

ИНТЕРРА — 2010

Зеленая химия — на благо человека

Двадцать четвертого сентября в конференц-зале Института катализа прошел круглый стол по теме «Зеленая химия». Научные сотрудники ряда институтов Сибирского отделения РАН и представитель ООО ПО «Сиббиофарм» рассказали собравшимся о перспективах использования в разных областях «зеленой химии».

Для подавляющего большинства присутствующих — учащихся школ Академгородка — тематика дискуссии была в новинку. Именно поэтому мероприятию началось в вводной лекцией д.х.н., зам. директора Института катализа О.Н. Мартынова, который в популярной форме представил молодому поколению базовые элементы «зеленой химии», основанной на принципах устойчивого развития цивилизации. Все они исходят из соображений целесообразности и полезности для человека и окружающей среды: лучше предотвратить выброс загрязнений, чем потом от них избавляться. Синтез следует планировать так, чтобы максимальное количество использованных материалов вошло в конечный продукт. Кроме того, реагентами и конечными продуктами должны служить малотоксичные для человека и природы вещества. Среди целевых химических продуктов следует выбирать такие, которые обладают максимально низкой токсичностью. По возможности лучше избегать использования в синтезе вспомогательных веществ (растворителей, экстрагентов) или выбирать безвредные.

Очевидно и то, что при планировании синтеза нужно учитывать экономические и экологические последствия производства энергии, необходимой для проведения химического процесса, и стремиться к их минимизации, а также к проведению синтеза при температуре окружающей среды и нормальном давлении. Следует использовать возобновляемое сырье там, где это экономически и технически обосновано, сокращать число стадий процесса, а каталитические реагенты предпочитать стехиометрическим. Что касается химических продуктов, лучше применять такие, которые бы по-

сле того, как необходимость в них отпадет, не сохранялись в окружающей среде, а разлагались до безопасных веществ. Аналитические методики лучше разрабатывать таким образом, чтобы в режиме реального времени обеспечивать мониторинг образования продуктов реакции, среди которых могут быть и опасные. Вещества же, используемые в химических процессах, следует выбирать так, чтобы свести к минимуму возможные аварии, взрывы и пожары.

Почему же человечество заговорило о «зеленой химии»? Как мы видим, всё связано с глобальными экологическими проблемами, причем в каждой стране проблемы эти имеют свой характер. «Россия занимает значительные северные территории», отметил докладчик, — при этом на ее долю приходится больше 42 % мировых запасов нефти и газа. Поэтому, когда заходит речь об экологической безопасности производств, связанных с переработкой данных ресурсов, мы должны понимать, что северное расположение обязывает нас находить такие технологии, которые подразумевают слабую разлагаемость от холода; западные технологии напрямую для нас не применимы. Мы должны вспомнить и о весьма устаревших технологиях в области химии: в России более 40 % промышленных производств не соответствуют экологическим нормам, потому что в эпоху их создания были другие правила и нормативы. Ну и, наконец, еще один фактор — слабый контроль со стороны нашего государства, когда деньги на экологию тратятся в последнюю очередь. Сегодня людьми все больше овладевает идея перейти от административных методов к методам «зеленой химии».

Таким образом, к «зеленой химии» можно отнести любое усовершенствование хи-

мических процессов, которое положительно влияет на окружающую среду. Наиболее перспективной является разработка новых промышленных процессов, которые позволяли бы обойтись без экологически опасных продуктов или свести их использование и выделение к минимуму. О.Н. Мартынов рассказывал о фотокатализе, водородной энергетике и сверхкритических флюидах, которые также могут быть использованы на благо человека. Последний аспект более подробно прозвучал в сообщении к.х.н., н.с. ИК СО РАН И.В. Кожевникова «Сверхкритические флюиды — возможности и применения», который поведал об их использовании (в частности, для уничтожения бытовых, токсичных и взрывоопасных отходов), а также об особенностях применения СКФ в качестве реакционных сред (понижение вязкости, широкий диапазон растворимости соединений и т.д.).

Принципы «зеленой химии» близки и медицинской науке. С докладом «Возобновляемое растительное сырье как база для современной медицинской химии» выступил д.х.н., в.н.с. НИОХ СО РАН К.П. Волчо. Как известно, народы древнего мира использовали до 21 тысячи видов растений. Уже на самых ранних стадиях развития человечества растения были не только источником питания, но и помогли избавляться от болезней. В настоящее время в медицинской химии гармонично совпали требования «зеленой химии» по максимальному использованию возобновляемого сырья и наибольшая вероятность найти максимальную биологическую активность. Биологически активные природные соединения являются, как правило, полифункциональными соединениями, они обладают многовариантной реакционной способностью и содержат асимметрические

центры, т.е. хиральны. Был приведен пример из деятельности НИОХ — учеными найдено соединение, обладающее высокой анальгетической активностью, которое не уступает по эффективности аналогам, но при этом гораздо менее токсично (а ведь все анальгетики, к сожалению, имеют большое количество побочных эффектов).

В своей презентации ООО ПО «Сиббиофарм» — современной биотехнологической компании, отвечающей требованиям рынка, — коммерческий директор А.Д. Карнаухов подчеркнул, что выпускаемая фирмой продукция «созвучна зеленой химии», например, средства защиты растений, которые безопасны для человека, животных и природы в целом, или препарат для очистки воды и почвы от нефтезагрязнений. В таком же ключе (помочь человечеству, при этом не навредив) были подготовлены и остальные сообщения — о нейтрализации выхлопных газов дизельного автотранспорта (к.х.н., с.н.с. ИК СО РАН И.В. Мишаков), о топливных элементах как альтернативных источниках электрической энергии (к.х.н., с.н.с. ИК СО РАН А.Г. Окунев), об определении потребности в сырье нефтехимической промышленности (м.н.с. ИНГТ СО РАН И.В. Ожерельева) и о перспективах использования биотоплива (к.х.н., с.н.с. ИК СО РАН В.А. Яковлев).

Все были едины во мнении, что «зеленая химия» — это перспектива нестандартных подходов. Цитата из выступления О.Н. Мартынова — лучшее тому подтверждение. «Смена парадигмы и системы воззрений позволяет ученым увидеть собственные исследования в новом свете, что часто рождает новые идеи, открывает новые возможности и идет на пользу науке в целом...».

Ю. Александрова, «НБС»

Популярно о физике высоких энергий

В рамках Молодёжного международного инновационного форума «Интерра» в Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН были приглашены школьники. Сотрудники института прочли обзорные лекции, в которых популярно объяснили детям, чем занимается физика высоких энергий и какие практические применения имеют разработки учёных. Открыл заседание профессор Р.А. Салимов. Он рассказал о промышленных ускорителях электронов, объяснив принцип их действия.

— Диапазон энергии промышленных ускорителей, употребляемых в народном хозяйстве, — от 50 кэВ до 5 мэВ. Габариты этих установок — 1—5 метров, цена — от 100 тыс. до 5 млн долларов. Наибольшее применение имеют ускорители с энергией от 0,5 до 3 мэВ с мощностью 100 кВт. В мире эксплуатируется всего около 1500 таких установок, из них примерно 10 % вышли из нашего института.

Эти ускорители применяются, среди прочего, для обработки полимеров. Когда электроны попадают на полимер, они возбуждают в нём реакцию сшивки. Если простой полиэтилен нагреть, он легко вытягивается. А если его обработать электронным пучком, в нём появляются поперечные связи, он становится более твёрдым, а главное — более термостойким. Обычный полиэтилен легко расплавить с помощью паяльника при температуре около 60°, а облучённый не плавится при 150°. Такое свойство очень важно для изоляции кабелей и проводов. Подобные кабели используются для работы атомных электростанций и нефтяных скважин, где они подвергаются воздействию высоких температур.

К.ф.-м.н. П.В. Логачёв рассказал аудитории об электронно-лучевой сварке и её преимуществах.

— В обычной дуговой сварке, используемой везде, температура дуги в аргоне или гелии доходит до 2000—2300°. Можно плавить нержавеющую сталь или медь. Однако хотелось бы локально поднять температуру на каком-нибудь объекте до 20—25 тыс. градусов (это выше в 5—6 раз, чем температура на Солнце) и таким объектом производить сварку. Тогда этот объект можно быстро двигать по металлу и не разрушать тот металл, который вы свариваете. Для металла вреден перегрев, так как он теряет свои прочностные свойства. А в специальных сплавах есть ещё масса полезных свойств, теряющихся при перегреве. Поэтому стоит задача как можно меньше его нагреть. При дуговой сварке зона расплава велика. При плазменной сварке (5—6 тыс. градусов) она будет компактней, при лазерной — ещё меньше. При ЭЛС мы имеем беспрецедентное соотношение ширины расплава и глубины зоны

проплава: ширина в 40—60 раз меньше, чем глубина. Эта глубина линейно зависит от мощности электронного пучка. Можно сварить два листа металла, и шов при этом будет очень узким.

ЭЛС, как правило, используется для сварки нержавеющей стали в наиболее ответственных местах — там, где требуется не изменить прочности основной детали. Это элементы атомных реакторов, теплообменники для них, важные узлы, шестерёнки, например. Свариваются посредством ЭЛС и титановые элементы, в том числе и для авиационных и ракетных двигателей. В ракетостроении используются и алюминий-литиевые сплавы, которые варятся только электронным лучом, поскольку литий выгорает, и сварка должна производиться только в вакууме. Кроме того, ЭЛС используется для сварки тугоплавких металлов: попробуйте каким-то иным способом приварить вольфрам к вольфраму! При этом КПД ЭЛС — около 90 %, то есть примерно такой же, что и для дуговой сварочных аппаратов.

Ускорители заряженных частиц используются и в медицине. Очень важная сфера применения в условиях современной цивилизации — стерилизация и обеззараживание. Этому был посвящён доклад д.ф.-м.н. А.А. Брызгина «О создании Центров стерилизации и обеззараживания на базе ускорителей электронов».

Мировая экономика будущего связана с медициной. В неё будут вкладываться большие деньги, и потому все разработки для этой сферы весьма перспективны. Учитывая тот факт, что опасность заражения СПИДом, гепатитом В и другими опасными заболеваниями диктует необходимость применения одноразовых средств — таких как медицинские инструменты (шприцы, капельницы, катетеры), одежда (хирургические халаты, бахилы, маски), проблема массовой и эффективной стерилизации стоит очень остро.

— Механизм стерилизации заключается в разрушении ДНК вредных организмов. Около десяти процентов разрушается непосредственно излучением, а большая часть — тем, что излучение создаёт активные радикалы, которые деструктивно воздействуют на ДНК. ИЯФ выпускает несколько типов ускорителей, пригодных для стерилизации. Их особенность — относительно небольшая мощность, но довольно высокая энергия. Чем выше энергия, тем больше глубина проникновения излучения в вещество и тем больше возможность стерилизации больших объёмов продукции непосредственно в упаковке.

В ИЯФ есть «маленький стерилизационный заводик», как выразился лектор, где в нестерильных условиях прямо в коробках сте-

рилизуют мелкие партии: шприцы, хирургические одноразовые халаты и т.п. Излучение способно «пробивать» три слоя коробок с продукцией внутри. После облучения она отправляется в аптеки и больницы. Также в институте обрабатывается свойство пучка вызывать некоторые химические реакции, в результате которых возникают новые фармацевтические препараты — такие как тромбозам или имазимаза.

На заводе «Эвалар», где изготавливаются смеси и биологически активные добавки из лекарственных трав Алтая, применяются высочайшие требования к стерильности сырья. Пучком электронов это можно сделать без уничтожения полезных свойств растений.

Конечно, можно применять и другие методы стерилизации. Но, например, стерилизация паром не годится для стерилизации таблеток. Применение этиленоксида ограничено тем, что он является веществом общеядовитого действия, и после применения в целях дезинфекции и стерилизации его приходится утилизировать. Использование же излучения в аналогичных целях является на сегодняшний день, пожалуй, наиболее экологичным, тем более что пропускная способность стерилизационных установок довольно высока — несколько десятков тонн продукции в час. Кроме того, не требуется перепалка, а также отсутствуют какие-либо химические отходы.

Существует и ещё одна задача, связанная с медициной — обеззараживание медицинских отходов, которые тоннами производят лечебные учреждения. Для предохранения от внутрибольничных инфекций метод обеззараживания посредством облучения является наиболее эффективным по сравнению с дезинфекцией хлоркой с последующим выбрасыванием или сжиганием в плазменных печах, для чего требуется предельно высокая упаковка отходов в многоразовый контейнер, который приходится вскрывать, чтобы извлечь отходы. При радиационном обеззараживании стерилизуются и сами отходы, и многоразовый контейнер, после чего отходы можно утилизировать без опасности для здоровья людей и ущерба окружающей среде.

Об использовании протонных и ионных ускорителей для терапии рака присутствующим услышали от профессора В.А. Вострикова. Рак, по словам Владимира Александровича, впервые был описан в древнеегипетском папирусе примерно 1600 г. до н.э. — таким образом, человечество уже не одно тысячелетие сталкивается с проблемой онкологии. В наши дни почти каждый пятый человек имеет риск столкнуться с этим заболеванием. Рассказав о механизме возникно-

вения рака и свойствах раковых клеток, докладчик перешёл к сравнению различных способов излучения болезни (в тех случаях, когда это возможно). Хирургическое вмешательство не всегда эффективно из-за опасности метастазирования. Химическая терапия опасна тем, что оказывает воздействие на весь организм больного. Облучение позволяет воздействовать непосредственно на опухоль и возможные поражённые области, но минимизировать облучение так называемых «органов риска» (например, глазных нервов при опухолях мозга). Кроме того, протонная и ионная терапия позволяет уменьшить общую дозу облучения, облучать глубоко залегающую или неоперабельную опухоль любого размера, а также является щадящей — не требует, например, анестезии, которая необходима при хирургическом вмешательстве. Поэтому в педиатрии такой способ лечения является весьма перспективным.

Существуют различные способы облучения опухолей. Очень широко развит способ, при котором сразу создаётся дозное поле (с помощью специальных устройств) и сразу облучается вся опухоль, а другой способ напоминает принцип, применяемый в телевизоре: тонкий пучок с помощью сканирующих магнитов сканирует всю опухоль поперёк, а изменяя энергию ускорителя, можно сканировать опухоль в глубину. Главное при этом способе — добиться равномерного сканирования всей мишени.

Свой рассказ Владимир Александрович подтвердил иллюстрациями — томограммами реальных случаев развития болезни. Чудес не происходит, однако значительное разрушение опухолей благодаря применению адронных излучателей действительно возможно.

Присутствующие активно задавали вопросы и получали на них развёрнутые ответы. Все доклады сопровождался яркими презентациями. В конце встречи одна из молодых слушательниц отметила, что специалисты сумели донести до аудитории информацию достаточно простым, доступным языком, так, что «всё было понятно».

— Это для нас самый большой комплимент, — ответил Р.А. Салимов, закрывая заседание, после которого школьников ожидала экскурсия.

Такие встречи показывают, что необходимость популяризации специальных научных знаний существует, более того, она насущно необходима. Школьники, несмотря на свой юный возраст, слушали докладчиков очень внимательно, и это вселяет надежду, что у нынешних специалистов будут преемники, а у нашей науки есть перспектива.

Мария Горынцова, «НБС»