеля. Проф. В.И. Бухтияров подчеркнул, что производство биотоплив первого поколения, основанное на использовании пищевого сырья (этанол из сахаров, биодизель из растительных масел), имеет мало перспектив, поскольку растущему населению Земли и так не хватает продовольствия. А вот топлива второго поколения, произведенные из непищевого сырья, например, этанол из целлюлозы, биодизель из водорослей или биомасло из древесины, обладают значительно большим потенциалом использования. Пока такие продукты дороги, но с развитием новых методов и повышением цен на ископаемые топлива их производство становится все более выгодным. К сожалению, в России ситуация с использованием возобновляемых

ресурсов неважная. Далее проф. В. И. Бухтияров описал перспективные технологии переработки биомассы, а также перспективные направления и процессы облагораживания биомасла. Его основные недостатки (склонность к окислению, полимеризации, низкий pH) вызваны высоким содержанием оксигенатов. Снизить содержание кислородсодержащих продуктов можно различными путями, включая, например, декарбоксилирование. В Институте катализа разработаны катализаторы на основе родия, никеля и никель-медные. В гидродеоксигенировании никель-медные катализаторы обладают активностью не хуже, чем катализаторы на основе благородных металлов. Речь шла также о работах по производству водорода из древесины и улучшении традиционных методик получения биотоплива. Хорошие результаты получены при выделении из биодизеля компонентов дизельного топлива с высоким цетановым числом. В заключение проф. В. И. Бухтияров описал перспективные направления каталитической химии и высказал мнение, что в XXI веке одним из наиболее перспективных направлений станут вопросы разработки катализаторов синтеза и облагораживания топлив на основе биомассы, а не нефтехимических катализаторов, как в конце XX века.

Ключевая лекция проф. А. Ю. Стахеева (ИОХ им. Н. Д. Зелинского РАН) была посвящена разработке новых методов доочистки выхлопных газов дизельных двигателей и двигателей на бедном бензиновом топливе. Современные тенденции в двигателестроении приводят к тому, что содержание кислорода в выхлопных газах увеличивается, а температура выхлопов снижается. Это приводит к снижению эффективности действия трехмаршрутных катализаторов дожигания выхлопных газов. В своей лекции А. Ю. Стахеев показал, как повысить эффективность действия катализаторов в сложных условиях избытка кислорода и низкой температуры. Перспективными могут быть катализаторы типа перовскитов на основе боратов металлов. Проблема заключается в обеспечении долговременной устойчивости к действию серы. Экономически эффективным может быть также снижение содержания платины как за счет частичной замены более дешевым палладием, так и за счет управления размером наночастиц. Для селективного восстановления оксидов азота разрабатываются новые системы на основе ВЕТА цеолитов, содержащих железо.

Похожие проблемы, связанные с каталитическим обезвреживанием выхлопных газов автомобилей, поднимались в ключевой лекции проф. В. Ф. Третьякова (МАХТ им. М. В. Ломоносова). Наглядно продемонстрировав масштаб экологических проблем, возникающих в результате растущего автомобильного движения во всем мире, лектор показал, что селективное каталитическое восстановление оксидов азота углеводородами можно проводить с использованием существующих и производимых в промышленном масштабе каталитических систем, таких как Zn — Cu — Al — Ni (NTK-10-1), Fe — Cr (STK), Ni — Cr. Более того, при смешении некоторых систем, например, NTK-10-1 и Ni — Cr или Zn — Cu — Al — Ni (NTK-10-1) и Fe — Cr (STK) возникает эффект синергизма, поскольку интервалы температуры, в которых работают эти катализаторы, дополняют друг друга. Иногда полезно даже не смешивать такие системы, а располагать их в реакторе последовательными слоями, что позволяет достичь очень высоких степеней превращения оксидов азота.

В последние годы существенное внимание ученые уделяют разработке новых каталитических систем, основанных на принципах супрамолекулярной химии. В частности, проф. Э. А. Караханов посвятил ключевую лекцию каталитическим системам на основе циклодекстринов и каликсаренов, которые обладают высокой

селективностью в отношении многих органических реакций. Эти сложные молекулы содержат полости, аналогичные полостям цеолитов. Регулируя состав молекулы, можно регулировать также размер этих полостей, а следовательно, селективность превращений определенных субстратов. В своем докладе Э.А. Караханов рассказал о новейших результатах в этой области супрамолекулярной химии, полученных на кафедре химии нефти и органического катализа химического факультета МГУ.

Большое количество представленных на конференции докладов прямо или косвенно касалось применения ионных жидкостей и сверхкритических растворителей для проведения различных процессов в условиях, соответствующих принципам зеленой химии. Этим вопросам были посвящены пленарная лекция проф. Б. Хана (Институт химии Китайской академии наук, Пекин) и ключевая лекция Ю. Кланкермайера (в соавторстве с В. Лейтнером) (Институт технической и макромолекулярной химии в составе университета RWTH, Аахен, Германия) «Новые каталитические системы для селективного гидрирования». В обеих лекциях представлены работы, направленные на совместное использование ионных жидкостей и сверхкритических растворителей. В лекции Б. Хана описаны многочисленные направления использования таких двойных систем для синтеза функциональных материалов, которые трудно получить другими способами. Например, термодинамически затрудненную реакцию синтеза карбоновых кислот из диоксида углерода и воды, атомная эффективность которой близка к 100 %, можно эффективно проводить в присутствии ионных жидкостей и сверхкритического CO₂. С использованием сверхкритического диоксида углерода можно многократно «переключать» значения pH раствора в широких интервалах. В докладе Ю. Кланкермайера речь шла конкретно о реакциях селективного гидрирования с помощью иммобилизованных гомогенных катализаторов на основе родия в средах, содержащих ионные жидкости на основе аминокислот, с целью осуществления стереоселективного гидрирования некоторых лигандов.

Ионные жидкости применяли также в качестве сред при гидрировании на гетерогенных, нанесенных на глину катализаторах (доклад R. T. Tao, Y. Xie, S. D. Miao, Z. M. Liu, Институт химии Китайской академии наук), полимеризации стирола и гексена-1 (доклады Р. Алиевой с коллегами, Институт нефтехимических процессов АН Азербайджана), синтезе биодизеля (N. Pleshkova, M. J. Earle, K. R. Seddon, QUILL, Белфаст, Северная Ирландия) и во многих других процессах.

Трудно перечислить все доклады, прямо или косвенно посвященные применению сверхкритических растворителей и сред при осуществлении зеленых реакций. Можно упомянуть доклады «Ферментативный синтез дикаприлина в сверхкритическом диоксиде углерода» M. L. Tao, H. X. Jiang, X. Q. Dong, M. H. Zhang (Tianjin University R&D Center for Petrochemical Technology, Key Laboratory for Green Synthesis and Conversion of China Education Department, Tianjin, Китай), «Экстракт растения горец сахалинский, полученный при экстракции сверхкритическим флюидом, как экологически безопасный химический реагент» С. А. Глазуновой, В. А. Караваева, О. И. Покровского и О. О. Паренаго (физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Россия), «Делигнификация древесины в среде сверхкритического CO₂» А. Д. Иванова, Т. Е. Скребец и К. Г. Боголицына (Архангельский государственный технический университет, Россия), «Новый антисолVENTный подход к модификации углеродных нанотрубок с использованием сверхкритического диоксида углерода» Z. W. Zhang, Q. Xu, Z. M. Chen, J. Yue (College of Materials Science and Engineering, Zhengzhou University, Китай), «Почему сверхкритические

флюиды представляют собой наиболее быстро растущую область способов очистки» Т. Palcic (Thar Instruments, Inc., Pittsburgh, США) и многие другие. Особенно следует подчеркнуть, что много работ высокого качества были представлены российскими учеными, хотя огромный интерес это направление вызывает во всем мире. Подытожил эту тематику круглый стол, посвященный проблемам развития исследований и технологий, связанных с использованием сверхкритических флюидов, в России и в мире. Круглый стол организовал и провел академик В. В. Лунин. В заседании выступили около 20 ученых, несколько представителей фирм. Например, Т. Palcic (США) в своем выступлении отметил, что хроматографические методики, связанные с применением сверхкритических элюентов, очень перспективны для разделения оптических изомеров и в этом смысле обладают большими преимуществами по сравнению с обычной жидкостной хроматографией; тем не менее, лишь отдельные фирмы могут позволить себе производство аппаратуры в этой области. О. О. Паренаго (ИОНХ им. Н. С. Курнакова) отметила, что необходимы серьезные усилия для активного внедрения сверхкритических технологий в экономику России, поскольку наша страна пока отстает именно в технологической области, несмотря на высокий уровень научных исследований.

Также на конференции были представлены многочисленные исследования, посвященные синтезам без растворителя (например, в докладе Y. Wu, L.-N. He, Y. Du (Китай) «Регенерируемый, устойчивый к действию воды катализатор синтеза оксазолидинонов из диоксида углерода и азиридинов в отсутствие растворителя» или в докладе N. Azizi, M. Lashkaryzadeh, M.D. Aziziyan (Иран) «Простой и экономичный способ присоединения по Михаэлю ароматических аминов к альфа-бета-ненасыщенным олефинам в отсутствие растворителя» и в других докладах).

В ключевой лекции проф. О. П. Паренаго (ИНХС им. А. В. Топчиева РАН) речь шла об экологических проблемах в химии смазочных материалов. Профессор О. П. Паренаго вкратце рассказал о существующей классификации смазок, основных опасностях их применения, возможных путях снижения риска их применения, например, путем глубокой селективной очистки, привел примеры конфликтов между техническими и экологическими требованиями к смазочным материалам. Как правило, отработанные смазочные материалы во много раз опаснее для природы и человека, чем свежие; тем не менее, лишь незначительный их процент подвергается регенерации. В настоящее время основными задачами ученых и инженеров являются разработка смазочных материалов, содержащих минимальные количества опасных элементов, таких как хлор, сера, фосфор, тяжелые металлы, а также замена синтетических смазок на произведенные из природных веществ.

Одно из важнейших по экономическим и экологическим соображениям направлений зеленой химии — это получение продуктов высокой ценности на основе природных веществ, например, лекарственных и других продуктов, обычно получаемых в тонком органическом синтезе. Такие работы активно развиваются в Узбекистане. Например, проф. С. Ш. Рашидова (Институт физики и химии полимеров Узбекской АН) в своем докладе продемонстрировала возможности использования хитозана и его производных в качестве антимикробных средств. Комплексы химически модифицированного хитина с переходными и другими металлами проявили высокую антимикробную активность по отношению к широкому кругу бактерий, включая грамположительные, грамотрицательные и грибы. Следовательно, их можно применять при лечении кишечных инфекций, тифа и бактериальной дизентерии. Производные хитозана проявили высокую активность при лечении слизистой оболочки желудка и желудочно-кишечного тракта при

лечении гепатитов. Нужно отметить, что научные работы в области синтеза химических веществ на основе природного сырья высоко оцениваются одним из соорганизаторов конференции, Организацией по запрещению химического оружия (ОПХВ), которая спонсировала участие в конференции ученых, участвующих в такой работе, и, в частности, С.Ш. Рашидовой. У всех участников конференции вызвала большое уважение общественная работа С. Ш. Рашидовой, а она является омбудсменом (защитником прав человека) в Узбекистане.

Зеленые пути синтеза гамма-нитрокарбонильных соединений, в том числе в проточной системе с использованием гетерогенных каталитических систем, предложены в докладе Giovanni Sartori (Dipartimento di Chimica Organica e Industriale dell'Universita' Viale G. P. Usberti, Parma, Italy). В работе синтезирована небольшая библиотека подобных соединений.

Устные доклады были представлены практически по всем направлениям, заявленным на конференции; однако наиболее значительными и интересными по результатам были разделы зеленого синтеза и катализа. Доклады, представленные L. Fjerbaek (Университет Южной Дании) «Изотермическая калориметрия ферментативной реакции биодизеля» и P. Vazquez (Национальный университет Ла Платы, Аргентина) о новых зеленых катализаторах на основе гетерополикислот Кеггина, получили высокую оценку присутствующих и были уже на конференции представлены для опубликования в специальном выпуске журнала ИЮПАК «Pure and Applied Chemistry».

Недостаточно освещенным остался раздел «Перспективные экологически безопасные источники энергии», хотя по этой теме был представлен интересный устный доклад проф. В.И. Симагиной (ИК СО РАН) с соавторами «Разработка катализаторов для портативных генераторов водорода с использованием борогидрида натрия» и несколько высококачественных стендовых докладов. Нужно отметить, что автор стендового доклада из этого раздела К. Koshika с соавторами «Вторичная батарея с электродом на основе гидрофильного радикального полимера: оценка степени соответствия принципам зеленой химии» оказался в числе двух лауреатов наград ИЮПАК для стендовых докладов молодых ученых, отбор которых проводила на конференции авторитетная комиссия в составе проф. П. Тундо (Италия), проф. Х. Нишиде (Япония), проф. Б. Хана (Китай), проф. М. Киршгоф (США), проф. В.В. Лунина (Россия) и Е.С. Локтевой (секретарь, Россия) во время стендовой сессии.

Еще один приз для молодых ученых за стендовый доклад был присужден Виталию Скоркину, аспиранту химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, за стендовый доклад «Катализаторы гидрирования сопряженных диенов на основе дендримеров» (авторы В.А. Скоркин, А.Л. Максимов, Э.А. Караханов).

В целом стендовая секция прошла при высокой активности участников. Развернулись плодотворные дискуссии, например, значительный интерес вызвали доклады «Комплексы Mo(II) для гомогенного и гетерогенного катализа», который от имени группы авторов представила M. Vasconcellos-Dias (Faculty of Science of University of Lisbon, Department of chemistry and biochemistry, Лиссабон, Португалия), «Борированный оксид циркония, полученный при различных концентрациях прекурсоров и температурах прокаливания, как катализатор ацетилирования спирта уксусной кислотой», представленный M.N. Blanco с соавторами (Centro de Investigacion y Desarrollo en Ciencias Aplicadas «Dr. Jorge J. Ronco» (CINDECA), Departamento de Quimica, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Аргентина), «Получение водорода путем парового реформинга био-этанола на катализаторах

на основе оксида церия» М.С. Якимовой с коллегами (ИНХС им. А.В. Топчиева РАН) и многие другие.

В последний день состоялась секция «Образование в области зеленой химии» и круглый стол, посвященный связи экологии и зеленой химии, а также роли образования в осуществлении этой связи. Наиболее активное участие в образовательной секции приняли американские ученые. В частности, с пленарной лекцией «Зеленое химическое образование: оттенки зеленого» выступила М. Кишгоф (Американское химическое общество, отделение образования, США). М. Кишгоф подчеркнула, что зеленая химия и концепция устойчивого развития должны преподаваться не как побочные дисциплины, их необходимо вводить в основные курсы химии. В лекции представлены инструменты и направления, которые могли бы оказать влияние на большое число студентов.

В прекрасной ключевой лекции чл.-корр. РАН Н.П. Тарасовой (Институт химии и проблем устойчивого развития РХТУ им. Д.И. Менделеева, Россия) «Зеленая химия как ответственное служение» автор очертила широкие перспективы зеленой химии для улучшения качества жизни существующего и последующих поколений людей. Применение концепции системного анализа к проблемам зеленой химии и образования в этой области дало возможность раздвинуть горизонты проблемы. Н.П. Тарасова подчеркнула, что наряду с образованием профессионалов-химиков необходимо осуществлять насколько возможно более широкое просвещение в области зеленой химии.

Профессор Х. Гарелик (Middlesex University, Великобритания) представила новые подходы к образованию в области зеленой химии, осуществляемые в Миддлсекском университете в Великобритании, основанные на ежедневном применении принципов зеленой химии в образовательном процессе, на оценке рисков осуществления каждой практической задачи в практикумах и др.

Ц. Лерман (Columbia College, США) в своем докладе представила наглядные образцы практических работ студентов колледжа по визуализации идей зеленой химии для профессионалов и широкой публики. Большой интерес вызвали созданные студентами небольшие видеоклипы и мультфильмы по тематике зеленой химии. Ц. Лерман подчеркнула, что идеи зеленой химии могут служить не только профессиональным целям, но и для объединения и мирного сосуществования таких полярных групп населения, как еврейское и арабское население Ближнего Востока. Этим целям служит ежегодно проводимая школа-конференция молодых ученых по экологическим проблемам Ближнего Востока.

Круглый стол, посвященный проблемам экологической химии и ее связи с зеленой химией, состоялся по окончании образовательной секции. Круглый стол организовала и возглавила проф. Хемда Гарелик (Великобритания). На нем обсуждались следующие вопросы: (1) какими видятся отношения между зеленой и экологической химией; (2) действительно ли развитие методик, основанных на зеленых принципах, приводит к выгодам для экологии (фреоны, биотопливо и др.); (3) какие факторы воздействуют на внедрение экологически безопасных и дружественных по отношению к природе технологий; (4) какие изменения необходимы в подготовке будущих поколений химиков, чтобы они были знакомы с этой тематикой; (5) в какой степени химики должны отвечать за социально-экономические запросы в отношении устойчивого развития.

Особенно важно, что на заседании круглого стола и в лекциях участников (достаточно упомянуть ключевую лекцию Н.П. Тарасовой) серьезно ставились вопросы степени социальной ответственности химиков за устойчивое развитие

всего человечества. Без размышлений на эту тему, без обучения и просвещения в этой области немыслима ответственная работа существующего и следующих поколений химиков, как исследователей, так и технологов. Сейчас в мире активно идут мероприятия в рамках Десятилетия, объявленного ООН Десятилетием образования для устойчивого развития. 2-я Международная конференция по зеленой химии внесла существенный вклад в эту благородную деятельность.

В целом конференция прошла на высоком научном уровне. По ее результатам будет издан специальный выпуск журнала «Pure and Applied Chemistry», в котором предложено участвовать 24 авторам из тех, кто представил доклады на конференции.

Важным событием на конференции было также заседание подкомитета ИЮПАК по зеленой химии, на котором принято решение провести 3-ю Международную конференцию ИЮПАК по зеленой химии в августе 2009 г. в Канаде. Соответствующее сообщение подготовил P. Jessop (Dept. of Chemistry, Queen's University, Kingston, ON, Canada).

Насыщенная научная программа конференции, формальные и неформальные контакты отнимали много времени и сил. Однако участники конференции находили возможность принять участие и в культурной программе конференции. По ходу следования теплохода «Александр Радищев» из Москвы в Санкт-Петербург ученые посетили старинный русский город Углич с его церквями и музеями, Кирилло-Белозерский монастырь в селе Горичи; полюбовались жемчужиной русской деревянной архитектуры — ансамблем церкви Покрова в Кижих. Иностранцам представилась возможность познакомиться со старинными и современными русскими промыслами, поговорить с мастерами вышивки, резьбы по дереву, гончарного дела и др. Завершилась культурная программа в селе Мандроги знакомством с пушкинским Лукоморьем, музеем водки и русскими традиционными пирогами и более современными шашлыками.

Основная задача конференции — объединение усилий ученых и производителей различных стран мира — уже находит свое решение. По материалам конференции создан и подан в ИЮПАК проект «Зеленый шелковый путь», направленный на создание прочной сети кооперации научной и образовательной деятельности стран бывшего Великого шелкового пути (Россия, Иран, Узбекистан, Китай, Казахстан); представители этих стран были среди наиболее активных участников конференции. Научные контакты, зародившиеся на конференции, уже продолжают — в феврале 2009 г. ученые из России прочтут лекции в университетах Китая.

В своем решении конференция призвала всех химиков мира активнее развивать идеи зеленой химии — химии в интересах устойчивого развития в своем научном творчестве и образовательной деятельности, включать элементы зеленой химии в основные курсы химических наук, преподаваемые в школах и университетах, вести с помощью средств массовой информации широкую просветительскую деятельность среди населения по объяснению идей и преимуществ зеленой химии по сравнению с традиционным подходом.

Организаторы конференции выражают признательность за финансовую поддержку спонсорам конференции: Российскому фонду фундаментальных исследований, Международной организации по запрещению химического оружия (ОПХВ), фирмам DuPont, Shevron, Dow Chemicals, Thar Instruments, Coca-Cola.

Член подкомитета по зеленой химии ИЮПАК,
заместитель руководителя Научно-образовательного
центра по зеленой химии,
к.х.н. ЛОКТЕВА Е. С.