

## ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

### ИНСТИТУТУ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ИМ. А. Н. НЕСМЕЯНОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК 50 ЛЕТ

Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН) – один из ведущих химических институтов Российской академии наук – отмечает в этом году свой 50-летний юбилей. Институт был создан в 1954 г. на базе Института органической химии им. Н. Д. Зелинского.

Огромный вклад в создание и развитие ИНЭОС внес выдающийся ученый, руководивший институтом в течение 26 лет, Президент Академии наук СССР (1951–1961) академик А. Н. Несмеянов, создавший новейшую элементоорганическую химию как самостоятельную научную дисциплину, связывающую органическую, координационную и неорганическую химию. В 1980 г. институту было присвоено имя А. Н. Несмеянова. После него институтом руководили академики А. В. Фокин (1980–1988) и М. Е. Вольпин (1989–1996). С 1996 г. директором института является академик Ю. Н. Бубнов.

Мировая известность Института связана с именами выдающихся ученых, инициировавших новые направления в органической, элементоорганической, полимерной, физической химии и физике, таких, как академики К. А. Андрианов, М. Е. Вольпин, М. И. Кабачник, И. Л. Кнунянц, В. В. Коршак, И. В. Обреимов, С. Р. Рафиков, О. А. Реутов, А. В. Фокин, члены-корреспонденты Академии наук Д. Н. Курсанов, Ю. Т. Стручков, Р. Х. Фрейдлина. В ИНЭОС работали известные профессора В. Т. Алксанян, Н. Ф. Анисимов, В. М. Беликов, Д. А. Бочвар, Н. Н. Бубнов, Н. И. Гельман, Л. С. Герман, А. А. Жданов, Л. И. Захаркин, А. И. Китайгородский, А. Ф. Коломиец, А. М. Сладков, В. А. Сергеев, В. Н. Сеткина, М. И. Рыбинская, Д. Я. Цванкин и др.

ИНЭОС является одним из ведущих научных центров в области элементоорганической и полимерной химии. В нем сложились и успешно развиваются следующие основные научные направления:

- разработка новых методов синтеза элементоорганических соединений и их применение в органическом синтезе и катализе;
- фундаментальные исследования в области элементоорганической и органической химии, включая изучение новых структур, химической активности и кинетики;
- создание новых методов каталитического асимметрического синтеза;

- получение биологически активных соединений широкого спектра действия для использования в медицине и сельском хозяйстве;
- исследование фундаментальных проблем синтеза, структуры и свойств полимеров и композитов, различных элементо- и металлоорганических полимеров и методов введения металлоорганических и металлических фрагментов в полимерную матрицу;
- изучение новых экспериментальных подходов к анализу органических и элементоорганических соединений.

В ИНЭОС предсказаны и синтезированы новые структуры и классы элементоорганических соединений, сделан ряд открытий, получивших международное признание. Здесь получены карбораны – каркасные соединения бора (Л. И. Захаркин, 1963 г.), а затем и их многочисленные производные. Открыта и исследована третья форма углерода – карбин (В. В. Коршак, А. М. Сладков с сотр., 1971 г.) – с кумулированными и сопряженными связями. Четвертая форма углерода – фуллерен  $C_{60}$  – была предсказана теоретиками института (Д. А. Бочвар и Е. Г. Гальперн, 1973 г.), что нашло блестящее подтверждение в последующих экспериментах зарубежных ученых в 1985 г. Мировую известность получили работы по химической фиксации молекулярного азота (М. Е. Вольпин и В. Б. Шур, 1967 г.) и других малых молекул в мягких условиях. В 1973 г. обнаружено явление 1,2-перегруппировки полигалооидалифатических радикалов в жидкой фазе (А. Н. Несмеянов, Р. Х. Фрейдлина с сотр.); в 1966 г. открыто электрофильное ионное гидрирование, которое позволяет восстанавливать алкены, карбонильные соединения и гетероароматические соединения, включая тиофены (Д. Н. Курсанов и З. Н. Парнес с сотр.); в 1992 г. получен диплом на открытие "Свойство ахиральных молекулярных структур участвовать в распознавании энантиомеров" (В. А. Даванков, С. В. Рогожин с сотр.), что привело к появлению лигандно-обменной хроматографии. Наконец, в 1998 г. зарегистрировано открытие на "Явление циклической миграции неспаренного электрона через поливалентные атомы непереходных элементов" (М. И. Кабачник с сотр.).

С именем Института тесно связано понятие "искусственная пища", в том числе "искусственная икра", на примере разработки которой группой сотрудников под руководством С. В. Рогожина и Г. Л. Слонимского была осуществлена идея А. Н. Несмеянова о применении прогрессивных методов химической технологии для включения нерационально используемых природных белков в сферу питания человека. Были разработаны многие процессы и созданы материалы как технического, так и биомедицинского назначения с использованием изобретений института – ферроцерон, ВИК и ПОРК, перфторан, фторазол, флороксан, аман, лоэран, циакрин, карбин, витлан, блоксил, ВИНА-ЛАН, этилан, стирсорб, а также созданные в последние годы карбилан, пороколл, бупранал, интерцид.

В настоящее время ИНЭОС представляет собой крупный исследовательский центр, в котором трудятся 760 человек, включая 558 научных сотрудников, в том числе 2 академика, 4 члена-корреспондента, 78 докто-

ров и 262 кандидата наук. Структура института включает 58 научных лабораторий и исследовательских групп. По результатам научных исследований последних пяти лет опубликовано около 2000 научных статей и 13 монографий. За эти годы были заключены взаимовыгодные контракты с более чем 150 университетами, институтами и промышленными центрами в России и за рубежом. За последние 20 лет институт принял участие в организации более 100 конференций, симпозиумов и семинаров.

За большие успехи в 1967 г. ИНЭОС награжден орденом Ленина. Сотрудники института награждены 8 Ленинскими премиями, 30 Государственными премиями, Премией Правительства РФ в области науки и техники; 4 сотрудника института удостоены звания Героя Социалистического труда, 9 человек имеют почетное звание Заслуженный деятель науки РФ и один – Заслуженный изобретатель РСФСР.

Одной из важнейших задач Института, направленных в будущее, является подготовка молодых специалистов высокой квалификации, обладающих глубокими знаниями и владеющих всем арсеналом современных методов исследования, что возможно только путем интеграции образовательного процесса и фундаментальных научных исследований с привлечением научного потенциала и технического оснащения институтов РАН. Для решения этой задачи в области элементоорганической химии, физико-химии полимеров, химии биологически активных соединений и биомедицинской химии в ИНЭОС было создано 6 учебно-научных центров, которые сейчас преобразованы в Научно-образовательный центр РАН ИНЭОС-факультет. В состав Центра входят отдел подготовки научных кадров ИНЭОС (аспирантура) и базовые кафедры: *Металлоорганическая химия* совместно с химическим факультетом МГУ им. М. В. Ломоносова, *Биомедицинская химия* и *Кремнийорганические и неорганические полимеры* совместно с РХТУ им. Д. И. Менделеева, *Физиологически активные вещества* совместно с МГАТХТ им. М. В. Ломоносова, *Физическая химия полимеров* совместно с физическим факультетом МГУ и *Физические методы исследования в химии* совместно с Высшим химическим колледжем РАН. Общее число студентов, получивших специальное высшее образование в Научно-образовательном центре ИНЭОС РАН, превышает 2000 человек. В чтении лекций и проведении семинарских и практических занятий со студентами принимают участие более 80 научных сотрудников ИНЭОС.

С самого начала в деятельности ИНЭОС было предусмотрено органичное сочетание синтетических и теоретических исследований в области элементоорганической и полимерной химии со всеми необходимыми физическими и физико-химическими исследованиями, поэтому многие лаборатории ИНЭОС строят свою научную деятельность на стыке нескольких ветвей химии и физики. Это, по образному выражению А. Н. Несмеянова, определяет "точки роста" современного научно-технического прогресса. Кроме традиционных, проверенных

временем пограничных научных дисциплин (к которым относится и сама химия элементоорганических соединений) накопленный ценный опыт вызвал к жизни ряд новых научных направлений, характер которых определяется уникальным сочетанием знаний в области органической,

элементоорганической, координационной, физической химии и химии высокомолекулярных соединений и природных биологически активных веществ.

Так, на стыке органической, металлоорганической и координационной химии появилось новое направление – химия органических соединений переходных металлов,  $\pi$ -комплексов металлов и кластеров. Уникальные свойства этих соединений позволили создать новые металлоорганические катализаторы, разработать процессы активации малых молекул, включая азот, оксиды углерода, углеводороды и др. Сочетание органической и элементоорганической химии с современными экспериментальными и теоретическими методами физической химии привело к развитию исследований реакционной способности и получению принципиально новых данных в области структурной химии и молекулярной динамики элементоорганических соединений.

Связь между элементоорганической химией, биохимией, фармакологией и токсикологией позволила раскрыть секреты механизмов, ответственных за действие фосфорорганических соединений на биологические структуры и живые организмы. Значительный прогресс достигнут в области новых противораковых препаратов селективного действия и физиологически активных элементоорганических, в том числе фторсодержащих соединений. Синтезирован ряд функциональных производных *клозо*-додекаборатного аниона, получены оптически активные аминокарбораны и производные на их основе, которые представляют большой интерес для использования в схеме боронейтронозахватной терапии рака, осуществлен стереоселективный синтез ферроценилалкилазолов, проявляющих противоопухолевый эффект.

Большие успехи достигнуты в области гетероциклических соединений. Найден оригинальный способ получения би- и трициклических гетероциклов с мостиковым атомом азота, содержащих фрагмент азиридина, основанный на восстановительном аллилировании 3,5-дибромпиридина и 4-бромизохинолина, реакциями метатезиса с замыканием цикла, катализируемыми рутениевыми карбениевыми комплексами, получены серии производных циклических  $\alpha$ -полифторметил- $\alpha$ -иминокислот с пяти-, шести- и семичленным циклом. На основе производных пиридина, пролина и хиральных аминов созданы новые катализаторы с хиральными центрами в аминных фрагментах и/или с хиральным атомом фосфора и новые субстраты целого ряда асимметрических реакций: межфазного алкилирования СН-кислот, аллильного сульфонилирования, аминирования и алкилирования, позволяющие достигнуть рекордных величин химического и энантиомерного выхода. Синтезированы уникальные оптически активные палладиевые комплексы фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$  с двумя аксиально хиральными дифосфиновыми лигандами ряда дитиенила, являющиеся эффективными катализаторами гомогенного энантиоселективного гидрирования. Разработаны оригинальные методы конструирования

азабипциклодекадиенов и азаспироалкенов, основанные на двух последовательных процессах: восстановительном аллилборировании пиридинов, изохинолинов и лактамов, приводящем к диаллилированным азотным гетероциклам, и внутримолекулярном метатезисе, катализируемом руте-

ниевым катализатором типа Граббса. Полученные би- и трициклические системы представляют собой основной структурный элемент ряда важных алкалоидов (цитизина и др.). Для ряда новых пиридазино[4,3-*b*]индолов найдена связь между высокой противотуберкулезной активностью, ингибирующим действием на монооксидазы и *орто*-эффектом 4-арильного заместителя.

Работы на стыке органической и неорганической химии, исследование процессов образования полимеров, а также связи структура–свойства привели к развитию химии полимеров с элементоорганическими и неорганическими цепями молекул и открыли пути к новым классам линейных, билинейных и сетчатых полимеров и дендримеров. На основе этих полимеров разработаны материалы с высокими термическими, каталитическими, сорбционными и электрофизическими характеристиками, конструкционные пластики, термостабильные композиты и адгезивы, мембраны и полимеры для электроники и медицины. Исследования в области элементоорганической и органической химии включают изучение новых структур, химической активности и кинетики, исследование металлоорганических и координационных комплексов с  $\sigma$ -,  $\pi$ - и  $n$ -связями, разработку новых методов синтеза элементоорганических соединений с полиэдральными заместителями (карбораны, фуллерены), полипалубных соединений, кластеров, анти-краунов, а также изучение их геометрии, электронной структуры и химического поведения (стереохимия, таутомерия, молекулярная динамика) современными экспериментальными и расчетными методами. Важная роль отводится применению металлоорганических соединений в асимметрическом синтезе и катализе. В ряде лабораторий успешно занимаются получением биологически активных соединений широкого спектра действия для использования в медицине и сельском хозяйстве.

Проводится широкое исследование фундаментальных проблем синтеза, структуры и свойств полимеров и композитов, совершенствование методов получения мономеров и полимеров, осуществляется компьютерный дизайн макромолекул. Важная роль отводится синтезу ароматических и гетероциклических полимеров, включая полисопряженные, сверхжесткие и сетчатые полимеры, изучению их физических и физико-химических свойств и исследованию элементо- и металлоорганических полимеров и методов введения металлоорганических и металлических фрагментов в полимерную матрицу. Широко исследуются наноструктуры в полимерах и синтез наночастиц различной природы с использованием полимерных систем, жидкокристаллические полимеры и их свойства, проводится изучение свойств полиэлектролитов, исследование процессов модификации полимеров, включая модификацию поверхности термических и фотохимических превращений в органических и элементоорганических полимерах.

Среди интересных результатов исследований, выполненных сотрудниками института, можно отметить синтез многопалубных сэндвичевых металлоценов, получение новых классов  $\delta$ -,  $\pi$ - и смешанных комплексов металлов с олефиновыми, ацетиленовыми, винилиденовыми, кумуленовыми лигандами, новых типов кластеров, азольных комплексов и др.

Развивается химия циклопентадиенилкарбонильных соединений переходных металлов, наиболее известным из которых является цимантрен – эффективный антидетонатор. В современном органическом синтезе широко применяются производные алюминия, олова, бора, фтора, фосфора и др., получение которых также разработано в ИНЭОС. Получены первые примеры комплексов анти-краунов, содержащих три атома ртути в макроцикле, со сложным комплексным гексацианоферрат-анионом, что расширяет границы потенциального практического применения этих необычных краун-соединений.

На основе металлоценов синтезированы хелатные комплексы родия, иридия и платины нового поколения, содержащие тридентатные P,C,P-лиганды, которые могут найти применение в производстве важнейшего сырья для нефтехимии и экологически безупречного энергоносителя – водорода – и в топливных элементах.

В Институте много внимания уделяется медицинским, экологическим, конверсионным и другим практическим вопросам. На основе полиакриловой кислоты и гидроксиапатита созданы оригинальные биосовместимые полимер-минеральные имплантаты для челюстно-лицевой хирургии ("искусственная кость"). Разработан экологически чистый метод синтеза и модификации полимеров в сверхкритических средах. Методом мицеллярной полимеризации в водной среде синтезированы самоассоциирующие гидрофобно-модифицированные тройные сополимеры (терполимеры). Проведенные исследования создают возможность целенаправленного регулирования свойств гелей в зависимости от поставленных практических задач, в первую очередь для интенсификации добычи нефти. Получены образцы углеродсодержащих шовных мононитей (нитей витлан), оснащенных атравматическими иглами, которые по медико-биологическим показателям превосходят нити, используемые в хирургической практике. Радиационной матричной газофазной сополимеризацией на вытянутых полиамидных пленках получены полимерные полупроводники принципиально новой структуры с высокой электропроводностью. Новые материалы могут найти применение в различных областях, в частности для создания дешевых солнечных батарей больших размеров. Установлено активирующее влияние новых реакционных сред – полученных на основе имидазола экологически безопасных ионных жидкостей – на процессы образования полимеров.

Разработаны методы получения дешевых и эффективных бидентатных экстрагентов и сорбентов трансурановых элементов – метилкарбамоил-метилфосфиновых кислот и их производных. Получены более эффективные по сравнению с трифторбромметаном, запрещенным к производству Монреальским протоколом, пламегасители ряда фосфитов, фосфатов и

фосфонатов на основе низших первичных алканолов и полифторалканолов. Найдены катализаторы полициклотримеризации диизоцианатов, выполняющие одновременно функцию красителей. Это позволяет в процессе синтеза получать окрашенные градиентные полимерные материалы, готовые к практическому использованию. Продолжаются разработка и поставка усовершенствованной цианакрилатной композиции для изделий

электронной техники. Разработан метод синтеза на основе 2,4,6-тринитротолуола мономера, полимеризация которого с диангидами ароматических тетракарбоновых кислот дает органорастворимые пленкообразующие полиимиды, сочетающие высокие термические и механические характеристики с низкой диэлектрической проницаемостью, что определяет возможность их использования в качестве межслойных изоляторов для мультиинтегральных схем. Совместно с КБ им. С. А. Лавочкина созданы полимерные покрытия для узлов трения, способные работать в открытом космосе и обеспечивать продолжительную работоспособность космических объектов и аппаратов.

Более подробную информацию об институте и его сотрудниках можно получить на вебсайте института (<http://www.ineos.ac.ru>).

**Академик Ю. Н. Бубнов,  
директор ИНЭОС РАН  
Докт. хим. наук К. А. Кочетков,  
зам. директора ИНЭОС РАН**

*Редакция журнала рада приветствовать коллектив ИНЭОС в дни его славного юбилея. Желаем новых блестящих идей, выдающихся достижений и в науке, и во внедрении разработок в практику.*

*Мы надеемся на дальнейшее развитие нашего плодотворного сотрудничества.*