

# ХИМИЮ – В ЖИЗНЬ!

**Фундаментальные и прикладные исследования, проводимые в Институте металлоорганической химии имени Г.А. Разуваева Российской академии наук, направлены на решение актуальных задач Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, в том числе задач, связанных с созданием новых веществ и материалов для различных отраслей экономики. За 35 лет, прошедших со дня основания института, его учеными достигнуты результаты мирового уровня в перспективных областях современной химии**

**35**-летие создания Института металлоорганической химии (ИМХ РАН) отмечалось в ноябре 2023 г. одновременно с празднованием 60-летия Лаборатории стабилизации полимеров АН СССР – первого в нашем городе академического учреждения, предтечи ИМХ РАН.

– Обе круглые даты стали поводом вспомнить все славные трудовые вехи, которые прошли Лаборатория стабилизации полимеров АН СССР и Институт металлоорганической химии РАН за эти годы, – рассказывает директор ИМХ им. Г.А. Разуваева РАН Игорь Леонидович Федюшкин. – Лаборатория стабилизации полимеров была организована в Горьком в 1963 году по инициативе член-корреспондента АН СССР Григория Алексеевича Разуваева с целью проведения исследований в области органической, металлоорганической и полимерной химии и научного сопровождения деятельности химических производств Дзержинска, столицы советской химии. Разуваев был ученым-энциклопедистом, прекрасно знал органическую химию и химию радикалов. Их часто используют для инициирования процессов полимеризации при производстве полимеров. Через пять лет вышло постановление Совета Министров СССР о преобразовании этой лаборатории в Институт химии АН СССР. Директором нового академического института был назначен академик Григорий Алексеевич Разуваев, возглавлявший ранее лабораторию, а его заместителем – доктор химических наук

Николай Сергеевич Вязанкин. С 1973 года институт расположился в зданиях на улице Тропинина.

В Институте химии АН СССР функционировали два научных подразделения: отдел металлоорганической химии под руководством Григория Алексеевича Разуваева и отдел химии высокочистых веществ под руководством академика Григория Григорьевича Девятых. Обе структуры существовали достаточно автономно, их тематики не пересекались, и в 1988 году в соответствии с постановлением Президиума АН СССР Институт химии был разделен на Институт металлоорганической химии АН СССР и Институт химии высокочистых веществ АН СССР. Директором ИМХ АН СССР стал член-корреспондент АН СССР Глеб Арсентьевич Абакумов, его заместителем – доктор химических наук Георгий Алексеевич Домрачев. Одним из первых приказов Абакумова был приказ о назначении ученым секретарем ИМХ РАН кандидата химических наук Клары Геннадьевны Шальновой, которая и по сей день работает в этой должности. В 1995 году институту было присвоено имя Григория Алексеевича Разуваева. В 2000 году Глеб Арсентьевич Абакумов был избран академиком РАН.

Отмечу, что 35-летняя история ИМХ РАН была наполнена как радостями научных открытий, так и сложностями в преодолении финансовых и административных проблем. Самым тяжелым периодом были 1990-е



▲ Директор ИМХ им. Г.А. Разуваева РАН Игорь Леонидович Федюшкин



▲ Здание ИМХ РАН на ул. Тропинина

► Слева направо:  
заместитель  
директора  
ИХ АН СССР, д.х.н.  
Николай Сергеевич  
Вязанкин  
и академик  
АН СССР  
Григорий  
Алексеевич  
Разуваев  
  
Академик  
Глеб Арсентьевич  
Абакумов



годы, когда сокращение штата, скучное финансирование и отсутствие оборудования, реактивов и расходных материалов ставили институт на грань выживания. Отрадно, что трудности сплотили коллектив, и институт не остановил свое развитие. При этом, даже в самые сложные моменты его руководство заботилось о создании в коллективе благоприятной рабочей обстановки. Сейчас в ИМХ РАН работает 97 научных сотрудников, из них 70 кандидатов и 17 докторов наук, в их числе один академик и один член-корреспондент РАН.

Важно, что наш институт в рамках инициативы Российского фонда фундаментальных исследований одним из первых в стране организовал Центр коллективного пользования — «Аналитический центр ИМХ РАН». Работа нашего ЦКП весьма успешна. Ранее его возглавлял член-корреспондент РАН Владимир Кузьмич Черкасов, в настоящее время — доктор химических наук, профессор РАН Александр Владимирович Пискунов. Огромный вклад в деятельность ЦКП вносит доктор химических наук Ольга Владимировна Кузнецова. В последние три года наш Центр выиграл два конкурса на получение финансирования для обновления приборного парка института на общую сумму свыше 164 миллионов рублей. В институте создан также научно-образовательный центр, включающий в себя аспирантуру и филиал кафедры органической химии Университета Лобачевского. Кроме того, ИМХ РАН является участником Нижегородского научно-образовательного центра мирового уровня «Техноплатформа 2035», руководство которого оказывает нам большую помощь. Так, два года назад в ИМХ РАН при поддержке Нижегородского НОЦ создана молодежная лаборатория для разработки химических процессов получения ценных органических

веществ из растительного сырья. Ее заведующим стал кандидат химических наук Александр Геннадьевич Морозов.

В наши дни функции и полномочия учредителя ИМХ РАН выполняет Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. По итогам оценки результатов деятельности научных организаций, проведенной Министерством в 2021 году, ИМХ РАН включен в перечень ведущих организаций, отнесенных к первой категории, из числа научных и образовательных организаций высшего образования, подведомственных федеральным органам исполнительной власти. Работая творчески, с полной отдачей и сохраняя давние традиции, коллектив института открывает новые профессиональные горизонты и внедряет уникальные технологии и новаторские идеи. Такой подход в полной мере отвечает интересам российской науки, при этом неотъемлемой частью наших исследований является их практическая направленность.

Поскольку история института неразрывно связана с историей Лаборатории стабилизации полимеров АН СССР, их юбилеи отмечались совместно. 22 ноября 2023 года в стенах Университета Лобачевского состоялось торжественное заседание Ученого совета ИМХ РАН, посвященное круглым датам, а 23 ноября юбилейные мероприятия продолжились в рамках конференции «Развитие металлоорганической и координационной химии в XXI веке». Приятно, что на празднование к нам приехали представители многих российских научных центров, что свидетельствует о признании наших достижений коллегами. Слова особой признательности в юбилейные дни были обращены к ветеранам ИМХ РАН, которые понимали важность становления и развития в нашей стране перспективных областей современной химии и заложили

▼ История  
ИМХ РАН  
неразрывно  
связана с  
историей  
Лаборатории  
стабилизации  
полимеров  
АН СССР, и их  
круглые даты  
отмечались  
совместно



► На празднование юбилеев ИМХ РАН и Лаборатории стабилизации полимеров АН СССР приехали представители многих российских научных центров, что свидетельствует о признании коллегами достижений нижегородских ученых

прочный фундамент будущих научных успехов. Молодым коллегам есть на кого равняться!

В настоящее время ИМХ РАН является признанным в России и за рубежом лидером в области фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области металлоорганической, органической, физической и координационной химии, а также химии высокомолекулярных соединений и органического материаловедения. Коллектив института успешно решает далеко нетривиальные задачи, поставленные перед ним государством и обусловленные современными вызовами, выполняя научные исследования по шести темам плана НИР.



◀ Коллектив  
ИМХ РАН  
выполняет  
научные  
исследования  
по шести темам  
плана НИР

**Высокореакционные комплексы на основе элементов главных подгрупп и редко-земельных металлов. Новые каталитические системы.**

**Редокс-активные лиганды в дизайне и синтез мультифункциональных металлокомплексов.**

**Фундаментальные и прикладные аспекты фотополимеризующихся систем. Создание материалов на их основе.**

**Органические, элементоорганические и координационные соединения — компоненты материалов для современных научемких технологий.**

**Рациональный дизайн, новые аспекты строения, физико-химических свойств и реакционной способности элементоорганических соединений.**

**Химическая трансформация растительного сырья в ценные органические соединения и новые материалы на их основе.**

— Основное направление фундаментальных исследований ИМХ РАН — это металлоорганические производные, то есть органические соединения, в молекулах которых существует связь атома металла с атомом (атомами) органической группы, — продолжает Игорь Федюшкин. — Одной из целей наших исследований является получение новых соединений, обладающих ранее неизвестными свойствами. Это могут быть новые состояния окисления атомов в молекулах, новые типы координации органических фрагментов металлами, новые типы химических связей, новые типы превращения органических молекул на металлоцентрах. Например, обнаружение нового состояния окисления химического элемента — это заметное событие в научном мире. По значимости его можно сравнить с открытием нового элемента таблицы Менделеева. Сейчас в ней 118 элементов. Когда будут открыты новые, никто сказать не может. Дело в том, что элементы, которые открыты в последние пару десятков лет, «живут» доли секунды, и говорить о практическом применении этих элементов и их соединений трудно. Все устойчивые состояния окисления элементов давно открыты — эти состояния или встречаются в природе, или относительно

легко получаются в лаборатории. Открытие новых неустойчивых состояний окисления элементов — это своего рода битва, в которой для успеха нужен и расчет, и силы, и удача. Несмотря на трудности, ученыe института занимаются этим направлением достаточно успешно.

Позволю себе небольшое отступление. Металлоорганическую химию иногда называют третьей химией наряду с неорганической и органической. Органическая химия — безграничая область знаний, а органические соединения — это вся живая природа. Американскому химику, дважды лауреату Нобелевской премии Лайнусу Полингу принадлежат слова, что «только химики по-настоящему понимают, как устроен этот мир». Полимеры, окружающие нас повсеместно, — тоже продукт органической химии. Если продукты органической химии вдруг исчезнут из нашей жизни, то мы окажемся без средств связи, без одежды (в лучшем случае останется льняная и шерстяная), без очков, в квартирах не будет обоев, натяжных потолков, опустеют домашние аптечки и так далее. Да и сам человек состоит из воды и, в основном, органических веществ.

Интересная область современной науки — фундаментальное материаловедение. Оно связано с появлением материалов, обладающих какими-то новыми свойствами, или проявлением в том или ином материале свойств, ранее не наблюдавшихся. Примеры этого — материалы, способные излучать цвет, или материалы, обладающие магнитным упорядочением. Все мы хорошо знаем обычные магниты, но магнитные материалы могут быть прозрачными или окрашенными кристаллами. Этотак называемые молекулярные магнетики. Металлоорганические соединения — перспективный класс химических веществ с точки зрения получения молекулярных магнетиков. В частности, такие соединения могут найти применение при записи и хранении больших объемов информации. В области медицинского материаловедения мы разработали полимерные материалы для регенеративной медицины, которые изучаем совместно с Приволжским исследовательским медицинским университетом Минздрава Российской Федерации.

Еще одно направление наших фундаментальных исследований — катализ. Он изобретен природой и реализуется во всех

живых системах. Природные катализаторы – это ферменты и энзимы, и они поражают своей эффективностью. На применении каталитических процессов основана большая часть фармацевтики, нефтепереработка, катализаторы используются в двигателях внутреннего сгорания для повышения их эффективности, при получении полимеров и многих других химических продуктов. Наши сотрудники разрабатывают новые катализаторы для реакций органического синтеза – и на основе непереходных металлов (алюминия, галлия, кальция, магния), и на основе редкоземельных металлов, и в этой области получены результаты мирового уровня. Любопытно, что три Нобелевские премии первого десятилетия XXI века были даны за открытия именно в области катализа.

Другое направление – исследование наноструктур. Сотрудники ИМХ РАН синтезируют наноразмерные гибридные материалы, способные упрочнить другие материалы, в том числе алюминиевые сплавы или kleевые композиции. Показано, что небольшая добавка гибридных наноматериалов увеличивает прочностные характеристики, например, алюминиевых сплавов на 200–300 процентов. При этом группой к.х.н. Анатолия Михайловича Объедкова разработан не имеющий в стране аналога метод получения гибридных наноматериалов на основе многостенных углеродных нанотрубок с использованием в качестве прекурсоров металлоорганических соединений.

По словам директора ИМХ РАН, большие успехи достигнуты в традиционном для института направлении – химии комплексов металлов со свободно-радикальными лигандами. Создателем этого направления является Глеб Арсентьевич Абакумов. Изучение этого класса координационных соединений привело к открытию фото(термо)механического эффекта на семихиноновых комплексах родия и кобальта; обнаружению феномена редокс-изомерии в комплексах переходных, непереходных и редкоземельных металлов с редокс-активными лигандами; созданию концепции «спин-меченных» лигандов, которая уже в течение нескольких десятилетий используется для изучения состава, структуры и динамики координационной сферы комплексов металлов в растворе методом электронного парамагнитного резонанса. Заметным достижением в химии металлов главных подгрупп является обнаружение подобия химических свойств систем «активный органический лиганд@непереходный металл» свойствам комплексов переходных металлов с «лигандами-эрителями». Практическое значение этих фундаментальных результатов состоит в разработке нового типа каталитических систем на основе доступных непереходных металлов. В настоящее время на основе доступных и нетоксичных ионов непереходных металлов разработаны промышленно применимые катализаторы получения полизифиров – биорезорбируемых полимеров, которые могут быть синтезированы с использованием растительного сырья – например, глюкозы.

ИМХ РАН является одним из мировых лидеров исследований в химии органических производных редкоземельных элементов. Созданный в институте д.х.н., профессора Михаила Николаевича Бочкирева активно работает в этом направлении. Исследования методов синтеза и строения молекулярных комплексов редкоземельных металлов стали основой для создания эффективных электролюминесцентных материалов. Установлено, что такие комплексы обладают высокой радиационной устойчивостью, превышающей стойкость неорганических материалов. В группе члена-корреспондента РАН Александра Анатольевича Трифонова на основе органических производных редкоземельных металлов разработаны катализаторы для функционализации ненасыщенных субстратов.

В группе д.х.н. Сергея Артуровича Чеснокова разработана технология получения пористых полимерных материалов, и одной из наиболее перспективных областей их применения является медицина. Такие материалы могут быть использованы в том числе для получения костных имплантатов-скаффолов. Под руководством д.т.н. Бориса Ивановича Петрова разработаны микроудобрения для внекорневой подкормки растений, которые позволяют существенно увеличить урожайность зерновых культур. Группой к.х.н. Ларисы Григорьевны Клапшиной получены обнадеживающие результаты по использованию порфиразиновых производных в качестве агентов фотодинамической терапии рака. Ученые этой группы занимаются также препаратами для терапии – нового подхода к созданию фармацевтических композиций, заключающегося в комплексном решении диагностических и терапевтических проблем путем создания препаратов, являющихся одновременно и средством диагностики, и терапевтическим агентом.

– Какие направления исследований будут приоритетны для ИМХ РАН в ближайшие годы? Все новое – хорошо забытое старое, – поясняет Игорь Леонидович. – Мы хотим вернуться к классическим металлоорганическим соединениям, которых у нас сейчас немного. Возврат к этому направлению диктует время. В связи с прекращением поставок импортного сырья отечественная микроэлектронная промышленность лишена возможности выпускать часть продукции, которую она выпускала ранее, и по инициативе Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, взявшегося за решение этой проблемы, создана рабочая группа по химическим веществам, в которую входит 12 секций, среди которых секция «Металлоорганические соединения», которую я возглавляю. Для производства микроэлектроники нужны высокочистые вещества, которые Россия раньше закупала, и задача участников нашей секции – научно-техническое обеспечение процесса налаживания производства отечественной металлоорганической продукции. В нашу секцию вошли представители предприятий, производящих микроэлектронику, представители институтов, в тематике которых

в той или иной степени присутствует металлоорганическая химия, в том числе, малотонажные производства. Работаем мы активно, и конкретика уже собрана. Мы сейчас знаем о потребностях российской промышленности в химических веществах, знаем, кто их производит, знаем вещества, которые у нас не производятся, и стараемся понять, кто их может производить. Эта прикладная работа займет, скорее всего, несколько лет. С другой стороны, через 5–10 лет в микроэлектронике наверняка появятся новые технологии, и они тоже окажутся в сфере нашего внимания. Но это не означает, что институт превратится в предприятие по производству металлоорганических соединений — мы будем разрабатывать новые технологии и новые вещества для микроэлектроники. Так, нами уже созданы органические фотоэлементы.

Подчеркну, что в институте накоплен большой опыт использования металлоорганических комплексов для получения различных покрытий. Эти исследования проводились под руководством члена-корреспондента РАН Георгия Алексеевича Домрачева. В 1972 году в издательстве «Наука» вышла книга «Металлоорганические соединения в электронике», соавторами которой были Григорий Алексеевич Разуваев, Георгий Алексеевич Домрачев и еще двое ученых. Исследования в области металлоорганических прекурсоров неорганических материалов для применения в электронике не прекращались в институте на протяжении всей его истории. Учитывая усилия государства по созданию отечественной электронной компонентной базы, вопрос об удовлетворении потребностей микроэлектронной промышленности в химических веществах особой чистоты, в том числе металлогорганических соединениях, весьма актуален. В связи с этим в институте планируется создание новой лаборатории, которая будет заниматься исследованиями металлоорганических соединений для микроэлектроники.

ИМХ РАН гордится своими научными школами, связанными с именами выдающихся ученых — академиков Г. А. Разуваева, Г. А. Абакумова, И. Л. Федюшкина, членов-корреспондентов РАН Г. А. Домрачева, В. К. Черкасова, А. А. Трифонова, докторов химических наук Н. С. Вязанкина, М. Н. Бочкарёва и А. В. Пискунова. Исследования сотрудников отмечены Ленинской премией, Государственными премиями СССР в области науки и техники, именными медалями, премиями РАН и другими наградами. Троє сотрудников стали лауреатами стипендии имени Гумбольдта (Германия), один сотрудник удостоен премии имени Бесселя (Германия), а также премии «100 талантов» (Китай). За 2017–2022 гг. сотрудниками ИМХ РАН опубликовано свыше 700 статей в ведущих отечественных и зарубежных журналах, получено 16 патентов.

— Говоря о развитии института, следует отметить тесные связи ИМХ РАН с другими научными и образовательными организациями Нижегородской области, Москвы, Черного-



ловки, Новосибирска, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Иванова, — завершает беседу Игорь Леонидович. — В настоящее время прочное взаимодействие налажено с Институтом элементоорганических соединений имени Несмеянова РАН, Институтом органической химии имени Зелинского РАН, Институтом общей и неорганической химии имени Курнакова РАН, МГУ, Санкт-Петербургским госуниверситетом, Новосибирским Томографическим центром РАН, Институтом неорганической химии Сибирского отделения РАН. Очень тесные связи установлены, конечно, с Университетом Лобачевского, особенно с химическим факультетом. Проводимые совместные работы, семинары и конференции с Университетом Лобачевского, Мининским университетом, Приволжским исследовательским медицинским университетом, Институтом прикладной физики РАН и Институтом физики микроструктур РАН способствуют развитию науки и образования в нашем регионе. Несмотря на непростые условия, сохраняется взаимодействие с партнерами из Франции и Германии. Визитной карточкой института стало проведение Разуваевских чтений на теплоходе.

Кроме финансирования за счет средств Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, институт выигрывает большое число грантов, финансируемых внебюджетными научными фондами: гранты Президента Российской Федерации для поддержки ведущих научных школ; стипендии Президента Российской Федерации; гранты Российского научного фонда (более 50 проектов за 2014–2022 годы); Российского фонда фундаментальных исследований.

Для сохранения устойчивого развития института и его статуса одного из ведущих научных учреждений страны предстоит большая работа, включая поддержку перспективных направлений исследований с учетом тенденций развития современной химической науки, повышения результативности научной работы и увеличения числа публикаций. Все эти задачи вполне по плечу нашему коллективу. А в планах на 2024 год — отпраздновать 300-летие Российской академии наук. Такой юбилей выпадает на долю очень немногих ученых. Григорию Алексеевичу Разуваеву довелось в 1924 году отметить 200-летие академии, а нам, его ученикам, — предстоит встретить еще более солидную дату. ☈

▲ ИМХ РАН гордится своими научными школами, связанными с именами выдающихся ученых. Григорий Алексеевич Разуваев (второй слева) с коллегами