

УДК 061.62(470.57) (09)

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА НЕФТЕХИМИИ И КАТАЛИЗА РАН

© У.М. Джемилев, А.Ю. Спивак

Сегодня, оглядываясь назад, с уверенностью можно сказать, что 1991–1992 гг. стали поворотными для науки в нашей стране. В этот период с усилением экономического кризиса начали разрушаться многие крупные научные центры и институты. Из сферы науки усилился отток наиболее талантливой молодежи. Именно из-за отсутствия должного финансирования и материально-технического обеспечения большинство учреждений и коллективов, занятых в сфере фундаментальной и прикладной науки, растеряли свои лучшие кадры: научные сотрудники ушли в коммерческие организации (в том числе в полукриминальные, и криминальные), в банковскую систему, а также уехали за рубеж.

В этот драматический период науку охватил тяжелый кризис, и чрезвычайно актуальной стала проблема выживания и сохранения бесценного научного потенциала, накопленного за долгие годы нашими выдающимися предшественниками.

Особенно остро ощущался кризис в науке еще и потому, что в это же время на Западе наблюдается прогресс в области новых материалов, нетрадиционных химических технологий, биотехнологий, создания компьютеров, в инструментальной промышленности, космической технике и энергетике.

Очевидно, что страны, недооценивающие значимость исследований в области фундаментальной науки, обрекали себя на отставание во всех сферах жизни, на резкое сокращение уже в ближайшем будущем возможностей выхода со своей продукцией на внешний

рынок, а значит – на дальнейшее падение жизненного уровня населения.

В сложившейся ситуации лишь немногие руководители в России, в субъектах Российской Федерации проявили поистине государственную мудрость в поисках путей спасения фундаментальной и добротной прикладной науки.

В эти годы в авангарде движения за спасение науки в России была наша республика, выступившая с инициативой создания Академии наук Республики Башкортостан, которая совместно с Уфимским научным центром РАН сыграла ключевую роль в объединении научного и кадрового потенциала республики и координации научных исследований.

Уместно и необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство, сложившееся к началу «перестройки» в республике. В Башкортостане, располагающем развитой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленностью, в послевоенные годы были созданы крупные отраслевые институты для оперативного обеспечения деятельности предприятий в основном нефтехимического комплекса.

С началом «перестройки», результатом которой стала ликвидация ряда министерств и ведомств союзного и российского масштабов, основная часть отраслевых институтов осталась без финансирования и ведомственного контроля. Вследствие этого отраслевые институты, не располагающие, как правило, крупными научными заделами в области фундаментальной науки, научными школами, пар-

ДЖЕМИЛЕВ Усеин Меметович – чл.-корр. РАН, Институт нефтехимии и катализа РАН,

e-mail: dzemilev@anrb.ru

СПИВАК Анна Юльевна – к.х.н., Институт нефтехимии и катализа РАН,

e-mail: nedopekin@anrb.ru

ком современного научного оборудования, очень быстро стали разваливаться.

В связи с этим руководством Республики Башкортостан и Президиумом только что созданной Академии наук РБ было принято решение о включении ряда крупных отраслевых институтов, расположенных в г. Уфе, в состав АН РБ.

Это позволило на первом этапе в какой-то мере сохранить научные коллективы, имеющиеся на их балансе научное оборудование, а самое главное – удалось поставить заслон на пути дикой приватизации и акционирования отраслевых институтов. В результате перед Академией возникла и другая серьезная проблема, а именно – адаптация отраслевых институтов к стандартам и требованиям, предъявляемым к академическим научным учреждениям. С другой стороны, отдельные члены Академии наук понимали, что для создания полноценного академического института, даже в условиях льготного финансирования и наличия высококвалифицированных кадров, необходимы десятилетия.

Для этого достаточно изучить историю создания и становления учреждений Уфимского научного центра РАН. УНЦ РАН стал одним из ведущих научных центров бывшего Союза и России благодаря мощной и всесторонней поддержке Президиума Академии наук СССР (впоследствии РАН), Правительства Республики Башкортостан и всего государства.

При этом следует вспомнить когорту крупных и выдающихся ученых, которые в разные годы принимали участие в развитии УНЦ РАН – это профессор Г.В. Вахрушев и профессор Р.Д. Оболенцев, член-корреспондент АН СССР С.Р. Рафиков и академики Г.А. Толстикова и Р.И. Нигматулин, а также многие другие крупные и талантливые исследователи, которые продолжают и сегодня трудиться в республике.

В развитие вышеизложенных событий в 1992 г. Президиумом АН РБ принимается решение о создании на базе отраслевого НИИНефтехима Министерства топлива и энергетики РФ нового академического учреждения – Института нефтехимии и катализа для

проведения фундаментальных исследований в области гетерогенного и металлокомплексного катализа, органического и металлоорганического синтеза, нефтехимии, кинетики и механизмов химических реакций, а также научного обеспечения развития химической и нефтехимической отраслей промышленности, разработки новейших химических технологий и подготовки кадров высшей квалификации по указанным направлениям.

В качестве директора-организатора вновь создаваемого института был приглашен член-корреспондент РАН У.М. Джемилев. Совершенно очевидно, что это решение было не случайным, ибо за его плечами к этому времени имелись десятилетний опыт работы в качестве заместителя директора Института органической химии УНЦ РАН, высокий научный авторитет, сложившаяся и успешно работающая научная школа под его руководством, понимание тенденций развития науки и умение принимать решения в экстремальных условиях.

Вместе с У.М. Джемилевым из ИОХ УНЦ РАН в Институт нефтехимии и катализа АН РБ перешли около 50 высококвалифицированных сотрудников, в том числе 6 докторов и 26 кандидатов химических наук, которые в дальнейшем и составили ядро нового института. Оглядываясь назад, с уверенностью можно заметить, что мотивы для такого перехода были не личностными, учитывая, что на такой шаг решился большой интернациональный коллектив ведущих научных сотрудников. Были оставлены хорошо оснащенные лаборатории, налаженная работа, мощный приборный парк, выстраданная в течение десятилетий тематика научных исследований.

Итак, что же из себя представлял НИИНефтехим к началу 1993 г., когда в него влились новые сотрудники из ИОХ УНЦ РАН. В НИИНефтехиме к тому моменту научно-исследовательская деятельность была практически прекращена: за 1987–1992 гг. было получено всего 3 авторских свидетельства. Причем в последние 7 месяцев 1992 г. институт не имел договоров с предприятиями и многие сотрудники, не получавшие зарплаты, ра-

зошлись по малым предприятиям, на выяснение количества которых (их оказалось 24), а затем и закрытие новому руководству института понадобилось более двух лет. Прогрессивно настроенная часть коллектива, не желающая мириться с развалом института и выступившая инициатором приглашения ученых из ИОХ УНЦ РАН, отнеслась к вновь прибывшим с пониманием. Перед дирекцией стояла задача очень нелегкая – наладить в институте научно-исследовательскую работу, ориентируясь на мировые стандарты, найти новые, актуальные научные направления, подтянуть лаборатории до мирового уровня, создать подлинно творческую атмосферу.

Между тем на пути реорганизации деятельности института обнаружились колоссальные трудности: ветхое состояние канализации, отсутствие вытяжных шкафов, аварийное состояние отопительной системы, складов, крыши основного здания. Но самая главная проблема заключалась в отсутствии необходимой приборной базы: современных спектрометров, хроматографов и другого научного оборудования. Положение усугублялось полным отсутствием инертных и других газов, очень ограниченным был ассортимент химреактивов.

Казалось бы, в этих условиях директор должен был растеряться, однако, напротив, он занял активную позицию, совместно с учениками и ближайшими коллегами разработал стратегию реорганизации института, направленную на повышение качества и уровня исследований, выбор приоритетных направлений, создание условий для проведения прежде всего фундаментальных исследований, материально-техническое обеспечение подразделений. Особое внимание уделялось оснащению института современными приборами, подбору и расстановке кадров, организации новых лабораторий и развитию новых направлений исследований, углублению и расширению контактов с предприятиями республики и многому другому, что было необходимо для эффективной деятельности научно-исследовательского института. Коллектив и руководство вновь созданного института проявили поистине героические усилия, и

уже через три месяца были созданы условия для проведения экспериментов, однако одновременно предстояло решить проблему оснащения института обширным парком научных приборов. И здесь на помощь пришли коллеги из ведущих московских институтов. Огромную моральную поддержку и действенную помощь оказали Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН и лично вице-президент РАН академик О.М. Нефедов, академик-секретарь Отделения общей и технической химии РАН академик В.А. Кабанов, главный ученый секретарь РАН академик Н.А. Платэ, академик И.И. Моисеев, академик И.П. Белецкая, академик Х.М. Миначев, академик В.М. Грязнов.

Особо следует отметить вклад академика Р.И. Нигматулина, который как истинный ученый и крупный руководитель всегда поддерживал целеустремленный коллектив института. Будучи Президентом АН РБ и УНЦ РАН он неоднократно посещал институт, лично был знаком со всеми ведущими сотрудниками, знал многие проблемы и оказывал реальную помощь в их решении.

Поддержка членом Российской академии наук была особенно ценной в 1997–1998 гг., когда решался вопрос о вхождении нашего Института в состав Российской академии наук на правах научно-методического руководства. В мае 1997 г., учитывая высокий уровень фундаментальных и прикладных исследований, актуальность выбранных научных направлений, хорошую оснащенность института научными приборами, а также наличие высококвалифицированных кадров, решением общего собрания Отделения общей и технической химии РАН Институт нефтехимии и катализа был принят в состав Отделения. Одновременно институт вошел в состав Уфимского научного центра РАН. Конечно же, особую роль для принятия решения общего собрания Отделения общей и технической химии сыграли усилия вице-президента РАН академика О.М. Нефедова и академика-секретаря Отделения академика В.А. Кабанова.

В 2004 г. Премьер-министр Правительства Республики Башкортостан Р.И. Байдав-

летов и Президент Академии наук Республики Башкортостан член-корреспондент РАН М.А. Ильгамов, учитывая финансово-экономическое положение АН РБ, обратились с предложением в Президиум РАН о включении Института нефтехимии и катализа АН РБ и УНЦ РАН в состав Российской академии наук. И снова руководство Российской академии наук поддержало коллектив института.

В декабре 2004 г. постановлением Президиума РАН институт был включен в состав научных организаций Российской академии наук, в состав Отделения химии и наук о материалах РАН и переименован в Институт нефтехимии и катализа Российской академии наук (ИНК РАН).

Кратко рассмотрим, что сделано коллективом за прошедший короткий период, и что представляет собой сегодня наш институт.

В настоящее время институт является признанным в РФ и мире специализированным академическим научным центром, занимающимся фундаментальными проблемами гомогенного металлокомплексного и гетерогенного катализа, разработкой новых и усовершенствованием существующих каталитических процессов и катализаторов для химической и нефтехимической промышленности.

Развиваются пионерские исследования в области нефтехимии, органического и металлоорганического синтеза с использованием металлокомплексных катализаторов, химии биологически активных веществ растительного, животного и синтетического происхождения, кинетики и механизмов каталитических реакций, разработки металлокомплексных и полифункциональных гетерогенных катализаторов.

Исследования института направлены на разработку:

- гетерогенных и гомогенных металлокомплексных катализаторов, в том числе цеолитов и цеолитсодержащих катализаторов с длительным сроком службы;

- новых реакций, оригинальных методов и металлоорганических реагентов, используемых для конструирования органических и металлоорганических соединений, уникаль-

ных металлоциклов на основе непереходных металлов;

- препаратов и материалов для медицины и сельского хозяйства, новых методов выделения и синтеза витаминов, гормонов насекомых, природных стероидов, экистероидов и углеводов;

- нетрадиционных методов синтеза и селективной функционализации каркасных, полициклических и кластерных соединений (фуллеренов), нанотрубок и графенов;

- селективных сорбентов, экстрагентов, нейтрализаторов сероводорода, серо- и борсодержащих присадок, стабилизаторов, смазок и смазочно-охлаждающих жидкостей, ингибиторов коррозии;

- перспективных методов и технологий использования и утилизации элементной серы, сероводорода, двуокиси серы;

- современных химических технологий на основе нефтяного и нефтехимического сырья.

Без преувеличения можно сказать, что исследования в области использования металлокомплексного катализа в химии металлоорганических соединений непереходных металлов получили мировую известность.

Институт имеет развитую инфраструктуру, оснащен современным оборудованием и укомплектован высококвалифицированными научными кадрами.

В настоящее время в Институте работают 133 человека, в том числе 76 научных сотрудников, из них: 1 член-корреспондент РАН, 16 докторов и 60 кандидатов наук, функционируют 9 лабораторий, которые возглавляют такие крупные и известные ученые как член-корреспондент РАН У.М. Джемилев и доктора наук, профессора В.Н. Одинокоев, Р.И. Хуснутдинов, Г.Л. Шарипов, Л.М. Халилов, С.И. Спивак, А.Г. Ибрагимов, Б.И. Кутепов и кандидат наук З.С. Муслимов. Функционирует диссертационный совет Д002.062.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. За период 2010–2015 гг. защищено 51 кандидатская и 6 докторских диссертаций, опубликовано 468 статей, получено 338 патентов и издано 17 монографий.

При институте постоянно действует аспирантура. В 2015 г. в аспирантуре обучалось 56 аспирантов. Министерством образования РФ выдана Лицензия на осуществление послевузовской программы образования и Свидетельство об аккредитации образовательных программ по направлениям подготовки в аспирантуре.

На протяжении многих лет в Институте функционирует общепризнанная ведущая школа Российской Федерации по металлокомплексному катализу в химии металлоорганических соединений непереходных металлов, углеводородных кластеров, карбо- и металлоциклов, уникальных макроциклов, гетероциклов и непредельных кислот (научный руководитель школы У.М. Джемилев). В коллективе школы трудятся 21 научный сотрудник, в том числе 16 молодых ученых до 39 лет (76%), 12 аспирантов. За период 2011–2015 гг. членами научной школы было получено 81 грант РФФИ, РФФИ, 8 стипендий Президента РФ для поддержки молодых ученых, выполняющих исследования по приоритетным направлениям исследований в области науки и техники. Опубликовано 85 статей, в том числе 45 за рубежом, 16 обзоров и монографий. Защищены 3 докторские и 14 кандидатских диссертаций.

Основы успешного развития исследований этой школы были заложены в ранних работах ее лидера У.М. Джемилева (*J. Organomet. Chem.*, 1983 г.; *J. Org. Chem.*, 1985 г.; *Изв. Акад. наук СССР. Сер. хим.*, 1983 г.), в которых была описана не имеющая мировых аналогов реакция этилмагнирования неактивированных алкенов, катализируемая комплексами циркония. Открытие реакции каталитического этилмагнирования позволило значительно расширить границы применимости магнийорганических соединений в органическом и металлоорганическом синтезе в отличие от реагентов Гриньяра, для получения которых необходимо применение галогенсодержащих соединений.

В настоящее время эта реакция, применяемая в мировой практике как «реакция Джемилева», востребована как в лабораторной,

так и промышленной практике. Различные аспекты пионерских работ коллектива научной школы У.М. Джемилева в металлоорганическом синтезе были приняты и развиты несколькими известными международными исследовательскими группами (**Hoveyda, Waymouth, Negishi**). Полученные ими результаты являются убедительным доказательством больших перспектив использования циркониевого катализа в органической химии. Интенсивное развитие коллективом научной школы исследований в выбранном направлении привело к открытию явления каталитической замены атомов переходных металлов (Ti, Zr, Hf, Nb, Ta) в металлокарбоциклах на атомы непереходных металлов (Mg, Al, Ga, In, B). Это открытие положило начало развитию химии малых, средних, макроциклических и гигантских металлокарбоциклов непереходных металлов. Исследования в данном направлении позволили разработать такие новые фундаментальные органические и металлоорганические реакции, как каталитическое циклоалюминирование, цикломагнирование, циклоборирование олефинов, ацетиленов, алленов. На основе реакции каталитического циклоалюминирования метиленициклопропанов и метиленициклобутанов были разработаны универсальные методы синтеза ранее труднодоступных спиро[2,3]цикланов и макроциклических ротанов. Впервые в мировой практике были разработаны эффективные реагенты – карбеноиды алюминия, позволяющие осуществлять прямую трансформацию ацетиленовых соединений в циклопропаны. Циркониевый катализ был успешно использован в синтезе уникальных сера-, азот- и металлсодержащих соединений.

Фундаментальные исследования по каталитическому синтезу высоконапряженных полициклических углеводородов, проведенные коллективом научной школы совместно с Институтом органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, позволили разработать новую стратегию одностадийного конструирования высоконапряженных полициклических углеводородов уникальной структуры и создать технологию производства богатых энергией спе-

циальных материалов. Фундаментальные и прикладные исследования в данном направлении вывели нашу страну (СССР, РФ) на передовые позиции в области синтеза, изучения свойств и применения напряженных полициклических соединений, построенных исключительно из трех-, четырех- и пятичленных циклов, и позволили разработать и внедрить в промышленную практику новые передовые технологии производства уникальных мономеров и изделий с рекордными характеристиками.

Вышеперечисленные исследования по направлению «металлокомплексный катализ в органическом и металлоорганическом синтезе и нефтехимии» завершились разработкой и широким внедрением в промышленность технологий получения хлорнорборнена, норборнадиена и его димеров, современных диалогистиков, препаратов для медицины и сельского хозяйства.

Исследования в области химии малых, средних, макроциклических и гигантских металло- и карбомакроциклов сформировали принципиально новую синтетическую платформу для разработки простых и технологичных методов синтеза практически важных азот-, кислород- и серасодержащих гетероциклов, новых биологически активных соединений терпеноидной и стероидной структуры, а также высших *Z,Z*-диеновых кислот с высокой степенью стереочистоты, на основе которых в настоящее время разрабатывается новое поколение высокоактивных противоопухолевых препаратов для химиотерапии опухолей с множественной лекарственной устойчивостью. С использованием реакции каталитического циклоалюминирования ацетиленов разработана эффективная стратегия одnoreакторного конструирования важных C15 – C25 макролидов, в том числе природных макроциклических кетонов мускона и цибетона. Осуществлен полный синтез высокоактивного противоопухолевого препарата *cis*-Solamin, в котором на ключевой стадии использована реакция каталитического цикломагнирования алленов. Фундаментальные исследования по каталитическому синтезу и функционализации поли-

циклических углеводородов стали предпосылкой для успешного развития новой приоритетной области исследований: «Металлокомплексный катализ в химии фуллеренов». К настоящему времени выполнена большая программа исследований по разработке новых селективных катализаторов и созданию общих каталитических методов селективной функционализации C60-фуллеренов с помощью диазоалканов, диазоацетатов, диазокетонов, диазоамидов и диазотиоатов различной структуры, в том числе полученных на основе известных фармакофоров и природных биологически активных соединений. Разработаны каталитические методы синтеза и впервые получены оптически активные производные C60-фуллерена реакцией циклоприсоединения к углеродным кластерам хиральных диазосоединений. Для создания медицинских препаратов с высокой степенью биологической активности за счет избирательной доставки действующего вещества к пораженным клеткам получена библиотека конъюгатов C-60 фуллерена с фармакофорами различных биологически активных соединений (ремантадин, мемантин, токоферол). Разработаны методы синтеза практически важных серосодержащих гомо-, метано- и пиразолинофуллеренов, что создало возможности для получения новых классов фуллереновых серосодержащих присадок к маслам, введение которых в широко применяемые промышленные масла позволило значительно увеличить ресурс высоконагруженных механизмов.

Полученные результаты являются выдающимися в Российской Федерации и в мире. Оригинальность и новизна полученных результатов подтверждается 91 патентом РФ (2011–2014 гг.), получением двух грантов Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009–2013 гг.)»; получением в 2011–2014 гг. двух грантов РНФ и 81 гранта РФФИ. Присуждением двух Государственных премий Правительства СССР и Российской Федерации (1990 г. и 2003 г.), премии им. Бултерова (2010 г.) и Ипатьевской премии (2015 г.), изданием 10 совместных монографий с зарубежными учеными, получением

95 патентов, в том числе зарубежного патента US Patent 8,530,688 B2 (2013 г.).

В настоящее время работы по ряду направлений выполняются совместно с крупными зарубежными научными центрами: Институт органической и биомолекулярной химии университета Георга-Августа, г. Геттинген, Германия (проф. Армин де Майере), Лаборатория структурной биологии, Римский университет Тор Вергата, г. Рим, Италия (проф. Алессандро Дезидери).

Разработанные новые каталитические реакции и методы открывают перспективы для развития препаративной органической химии и создания нетрадиционных технологий получения востребованных классов полезных веществ – уникальных мономеров для специальных полимерных материалов, прекурсоров для алмазоподобных углеводородов, противовирусных лекарственных препаратов, отечественных препаратов для сельского хозяйства.

К сожалению, объем этой статьи не позволяет в полной мере отразить деятельность и тематику каждой лаборатории, поэтому мы кратко ознакомим читателей только с основными подразделениями института, которые сыграли и продолжают играть решающую роль в его становлении и развитии, а также отметим наиболее важные результаты исследований, полученные в ИНК РАН за последние годы.

Так, лаборатория каталитического синтеза, возглавляемая членом-корреспондентом РАН У.М. Джемилевым, относится к числу наиболее мобильных и успешно работающих коллективов в области металлокомплексного катализа, органического и металлоорганического синтеза. Хотелось бы отметить значительный вклад в развитие этих исследований докторов химических наук, профессоров А.Г. Ибрагимова и Р.И. Хуснутдинова.

Успехи этого коллектива известны далеко за пределами России, поэтому целесообразно сосредоточить внимание на лабораториях В.Н. Одинокова, Р.И. Хуснутдинова, Р.Г. Булгакова (в настоящее время лабораторией руководит д.х.н. Г.Л. Шарипов) и Б.И. Кутепова.

Одно из направлений сложившейся к настоящему времени тематики ИНК РАН –

направленный синтез, химические и биохимические трансформации природных соединений и их аналогов – возглавляет член-корреспондент АН РБ В.Н. Одинокоев.

Поскольку в бывшем НИИНефтехиме в течение многих лет проводились исследования (член-корреспондент АН РБ Ю.В. Чуркин, кандидаты технических наук А.В. Балаев и Г.Н. Кириченко) по алкилированию фенола метанолом, и были разработки по синтезу триметилфенолов – полупродуктов для витамина Е, профессор В.Н. Одинокоев решил применить свой опыт по синтезу терпеноидов для получения другого полупродукта – дитерпенового спирта изофитола. В результате был разработан короткий путь его синтеза на основе парциального озонлиза циклического тримера изопрена, а конденсацией полученного изофитола с триметилгидрохиноном синтезирован α -токоферол – основной компонент витамина Е. Этот успех послужил основой для развития исследований по синтезу токоферола и его аналогов. Сотрудниками лаборатории за короткий период были разработаны новые пути синтеза различных оптически активных форм α -токоферола (витамина Е), базирующиеся на использовании природного фитона, полученного из природного доступного сырья (хлорофилла) по оригинальному методу с применением озонлиза. Предложены новые промышленно доступные гетерогенные катализаторы для синтеза α -токоферола и других антиоксидантов, позволившие увеличить выходы целевых соединений, улучшить технологичность процессов и их экологию. Синтезированы гидрофильные аналоги α -токоферола, обладающие разнообразной биологической активностью и представляющие интерес для медицины.

В лаборатории на протяжении многих лет развивается направление по модификации полисахаридов. Проводятся работы по синтезу конъюгатов полисахаридов (гепарина, хондроитинсульфатов, альгиновой кислоты) с фармакозначимыми аминами, которые могут найти применение в косметике и медицине. Просматриваются перспективы их использования в качестве хирургических кле-

ев, лекарственных средств для лечения ожогов и трофических поражений тканей.

В 1995 г. по инициативе профессора В.Н. Одинокова в институт был приглашен сотрудник Института химии растительных веществ НАН Узбекистана, видный специалист по выделению и идентификации экдистероидов (гормонов линьки и метаморфоза членистоногих), кандидат химических наук У.А. Балтаев, вскоре защитивший докторскую диссертацию. С его приходом в Институте возникло новое направление исследований по изучению флоры Башкортостана и Южного Урала на содержание фитоэкдистероидов, их выделению, идентификации и использованию для создания препаратов для медицины и сельского хозяйства.

На сегодняшний день химия экдистероидов представлена в лаборатории как доминирующая область исследований, в которой полученные коллективом результаты являются выдающимися на территории РФ и соответствуют мировому уровню. По данным базы Ecdybase (<http://ecdybase.org/>), выделены из природных источников мировой флоры и фауны свыше 400 экдистероидов, из них 18 уникальных соединений выделены коллективом за последние 10 лет из рода растения *Serratula*. Синтезированы и идентифицированы свыше 200 ранее неизвестных производных экдистероидов. Совместно с Институтом биохимии и генетики (ИБГ УНЦ РАН, Уфа), с Центром паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, с Институтом химии растительных веществ АН Узбекистана (г. Ташкент) изучаются их биологические свойства.

Важность направленных химических превращений наиболее доступных экдистероидов в минорные природные экдистероиды и модифицированные экдистероиды с новой биологической активностью обусловлена возможностью создания как инсектицидов нового поколения, так и новых нетоксичных лекарственных средств стероидной структуры, обладающих полезным для человека профилем биологической активности, проявляющих адаптогенные свойства и гормонально независимую анаболитическую активность.

К наиболее значимым результатам коллектива следует отнести разработку эффективного и масштабируемого метода выделения из сока растения *Serratula coronata* 20-гидроксиэкдизона (ИНК РАН, патент РФ №2174397, Б.И. №28. 2001; патент РФ №2246966, Б.И. №6. 2005), перспективного для внедрения в промышленность.

Разработаны принципиально новые перспективные и стереоизбирательные подходы окислительных трансформаций 20-гидроксиэкдизона, протекающих в щелочных средах, в труднодоступные минорные экдистероиды-фитофаги для изучения эффектов сигналинга в аутофагии и апоптозе клеток в тканях насекомых, которые будут изучены в Институте физиологии и экологии растений (Institute of Plant Physiology and Ecology, г. Шанхай, КНР).

Предложен новый и эффективный подход для трансформации стероидного остова экдистероидов в брассиностероидный для направленного моделирования фитогормональной активности, основанный на каталитическом гидрировании 20-гидроксиэкдизона в щелочных условиях.

Впервые разработаны кислотно-катализируемые методы конденсации для синтеза гибридных молекул на основе сочетающих в своей структуре экдистероид и витамин-антиоксидант (Е или С). Установлено (Институт химии растительных веществ АН Узбекистана, г. Ташкент), что конъюгат 20-гидроксиэкдизона с аналогом витамина Е обладает более выраженными антиоксидантными свойствами в отличие от коммерческого витамина Е, а также обладает гепатопротекторными свойствами.

Исследования в области природных три-терпенов и их синтетических аналогов привели к разработке новой стратегии для избирательной доставки в митохондрии опухолевых клеток нативных цитотоксических агентов. Стратегия основана на химическом связывании апоптозиндуцирующих молекул с мембранопроникающими липофильными катионами. Получена большая группа трифенилфосфониевых производных терпеноидов лупанового и урсанового семейства, которые

проявили *in vitro* (MCF-7, карцинома Эрлиха) противоопухолевую активность в низких микромолярных концентрациях. При этом соединения были не токсичны в отношении здоровых клеток спленоцитов, что свидетельствует о приемлемой избирательности их цитотоксического действия.

Разработаны препаративно простые 3-стадийные синтезы ранее неизвестных гетероциклических производных дигидрохинопимаровой кислоты, представляющие интерес в качестве потенциальных противовоспалительных и противовирусных агентов.

Полученные результаты имеют хороший потенциал для практического применения.

В настоящее время новые соединения терпеноидной и стероидной структуры проходят испытания на биологическую активность в Институте биологии и генетики УНЦ РАН (г. Уфа), в Центре паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова (г. Москва), Институте химии растительных веществ АН Узбекистана (г. Ташкент) и в Институте физиологии и экологии растений (г. Шанхай, КНР).

Совместно с компанией ООО «Инновационные фармакологические разработки» (г. Томск) проводятся исследования по разработке нового противоопухолевого митохондриально нацеленного лекарственного средства на основе конъюгата бетулиновой кислоты с трифенилфосфониевым катионом. Совместный проект с ООО «Инновационные фармакологические разработки» «Разработка инновационного таргетного противоопухолевого лекарственного препарата, индуктора митохондриального пути апоптоза» вошел в число проектов-победителей в финале конкурса «ФармБиоМед-2015», Startup Village, Сколково в области разработки инновационных лекарственных препаратов и диагностических тестов 2015 г. Совместно со Швейцарским институтом тропиков и общественного здоровья (г. Базель) проводятся испытания трифенилфосфониевых производных бетулина и бетулиновой кислоты на антишистосомальную активность с целью разработки нового дешевого и нетоксичного лекарственного

средства для лечения опасного паразитарного заболевания – шистосомоза.

Научный коллектив лаборатории имеет высокую устойчивую научную репутацию и укомплектован высококвалифицированными специалистами. В коллективе трудятся 2 доктора наук и 15 кандидатов наук, в их числе 10 молодых ученых до 39 лет. Проходят обучение в аспирантуре 4 аспиранта. За период 2011-2015 гг. опубликовано 59 статей, в том числе статьи в высокорейтинговых зарубежных журналах *Steroids*, *Synthesis*, *Tetrahedron*, *Biomed. Chemistry*, *Helvetica Chem. Acta*, *Tetrahedron Lett.* Получено 8 грантов РФФИ и 7 стипендий Президента РФ для молодых ученых.

Первоклассные научные результаты получены в лаборатории химии углеводов, возглавляемой профессором Р.И. Хуснутдиновым и в лаборатории гетеоатомных соединений, возглавляемой профессором А.Г. Ибрагимовым. Коллективами этих двух лабораторий выполняется обширная программа оригинальных фундаментальных исследований по изучению мультикомпонентных и сопряженных реакций с участием малых молекул и атомов: воды, спиртов, галогенметанов, сероводорода, аммиака, аминов, формальдегида, альдегидов, кетонов и тиолов под действием металлокомплексных катализаторов.

Основная идея использования металлокомплексных катализаторов в мультикомпонентных реакциях с участием малых молекул H_2O , ROH , CX_4 , H_2S , NH_3 , CH_2O , $RCHO$, R_2CO , RNH_2 , R_2NH и RSH заключается в возможности каталитической активации последних с одновременным превращением в одну препаративную стадию в практически важные классы азот-, серо- и кислородсодержащих гетероциклов: в дитиазинаны, дитиазепинаны, дитиазоцинаны, дитиазоканы, тиadiaзинаны, дитиадиазациклооктаны и уникальные макроциклы. Сопряженные реакции, направленные на разработку оригинальных методов селективной функционализации различных классов органических соединений – алканов, циклоалканов, аренов и гетероциклов, проводятся с использованием нового

подхода, суть которого заключается в каталитическом генерировании высокорекреационных молекул: Cl_2 , Br_2 , HOCl , HOBr , ROCl , ROBr *in situ* из галогенметанов, воды и спиртов.

Полученные основные научные результаты являются развитием исследований научного коллектива в составе двух лабораторий в области мультикомпонентных и сопряженных реакций. Результаты соответствуют мировому уровню и свидетельствуют о большом потенциале и перспективности указанного направления для разработки новых реакций и новых методов, которые могут стать основой для разработки современных конкурентоспособных технологий получения полезных веществ и материалов из возобновляемого и доступного сырья.

Разработаны общие эффективные однореакторные методы синтеза азот-, кислород- и серосодержащих гетеро- и макрогетероциклов различной структуры с использованием разработанных авторами новых реакций циклотиметилирования, циклоаминотиметилирования, рециклизации, транс-аминирования, мультикомпонентной гетероциклизации с участием алифатических и ароматических аминов, α,ω -диаминов, аминокислот и их производных, гидразина и арилгидразинов, (тио)амидов, гидразидов карбоновых кислот в присутствии катализаторов на основе d- и f-элементов.

На основе разработанных методов синтезированы дитиазинаны, дитиазепинаны, дитиазоцинаны, дитиазоканы, тиадизинаны, дитиадизаацетиллоктаны, уникальные макроциклы, представляющие большой практический интерес в качестве перспективных комплексообразователей, ионофоров, сорбентов для извлечения, разделения и очистки благородных и редких металлов, гербицидов, фунгицидов, противогрибковых препаратов, а также полифункциональных лигандов в гомогенно-каталитических реакциях.

Разработаны новые безопасные, эффективные методы окисления алканов, циклоалканов, адамантана, диаманта и их производных, спиртов и диолов с получением практически важных спиртов, кетонов, кис-

лот и лактонов на основе сопряженных реакций, основанных на генерировании *in situ* высокоактивных окислителей – гипохлористой (HOCl) и гипобромистой (HOBr) кислот, алкилгипохлоритов (ROCl) и алкилгипобромитов (ROBr) из нейтральных соединений: воды, спиртов и галогенметанов под действием Fe-, Mn-, Mo- и V-содержащих металлокомплексных катализаторов.

С использованием сопряженных реакций разработаны общие селективные одnoreакторные методы галоидирования, ацилирования, карбоксилирования, цианирования циклоалканов, адамантана, диаманта и их галоген- и гидроксипроизводных, олефинов, азот-, кислород- и серосодержащих гетероциклов без применения токсичных реагентов.

Разработаны новые «одnoreакторные» общие методы синтеза хинолина и его производных, основанные на сопряженных реакциях анилинов со спиртами 1,2- и 1,3-диолами под действием железосодержащих металлокомплексных катализаторов с генерированием альдегидов, необходимых для формирования хинолинового цикла окислением спиртов, диолов с помощью четыреххлористого углерода.

Новизна и оригинальность полученных по данному научному направлению результатов подтверждается получением 46 патентов РФ и 30 положительных решений по заявкам на патент. Результаты отражены в 28 статьях, опубликованных в научных журналах РФ, из них 10 – в высокорейтинговых международных изданиях. Разработанные мультикомпонентные сопряженные реакции и методы открывают перспективы для развития препаративной органической химии и создания на их основе конкурентоспособных химических технологий получения широкого ассортимента полезных веществ и материалов: высокоселективных адсорбентов и экстрагентов, препаратов для сельского хозяйства (гербициды и фунгициды) и противовирусных лекарственных средств.

Научный коллектив в составе двух лабораторий, выполняющий исследования в области мультикомпонентных и сопряженных

реакций, укомплектован высококвалифицированными специалистами. В составе коллектива 3 доктора химических наук, 10 кандидатов химических наук. В выполнении исследований принимали участие 6 аспирантов. Коллектив активно публикуется. За период с 2010 по 2014 год опубликовано 168 статей, из них 17 – в высокорейтинговых международных журналах. Получено 160 патентов РФ. Выполнено 9 грантов РФФИ. В 2014 г. наряду с выполнением государственного задания ученые научного коллектива выполнили исследования по 4 грантам РФФИ.

Особенно трудно на новом месте пришлось физико-химикам из-за отсутствия необходимого сложного спектрального оборудования. За короткий период в лаборатории под руководством профессора Р.Г. Булгакова была создана экспериментальная база для проведения спектральных работ на высоком научном уровне, включающая многоцелевые установки для измерения кинетики и спектров хемилюминесценции, установку для снятия спектров фотолюминесценции при разных температурах, а также уникальная установка для исследования эффектов плазмы, возникающей при взрыве металлических проводников в конденсированной среде, с регистрацией люминесценции, звука и пульсаций неоднородностей жидкости, а также для синтеза производных фуллеренов и металлоорганических соединений взрывным методом. Творческий потенциал лаборатории физико-химических проблем определяют работающие здесь 3 доктора химических наук (д.х.н., профессор Р.Г. Булгаков, д.х.н., профессор Г.Л. Шарипов, д.х.н., профессор Р.М. Султанов) 5 кандидатов наук, 5 соискателей и аспирантов.

Еще в период работы в ИОХ УНЦ РАН Р.Г. Булгаковым было выявлено новое общее свойство металлоорганических соединений – способность вступать в редокс-реакции с образованием электронно-возбужденных состояний, излучающих в диапазоне УФ- и ИК-спектров. Обнаружена целая группа новых светоизлучающих реакций органических соединений металлов – представителей всех

групп периодической таблицы Менделеева – с разнообразными окислителями и предложена классификация для этих реакций. На основе данных исследований в новом институте были созданы и успешно развиваются оригинальные физико-химические направления: исследование механизма реакций с участием электронно-возбужденных состояний фуллеренов, металлоорганических соединений, лантанидов и свободных радикалов люминесцентными методами; изучение механизма генерации возбужденных и невозбужденных продуктов при взрыве металлических проводников в конденсированной фазе, что представляет перспективу для создания новых материалов, обладающих ценными оптическими свойствами; разработка сверхчувствительных люминесцентных методов анализа и контроля промышленных процессов. При этом обнаружены и изучены механизмы световых химических редокс-реакций с участием фуллеренов при окислении C_{60} -фуллерена озоном и другими окислителями. Разработан новый люминесцентный подход к изучению каталитической полимеризации диенов на лантанид-алюминийорганических композициях и впервые получены прямые экспериментальные доказательства образования лантанид-углеродной связи как главного элемента каталитически активных центров полимеризации. С применением люминесцентного метода показано, что при синтезе лантанидного компонента катализатора полимеризации диенов образование радикала является важной стадией.

Характер коренных перемен, произошедших в Институте, хорошо прослеживается на примере лаборатории приготовления катализаторов, возглавляемой доктором химических наук, профессором Б.И. Кутеповым. Сотрудники этой лаборатории в короткий срок сумели существенно перестроить свою работу в соответствии с новыми требованиями. В настоящее время благодаря их усилиям институт является одним из немногих научных центров Российской Федерации, в котором проводятся фундаментальные и прикладные исследования в области синтеза, изучения

свойств и применения цеолитных катализаторов в промышленно важных процессах химии, нефтехимии и нефтепереработки.

В результате выполненных в ИНК РАН фундаментальных и прикладных исследований предложен новый подход к синтезу гранулированных цеолитсодержащих катализаторов и адсорбентов. В полученных кристаллических алюмосиликатах с иерархической пористой структурой концентрация адсорбционных и каталитически активных центров выше, а их гранулы значительно прочнее, чем в традиционных каталитических и адсорбционных системах, в которых цеолит гранулирован со связующим материалом. В результате реализации этого оригинального подхода разработаны отечественные цеолитные катализаторы для процессов жидкофазного алкилирования бензола этиленом и диспропорционирования диэтилбензолов и бензола в этилбензол, синтеза практически важных олигомеров ароматических, циклических и линейных α -олефинов, используемых в качестве высококачественных компонентов низкотемпературных масел, смазок, топлив и теплоносителей. Кроме того, разработаны цеолитные адсорбенты для промышленных процессов осушки и очистки от сернистых соединений природного и попутного газов. Новые катализаторы и сорбенты более эффективны, чем известные в мире аналоги.

Ряд разработанных методов и технологий приготовления цеолитных катализаторов прошли успешную апробацию в опытно-промышленном и промышленном масштабе в ООО «Ишимбайский специализированный химический завод катализаторов».

В последнее время был разработан бескаталитический способ золь-гель синтеза мезопористых каталитически активных металлосиликатов с использованием тетраэтилортосиликата или его олигомерных эфиров и водно-спиртового раствора нитрата алюминия. Способ позволяет синтезировать мезопористые материалы с весьма узким распределением пор, однородной структурой и высокой кислотностью поверхности. Показано, что синтезированные алюмосиликаты являются

эффективными катализаторами кислотно-основного типа, перспективными для применения в таких промышленно значимых реакциях, как олигомеризация различных олефинов и алкилирование фенолов олефинами. Впервые синтезированы эффективные цеолитсодержащие каталитические системы для селективного синтеза пиридина и его метилпроизводных – важных промежуточных соединений при производстве фармацевтических препаратов, гербицидов, ингибиторов коррозии металлов, ускорителей вулканизации каучука.

В научном коллективе, выполняющем исследования в рамках упомянутого выше направления, трудятся 10 научных сотрудников и 5 аспирантов, в том числе 2 доктора химических наук, 6 кандидатов наук, из них 9 молодых ученых до 39 лет. За период 2011–2015 гг. членами коллектива был получен 1 грант РФФИ, 1 стипендия Президента РФ и 2 стипендии Правительства Российской Федерации для поддержки молодых ученых, выполняющих исследования по приоритетным направлениям исследований в области науки и техники. Защищены 2 кандидатские диссертации.

Коллектив активно сотрудничает в рамках хозяйственных договоров с ОАО «ГазпромНефтехимСалават» (г. Салават), ОАО «Синтез-Каучук» (г. Стерлитамак), ООО «Ишимбайский специализированный химический завод катализаторов» с целью создания и внедрения на основе цеолитов высокоэффективных отечественных катализаторов для процесса получения этилбензола и стирола, а также нового поколения цеолитных адсорбентов для осушки и очистки природного и попутного газа. Кроме того, коллектив участвует в международном сотрудничестве в рамках контракта с японской химической компанией «Union Showa K.K.».

В заключение хочется отметить, что большинство ведущих сотрудников во главе с директором института в свое время сделали правильный выбор, не испугались трудностей, и не только сумели выстоять в столь сложное для науки время, но и создать под-

линно творческий коллектив единомышленников, плодотворно работающих на благо и процветание науки и своего Отечества. В последние несколько лет заметные изменения произошли в структуре Российской академии наук. В соответствии с решениями Правительства РФ реформируется система функционирования и руководства академическими учреждениями, которые перешли в подчинение Федерального агентства научных организаций (ФАНО России). В этой ситуации ИНК РАН стал одним из инициаторов реформирования Уфимского научного центра РАН. Центр создается при поддержке руководства ФАНО и Правительства РБ. Организационными мероприятиями по созданию центра руководит

Председатель Президиума УНЦ РАН директор ИНК РАН У.М. Джемилев. Сформирована и одобрена Правительством РБ структура создаваемого центра, в котором ИНК РАН займет достойное место.

Подлинно творческая атмосфера, царящая в институте, хорошая оснащенность парком современного научного оборудования, укомплектованность молодыми талантливыми кадрами высшей квалификации, комфортные условия работы, тесное и плодотворное сотрудничество с российскими и зарубежными научными центрами и предприятиями позволяет коллективу Института нефтехимии и катализа РАН проводить исследования на мировом уровне.

