

Химия даст планете продовольствие, энергию, лекарства, материалы

Интервью академика С.М.Алдошина

В Париже, в штаб-квартире ЮНЕСКО, стартовал Международный год химии под девизом: «Химия – наша жизнь, наше будущее», с докладом на форуме выступил вице-президент Российской академии наук, академик С.М. Алдошин, директор Института проблем химической физики РАН. Химическая фундаментальная наука в России имеет великую историю, а нынешний год особый – год 300-летия со дня рождения М.В. Ломоносова, с именем которого связано само развитие химии. В этой связи редакция попросила рассказать Сергея Михайловича о достижениях и проблемах российской академической химической науки.

– Сергей Михайлович, в мире, полном проблем, не надуманная ли это инициатива – Международный год химии?

– Нет. Как раз именно в глобальном масштабе это проблемы химии – как накормить людей, улучшить здравоохранение, бороться с загрязнениями окружающей среды. К 2030-му году население планеты будет 8 миллиардов, т.е. потребление энергии вырастет на 30% и нужно искать альтернативные источники энергии солнца, ветра, приливов-отливов, геотермальной энергии, биотоплива – все это задачи химии.

Возьмем изменения климата, которые многие связывают с парниковыми эффектами вследствие повышения углерода в материалах, в продуктах, в изделиях и, как следствие – в атмосфере. Но есть иная позиция, в том числе и в РАН: парниковые эффекты – всего лишь один из химических процессов, влияющих на климат. Именно химия должна ответить на этот острый политический и социальный вопрос – что происходит: глобальные изменения климата или некие флуктуации, которые были и в те далекие годы, когда не было такой промышленности.

Миллиард людей страдает от голода, заболевания 225 миллионов детей до пятилетнего возраста также вызваны недоеданием. Следовательно, нужно повысить урожайность, т.е. нужны минеральные удобрения, а это – также химия.

Пресной воды от ее общего количества на планете – лишь пятая часть, но 80% ее недоступны: они в замороженном состоянии на вершинах гор или под

землей. В нашем распоряжении лишь около 2% воды. Химия должна разработать экологически безупречные технологии очистки воды.

Химия – это и создание новых лекарственных препаратов, а также создание новых материалов, в т.ч. «умных», полифункциональных материалов – кстати, любимое направление отечественных химиков.

– Откуда же отрицательное отношение к химии, встречающееся нередко?

– Ухудшение и с окружающей средой, и качества продуктов питания, и лекарственных препаратов люди нередко связывают с недоработками химии. Химия все меньше преподается в школе, даже на химических факультетах экспериментальная работа часто заменяется всего лишь рассказом о синтезах – неудивительно, что молодежь не понимает, что такое химия и не желает ею заниматься. Страдает, кстати, и мировоззрение, поскольку химия, находясь на грани между физикой и биологией, позволяет человеку понять, как устроен мир.

– Давайте же восполним пробел. Расскажите о передовом фронте науки по всему кругу – о не уступающих мировому уровню разработках российских ученых-химиков.

– Сначала о материалах. Почти пятая часть мировых патентов сегодня выдаются на изобретения именно в этой области и в ближайшие 20 лет 90% материалов будут заменены принципиально новыми. В последние годы у нас появились уникальные композиционные материалы на полимерной, металлической и неорганической (керамической) матрице, всевозможные стали и сплавы – в том числе для авиации и космоса. Разработки Академии наук появляются благодаря кооперации с государственными научными центрами, в том числе с ФГУП «ВИАМ» (директор член Президиума РАН академик Е.Н. Каблов).

Вот примеры. В двигателях узлы работают в очень жестких условиях - до 2000 градусов Кельвина и вниз – до криогенных температур, особенно страдают лопатки турбин и покрытия. Для них наши ученые получили сплавы с уникальными свойствами – титановые, никелиевые, алюмине-литиевые. В частности, из них изготовлены российские двигатели, работающие на американской ракете «Атлас». Лопатки турбин изготавливаются из жаропрочных сплавов, специальные сплавы разработаны также для фюзеляжей и крыльев летательных аппаратов. Уникальные прочные и жаропрочные сплавы получены

(академик О.А. Банных, ИМЕТ РАН) с добавлением наночастиц углерода при совместном высокотемпературном прессовании с фуллереном: на них не остается царапин, у них высокая «трещиностойкость».

Оказалось, что полимерные композиционные материалы прочны, как и стали, но легче и эксплуатируются дольше, поэтому корпуса Аэробусов А300, А310, самолета «Сухой Суперджет-100» уже на 35% состоят из них, а «Боинг 787» – на 70%.

Создать новый полимерный материал – сложная химическая задача, впрочем, и улучшить существующую матрицу – тоже дорого. Поэтому перспективное направление, в котором наша химия занимает лидирующее положение – материалы, модифицированные наночастицами углерода (ИПХФ РАН). Интересно, что экстремум свойств достигается при ультрамалых количествах добавок наночастиц – введение даже около 0,001% одностенных углеродных нанотрубок или 1% многостенных нанотрубок существенно повышает прочность и эластичность материалов. Задача фундаментальной науки – найти такие наночастицы, а также объяснить – почему ультрамаленькое введение нанодобавок принципиальным образом изменяет структуру и характеристики стали и сплавов.

В качестве добавок можно использовать и наночастицы алмаза (член-корреспондент А.Н. Озерин, ИСПИМ РАН), получаемые, при взрыве, например, тринитротолуола. Большой эффект достигается и при введении смесей наночастиц с разными размерами.

Сложной оказалась проблема – равномерно смешать полимерную матрицу с таким количеством наночастиц, которые склонны к агломерации. Нашли способ (ИНХС РАН – академик С.Н. Хаджиев, профессор Ю.А. Колбановский – ИПХФ РАН): организовать сбой ламинарного течения при перемешивании полимерной матрицы и вызвать турбуленции, которые и приводят к равномерному смешиванию в ней наночастиц. Научились получать и полимерные кремнеорганические связующие с совершенно различными заместителями, применяемые при создании новых конструкционных материалов (член-корреспондент А.Н. Озерин, ИСПИМ РАН). Здесь также лидируем – по завершении доклада в Париже мне было задано множество вопросов, а сейчас приходит немало писем с предложением организовать сотрудничество.

Серьезная научная школа (МГУ, академик А.Р. Хохлов) работает с тремя поколениями «умных» полимерных композиционных материалов. Первое поколение – материалы для авиации и космоса, как реагирующие на напряжения и нарушения в структуре, так и самозалечивающие эти структуры: возникла трещина – ее нужно остановить, чтобы дальше не развивалась, и залечить.

Второе поколение – материалы диагностирующие сами себя: разрабатываются оптоволокна, дающие возможность передавать большие объемы информации, которые одновременно могут служить и датчиками нарушений в структуре и в свойствах материалов (член Президиума РАН академик Е.М. Дианов). Эти оптоволокна конструктивно вставляются в авиационные материалы и отслеживают их состояние (работы совместно с «ВИАМом»). Третье поколение – механо-полимерные материалы. Они в своей структуре содержат и «рычаги» – жесткие подвижные элементы, как бы воспроизводящие человеческие органы – руки и ноги, которые могут сами поднимать тяжести.

Создание новых полимерных композиционных материалов и технологий, в том числе для металлургии, легло в основу технологических платформ, которые сейчас предложены для утверждения Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям.

– Россия – мировой поставщик нефти и газа. Как решается проблема глубокой переработки углеводородного сырья?

– У нас сейчас глубина переработки нефти очень низкая – около 70%: остается много мазута, непереработанного гудрона. Недавно В.В.Путин обязал нефтеперерабатывающие заводы довести уровень до 75-80%, хотя это тоже отставание от западных параметров. Современные же российские технологии позволяют увеличить глубину переработки до 92-95%, т.е. близко к теоретическому уровню (ИНХС РАН – академик С.Н. Хаджиев, ИПХФ РАН, ИКСО РАН – академик В.Н. Пармон, ОАО «Внипинефть» – профессор В.М. Капустин).

Нужно было решить проблему катализаторов: они «отравляются», их нужно удалять, чистить, регенерировать, либо получать новые. Сделан важный шаг – в реакционной среде, в реакторе создаются нанокатализаторы, на них идет процесс и, главное, потом их не надо удалять из реакционной смеси! Сейчас предлагаем нефтеперерабатывающим компаниям модернизировать производство на основе наших технологий и они заинтересованы – например, подписано соглашение с компанией «Роснефть», хорошие перспективы сотрудничества с

компаниями Татарстана. Президент республики Р.Н.Минниханов, сам – хороший нефтехимик, сопоставил эти разработки с такими же технологиями на Западе, и убежден, что наши – на самом современном уровне.

Увы, Академия наук не может будущему заказчику показать полупромышленные работающие установки – нет отраслевой прикладной науки. Поэтому постоянно ставим вопрос о создании на базе академических институтов инженерных центров. В РАН есть институты, обладающие структурой и кадровым потенциалом для создания соответствующих технологических площадок, а в некоторых они уже есть. Я бы даже сказал – не «инженерные», а «инжиниринговые» площадки, чтобы они умели не только создать установку, но также – просчитать экономику, баланс, тепловые потоки, выдать данные для рабочего базового проекта.

Инжиниринговый центр нужен и для создания отечественных катализаторов. Поясню – любую технологию, которую нам продают с Запада, нам передают отнюдь «не первой свежести» и, к тому же, обязательно с обременением: только их сертифицированные катализаторы, их оборудование, их сервисное обслуживание. Поэтому по вопросу глубокой переработки углеводородного сырья и создания таких инжиниринговых центров мы несколько раз обращались в Правительство РФ, ставили его на Совете по науке и высоким технологиям, на заседаниях Госдумы РФ, Совета Федерации РФ. Сейчас РАН вместе с ГК "РОСНАНО" создала Центр трансфера технологий и он уже начал работать над реализацией технологий глубокой переработки углеводородного сырья. Рассчитываем, что нефтехимические и нефтеперерабатывающие компании выступят инвесторами пилотной установки. Для организации взаимодействия науки и бизнеса подготовлен проект технологической платформы «Глубокая переработка углеводородных ресурсов», который также вошел в перечень российских ТП для утверждения Правительственной комиссией.

– Летишь ночью над Западной Сибирью – горят факелы. Химики намерены заниматься переработкой попутных и природных газов?

– Перерабатывать их довольно тяжело, нет таких технологий, да и, к тому же – как потом везти продукцию за тысячи километров? Нерентабельно. Однако нашими учеными созданы такие технологии, которые позволяют из газов получить сразу жидкие продукты и их закачать обратно в трубу – т.е. их не надо везти, они улучшают качество нефти, которая перегоняется, потом будут вместе с ней переработаны на нефтеперерабатывающем заводе (ИНХС РАН, ИК СО РАН,

ИПХФ РАН и др.). Макеты мы готовы продемонстрировать, хотя разработки требуют дофинансирования; ведем переговоры с «РОСНАНО» о создании мобильных установок по переработке попутных газов.

Другой технологический подход в отношении природных газов – получение моторных топлив и олефинов. Олефины – важные исходные составляющие для получения полимерных материалов. Над этим работают во всем мире, построены заводы, но наши технологии, оказываются экономически более выгодными, эффективными и дешевыми. Здесь мы идем вровень с нашими западными партнерами, а по ряду параметров их опережаем. Поэтому, когда нам предлагают объединить наши работы с западными компаниями – мол, давайте купим западную технологию, а какой-то блок пусть будет наш, разработанный российскими учеными, это вызывает у наших ученых категорическое возражение: так мы раскрываем всю свою технологию, завтра ее перепатентуют, а обойти патент – дело «плевое».

Хорошо, что сейчас в Академии наук появилась программа (пусть небольшая), финансирующая на конкурсной основе патентование наших разработок за рубежом. Патентование же разработки только в России фактически не может защитить ее от воровства.

– Расскажите о биотопливе – тут бум во всем мире!

– Да, бум идет, хотя до практических, экономически эффективных задач еще далеко. Впрочем, получение моторных биотоплив – задача уже сегодняшнего дня, создаются биотоплива уже третьего поколения. Здесь у нас также лидирующие позиции (ИОНХ РАН – академик И.И. Моисеев, ИБХФ РАН – член-корреспондент С.Д. Варфоломеев). Ответвление этих работ – использование природных аминокислот для создания полимерных биосовместимых или биodeградируемых материалов. Значение понятно: никто не знает куда девать обычные полимерные материалы после их использования – они лежат, не разлагаются. Академик И.И. Моисеев создает биотоплива на базе специально выведенных растений, которые очень быстро растут и их легко перерабатывать. Организовать подобные производства возможно прямо вместе с теплостанциями, предусмотрев полный цикл использования энергии. Об этих технологиях докладывалось несколько раз на очень высоком уровне, в том числе и в правительстве.

Российская химия сохраняет свои позиции и в новых технологиях утилизации низкосортных топлив – это торфа, сланцы, шпалы, промышленный и бытовой мусор – и получения из них энергии в сверхadiaбатическом режиме (ИПХФ РАН совместно с ФГУП «ММПП «САЛЮТ»). Эти технологии – модульного типа: если вам надо получить тепло или электричество, модули меняются и проблема решается. Создается укрупненная установка наклонного типа (совместно с ООО «ЕВРОПРОФИЛЬ» – гендиректор К.Д. Баканов) и в ближайшее время вместе с ОАО «Российские железные дороги» начнем переработку отработанных шпал, что, как известно – экологическая проблема. В Вологодской, Новгородской и др. областях, где много торфов, подобные установки решат для деревень проблемы электрической энергии и отопления.

Водородная энергетика (вокруг нее было много шума) найдет свое применение, в том числе, в авиации, в создании топливных элементов. Однако остается много нерешенных проблем. Например, для работы известной мембраны «Нафийон» и других сульфированных мембран должны быть созданы специальные условия, в том числе влажность. Наши, российские приоритеты здесь в разработке новых мембран, которые обеспечивают работоспособность в очень широком диапазоне условий (СПбФ ИК СО РАН – член-корреспондент С.С. Иванчев, ИПХФ РАН, МГУ – академик А.Р. Хохлов и академик Ю.Д. Третьяков). По высокотемпературным элементам работы ведутся совместно институтами Отделения физики, Отделения химии, Отделения энергетике, машиностроения, механики и процессов управления РАН. Уже есть серьезные успехи, так что эти топливные элементы в ближайшее время найдут применение в авиации и в автомобилестроении.

– Сегодня электромобили или гибридные авто демонстрируются на каждом автосалоне. А каков здесь вклад химиков?

– Для этих автомобилей важно создание гибридных материалов, которые позволяют использовать и бензин, и электричество. А как, например, запастись той энергией, которая вырабатывается в процессе движения? Нужен суперконденсатор. Материалы для него – серьезная химическая проблема, и тут есть успехи (ИБХФ РАН).

Эффективны литиевые батареи, но нужно решить проблемы их безопасности и долговечности. Ученые (МГУ – академик Ю.Д. Третьяков и член-корреспондент Е.А. Гудилин) идут по пути воздушных аккумуляторов, когда просто воздух используется в качестве одного из рабочих элементов в системе.

Удалось создать новые полимерные материалы (ИПХФ РАН – профессор О.Н. Ефимов), которые обеспечивают, с одной стороны, подвижность ионов, с другой – они безопасны, с третьей стороны – они сами закрывают электроды от разрушения.

– Разве не чудо – создание элементов интегральных систем из органических молекул?

– Придет ли органическая электроника на смену аморфному поликристаллическому кремнию – вопрос дискуссионный: «работа на отказ» у органики гораздо ниже, чем у кремниевых элементов. Причем эффективность кремниевых батарей можно еще существенно увеличить, если решить проблему с концентраторами, чем активно занимаются (ИБХФ РАН).

Тем не менее, создается органическая фотовольтаика – когда в качестве элементов, на основе которых строятся солнечные элементы и светоизлучающие диоды, используются органические соединения. И здесь, конечно, надо признать, отечественная синтетическая химия сегодня находится на очень высоком уровне.

Да, мы отстаем по тем направлениям, где не можем закупать самые современные приборы для исследования. Но наши специалисты органической синтетической химии, как, например, и российские математики с их работами по программному обеспечению, всегда занимали лидирующее положение. Удалось создать полимерные композиты на основе полимерных проводящих материалов и модифицированных функционализированных фуллеренов – они очень эффективны для солнечных элементов. Для светоизлучающих диодов получены различные люминесцентные, электролюминесцентные материалы, которые люминисцируют, закрывая весь диапазон солнечного излучения.

Молекулярная электроника – область завтрашнего дня, но у наших синтетиков здесь уже серьезные успехи. Логические схемы, элементы памяти интегральных систем, ЧИПы – действительно начинают создавать из органических молекул. Создаются полимерные проводящие молекулы, молекулы обладающие памятью или специальными магнитными свойствами и это, конечно, чудеса синтетической химии. Здесь наша страна ни от кого не отстает (НИИ физической органической химии ЮФУ – академик В.И. Минкин). Направление возникло из исследования динамически лабильных структур, которые меняют свои свойства, легко переходя из одного состояния в другое либо самопроизвольно, либо под воздействием внешних факторов - излучения, давления, температуры: вот это и

позволяет их использовать для создания логических схем в молекулярной электронике.

Увы, мы отстаем, когда надо довести полученные соединения и материалы до конструкции. Тут нужна инновационная цепочка между институтами и прикладниками – государственными научными центрами и приборостроительными ФГУПами, функционирующими внутри РАН. Поскольку от контактов (к сожалению, частых) с зарубежными фирмами мы много теряем: трудно их убедить, чтобы с теми продуктами, которые они по нашим разработкам получают, мы вместе шли на рынок. Взаимовыгодные условия заключить очень трудно.

– Давайте обратимся к области лекарственных препаратов.

– Конструирование лекарственных препаратов невозможно без понимания механизма их действия. Впечатляют результаты, полученные в теоретической химии, в частности, по расчету динамики химических превращений. Суперкомпьютеры – межведомственного центра РАН, «Чебышев» и «Ломоносов» в МГУ – позволяют проводить расчеты крупных молекул, таких как полимерные биомолекулы. Сочетание квантово-химических методов с расчетами молекулярной динамики атом-атомных потенциалов позволяют, в том числе, моделировать взаимодействия лекарственного вещества с рецептором – так идет поиск оптимальной структуры и синтез соединений. Т.е. сначала идет математическое прогнозирование, а потом уже синтез этих препаратов. Уже получены серьезные результаты, в том числе, по лечению болезни Альцгеймера (ИФАВ РАН – академик Н.С. Зефирин, МГУ – член-корреспондент С.О. Бачурин).

Кстати, для нас это важно в условиях нехватки реактивов. ФЗ 94 требует даже два-три миллиграмма покупать на аукционе, на это уходит около двух месяцев, потом дня через два оказывается, что приобретен не тот препарат и т.д. Жесткие требования закона блокируют работу институтов и по этому поводу мы подготовили письмо в правительство.

Другой подход основан на исследованиях химических и биологических процессов в организме. Выяснилось, что маленькая молекула NO, состоящая из двух атомов – кислород и азот – регулирует ряд таких процессов, выполняет функции мессенджера, контрольные функции, влияет на развитие раковых опухолей и метастазов, т.е. обладает уникальными свойствами – как положительными, так и отрицательными. Избыток молекулы NO накапливается в

активных центрах нигемовых протеинов, но как устроен такой центр? Удалось промоделировать его структуру, понять, почему она обладает этими свойствами (ИПХФ РАН), и это открыло новое направление создания лекарственных препаратов. Работы активно ведутся, в частности, биологом-химиком профессором А.Ф. Ваниным (ИХФ РАН), а также – по созданию противораковых препаратов и для лечения сердечно-сосудистых заболеваний – совместно с кардиологическим Центром академика Е.И. Чазова и с Онкологическим центром – академик М.И. Давыдов. Такие центры по созданию новых лекарственных препаратов есть в Уральском отделении РАН – академик В.Н. Чарушин, академик О.Н. Чупахин, в Сибирском отделении – академик Г.А. Толстикова, на Дальнем Востоке.

– Но заинтересованы ли наши фармкомпании в проведении клинических испытаний?

– Нет, и вследствие этого многие лекарственные препараты остаются на полках, погибают в виде патентов, продаются в виде веществ на Запад и уже там проходят клинические испытания. Т.е. то, что начинается в России, заканчивается, к сожалению, не в нашей стране, а потом мы вынуждены покупать это же в виде устаревших технологий.

В начале 90-х, когда все разваливалось, несколько западных фирм скупали за бесценок вещества, полученные в наших синтетических институтах, проводили скрининг на Западе, и так создали много интересных препаратов, но уже без России. Сейчас они хорошо стоят на ногах, приходят к нам, в Россию, с технологиями, далеко не новыми, с препаратами второго уровня, ставя, тем самым, преграду развитию наших отечественных лекарственных препаратов, да еще начинают учить – как нам нужно создавать инновационные лекарственные препараты.

Потенциально интересные для медицины препараты создаются в химических или биологических институтах РАН. Поэтому свои скрининговые центры в Академии наук нам нужны для проведения скрининга всех препаратов, которые специально создаются для медицины или случайно оказываются обладающими такими свойствами. Нужно удостовериться, что полученные вещества – лекарственные препараты, провести доклинику, предклинику и, самое дорогостоящее – клинические испытания. Сейчас создано некоммерческое партнерство «Архимед», на основе которого мы можем делать доклинические испытания и некоторый скрининг. Но всеми необходимыми методиками не

обладаем. Многие площадки в институтах несертифицированы, хотя мы там держим элитных мышей. Сертифицированных площадки только две – в ИФАВ РАН и в НИОХ СО РАН. А для Академии наук нужно создать такие площадки по разным институтам, по всем направлениям скрининга для проведения доклинических испытаний, чтобы могли предложить фармацевтической промышленности препараты, которые дальше пойдут в практику.

Все, о чем здесь было сказано, сделано в Российской академии наук совместно с государственными научными центрами. В основе разработок лежит глубокая фундаментальная наука и она не заканчивается публикациями, а заканчивается созданием конкретных материалов для авиации и космоса, строительных материалов, для энергетики, электроники, медицинских препаратов.

Беседовал Сергей Шаракшанэ

E-mail: sash_50@mail.ru

Сайт: sergey-sharakshane.narod.ru