

Химические исследования в Сибирском отделении Российской академии наук

Этот номер журнала посвящен 50-летию Сибирского отделения Российской академии наук, создание которого — выдающееся событие в истории отечественной науки. Начавшееся в 1950-х годах интенсивное освоение Сибири, ее недр, развитие промышленности и сельского хозяйства, чему предшествовала эвакуация в годы войны в Сибирь многих заводов и научных учреждений из центральных районов страны, поставили перед отечественной наукой огромный комплекс задач, для решения которых потребовалось создание адекватного научного потенциала Сибири. Выдающиеся ученые академики М.А.Лаврентьев и С.А.Христианович выступили с инициативой создания в Сибири нового научного центра. Правительство поддержало это предложение и 18 мая 1957 года Совет Министров СССР постановил организовать Сибирское отделение Академии наук СССР, которое стало первым региональным отделением АН. В Сибирское отделение вошли уже существовавшие на тот момент Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Якутский и Дальневосточный (входил в состав СО АН СССР до 1970 г.) филиалы АН СССР.

С самого начала в основу деятельности СО были заложены прогрессивные принципы, которые и сегодня не утратили своего значения. Это — междисциплинарность фундаментальных исследований, интеграция науки и образования и создание необходимой инфраструктуры для практической реализации научных достижений — знаменитый «треугольник Лаврентьева».

В первый же год существования СО АН СССР были приняты решения о создании в Сибири ряда институтов химического профиля: Института химической кинетики и горения, Института неорганической химии, Института органической химии в Иркутске. Однако первый академический институт химического профиля появился в Сибири еще в годы войны (в 1943 г.). Им стал Химико-металлургический институт, организованный в Новосибирске в числе четырех других академических институтов в составе учрежденного в том же году Западно-Сибирского филиала АН СССР. Сегодня этот институт носит название Института химии твердого тела и механохимии СО РАН и является одним из 11 активно функционирующих химических институтов Сибирского отделения РАН, шесть из которых расположены в Новосибирском академгородке и относятся к Новосибирскому научному центру СО РАН. Это — Объединенный институт катализа, состоящий из Института катализа им. Г.К.Борескова, Санкт-Петербургского и Волгоградского филиалов этого института и Института проблем переработки углеводородов; Института неорганической химии им. А.В.Николаева, Новосибирский институт органической химии им. Н.Н.Ворожцова, Институт химической кинетики и горения, Международный томографический центр и упомянутый выше Институт химии твердого тела и механохимии.

Остальные входят в состав других научных центров СО РАН: Иркутского (Иркутский институт химии им. А.Е.Фаворского), Красноярского (Институт химии и химической технологии), Томского (Институт химии нефти) и Омского (Институт проблем переработки углеводородов), а самый молодой — Институт проблем химико-энергетических технологий — находится в Бийске.

Крупнейшим из них является Институт катализа, численность сотрудников которого приближается к 1000 человек. Институт является лидером в области исследований каталитических процессов. Всемирную известность получили работы его создателя и первого директора — академика Г.К.Борескова и его школы. Правило Борескова о примерном постоянстве удельной каталитической активности химических веществ при сохранении их химического и фазового состава легло в основу современной теории гетерогенного катализа. Работы института по математическому моделированию каталитических процессов и развитию методологии масштабного перехода от лабораторных исследований к промышленным объемам позволили в корне изменить подход к проектированию каталитических реакторов, а также найти пути интенсификации существующих технологических процессов. Крупный вклад в развитие физических методов исследования катализаторов и разработку нетрадиционных способов проведения каталитических реакций внесли академики К.И.Замараев, В.Н.Пармон и их сотрудники. В частности, ими установлено строение многочисленных реакционных каталитических центров, разработаны способы стимулирования каталитических процессов светом и ионизирующим излучением. Среди недавних практически важных для экономики страны достижений Института катализа можно упомянуть разработку высокоэффективных титан-магнелиевых катализаторов для получения сверхпрочного полимера — сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Приоритетным направлением деятельности института является разработка природоохранных технологий, в частности многочисленных каталитических технологий обезвреживания промышленных, энергетических и транспортных выбросов.

История создания и развития Института химической кинетики и горения (ИХКиГ) неразрывно связана с именами академика В.В.Воеводского, одного из основоположников химической радиоспектроскопии в нашей стране, и первого директора института — члена-корреспондента АН СССР А.А.Ковальского. Неотъемлемыми приоритетами в научных исследованиях этого института являются химическая радиоспектроскопия и связанные с ней исследования магнитных взаимодействий молекул, влияния магнитного поля на протекание химических реакций, а также синтез стабильных радикалов и молекулярных магнетиков. Под руководством академика Ю.Д.Цветкова в ИХКиГ в 1965 г. был создан

первый в СССР и в Европе спектрометр на основе электронного спинового эха, специально приспособленный для изучения парамагнитных кристаллов при криогенных температурах. Новые модификации спектроскопии электронного спинового эха, разработанные и развитые в институте, позволяют с успехом изучать движение спин-меченых молекул липидов в биологических мембранах, проницаемость таких мембран, устанавливать конформацию белков и изучать перенос электрона в фотосинтетических центрах. В ИХКиГ был также развит метод спектроскопии квантовых биений в рекомбинационной люминесценции. Этот метод позволяет изучать сверхбыстрые процессы в ион-радикальных парах, протекающие в растворах за миллиардные доли секунды. Широкое признание получили работы сотрудников института в области спиновой химии, выполненные под руководством академиков Ю.Н.Молина и Р.З.Сагдеева. Исследование процессов горения в газах и горения высокоэнергетических материалов — другое важное научное направление в деятельности ИХКиГ. Здесь особо следует отметить работы в области фильтрационного горения газов. Кроме того, в институте проводятся исследования механизмов фотохимических реакций и реакционной способности активных промежуточных частиц. С использованием лазера на свободных электронах, созданного в Институте ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, разработан оригинальный метод исследования биологических макромолекул с применением терагерцового излучения, не разрушающего большие молекулы.

На базе институтов, занимающих ведущие мировые позиции в своей области науки, в Сибирском отделении было организовано несколько международных научных центров. Один из таких центров — Международный томографический центр (МТЦ) — был создан в 1996 году по инициативе академика Р.З.Сагдеева в сотрудничестве с группой западных компаний «Брукер». Главными направлениями научной деятельности МТЦ являются теория химической связи, реакционная способность химических соединений, механизмы химических реакций; магнитные явления в химии и медицине, спиновые и обменные явления, в том числе в многоспиновых координационных соединениях; диагностическая ЯМР-томография и ЯМР-микротомография для физико-химических приложений. Разработанная МТЦ уникальная методика «кино-MYUR» позволяет визуализировать динамику перистальтического движения свободной жидкости по полым биоструктурам и получать прямую оценку параметров физиологических ритмов. Ведется разработка новых контрастных средств на основе стабильных нитроксильных радикалов для получения изображений в магнитно-резонансной томографии (МРТ) живых организмов. Метод МРТ широко применяется и для химических исследований, позволяя изучать внутреннюю структуру и поведение объектов без их разрушения. Он был с успехом применен для исследования в режиме *in situ* процессов массопереноса внутри пористых материалов, а также для изучения транспорта газов и жидкостей. С использованием нитроксильных радикалов и парамагнитных ионов металлов сотрудникам МТЦ удалось получить гетероспиновые координационные соединения, которые представляют собой новый тип молекулярных магнетиков. Сотрудниками МТЦ выполнены пионерские работы по дизайну слоисто-полимерных и красящих структур. Открыт принципиально новый класс объектов — «дышащие» кристаллы, для которых характерно необычно большое изменение объема в области магнитных переходов при изменении температуры.

Одним из основных направлений деятельности Института неорганической химии им. А.В.Николаева (ИНХ) являются физико-химические исследования материалов для электроники. Сотрудниками института под руководством

академика Ф.А.Кузнецова выполнен большой цикл работ в этой области, в частности развита методология химического осаждения из газовой фазы — одного из наиболее используемых в промышленности методов создания микрoeлектронных устройств. Еще одной важной разработкой института стало создание технологии выращивания кристаллов для лазерной техники низкоградиентным методом Чохральского. Новое направление в деятельности ИНХ — супрамолекулярная химия, объектами которой являются крупные молекулярные ансамбли, самопроизвольно собирающиеся из фрагментов с геометрическим и химическим соответствием. Типичным примером супрамолекулярных соединений являются комплексы типа «гость — хозяин». В институте проводятся исследования таких комплексов, в частности комплексов переходных металлов, включенных в гидрофобную полость больших молекулярных контейнеров — кукурбитурилов. Экспериментально доказано, что молекулы, попадающие в полость такого молекулярного контейнера, могут существенно менять свои физико-химические свойства. Таким путем можно получать комплексы металлов в необычных степенях окисления с уникальной реакционной способностью. В институте разработан метод и создан настольный спектрометр «ЯМР-микро», позволяющий проводить порометрию наносистем, изучать динамику наножидкостей в условиях квантового ограничения и свойства подвижной подсистемы в ультратонких каналах нанопористых объектов и гетероструктур. С помощью этого метода и методов квантовой химии изучены триггерные свойства металлических нанокластеров, протонных и суперионных проводников, сверхпроводящих систем, нанопористых кристаллов семейства природных цеолитов.

Фактически все направления научной деятельности Новосибирского института органической химии (НИОХ) связаны с именем его основателя — академика Н.Н.Ворожцова — крупного ученого в области химии и технологии ароматических соединений, органических полупродуктов и красителей. Им и его учениками развита синтетическая химия ароматических соединений, разработан общий подход к получению полифторированных ароматических соединений, исходя из доступных полихлорированных аналогов. Другим направлением исследований, инициированных Н.Н.Ворожцовым, были исследования механизмов важнейших реакций соединений ароматического ряда и изучение строения и свойств карбокатионов. Это направление получило свое развитие в работах академика В.А.Коптюга. Выполненный под его руководством цикл работ по изучению карбокатионов получил в 1990 году самую высокую оценку в нашей стране — Ленинскую премию. Учитывая, что растительный мир Сибири является источником огромного числа биологически активных соединений Н.Н.Ворожцов создает в Институте лабораторию природных физиологически активных веществ. Это направление, начатое профессорами В.А.Пентеговой и В.А.Бархашом, было с успехом продолжено академиком Г.А.Толстиком. В настоящее время направленный синтез лекарственных препаратов и модифицирование растительных метаболитов — важная область исследований НИОХ. В частности, под руководством академика Г.А.Толстикова синтезированы новые производные бетулоновой кислоты, которая, в свою очередь, была получена из бетулина, добываемого из коры березы. Многие амиды и пептиды бетулоновой кислоты являются активными ингибиторами роста опухолевых клеток. В институте проводятся исследования по превращению доступных растительных ди- и тритерпеноидов, а также дитерпеновых и изохинолиновых алкалоидов с целью создания перспективных противовирусных, обезболивающих, кардиостимулирующих и противоопухолевых агентов.

Основным направлением исследований, проводимых в Институте химии твердого тела и механохимии (ИХТТМ) является изучение твердофазных превращений. Академиком В.В.Болдыревым с сотрудниками установлено влияние дефектов в твердом теле на механизм и скорость протекания твердофазных превращений. Путем подбора способов получения твердых веществ и методов их предварительной обработки им удалось провести многие твердофазные процессы не только при полном отсутствии отходов, но и с существенным сокращением числа стадий и времени технологического цикла. Среди новейших работ ИХТТМ выделяются исследования процессов образования наночастиц при взрыве, проведенные совместно с Институтом ядерной физики им. Г.И.Будкера и Институтом гидродинамики им. М.А.Лаврентьева СО РАН, которые выполнены в режиме реального времени с использованием синхротронного излучения. Эти исследования позволили более глубоко понять природу быстропротекающих процессов, а также разработать ряд технологий, использующих взрыв, в частности технологию управляемого синтеза наноалмазов.

Иркутский институт химии им. А.Е.Фаворского СО РАН (ИрИХ) входит в число крупнейших отечественных центров фундаментальных исследований в области органической и элементоорганической химии. В институте сформировалась одна из ведущих научных российских школ, продолжающая традиции великого русского химика-органика А.Е.Фаворского. Основными объектами научных исследований института со дня его основания остаются ацетилен и сложные органические и элементоорганические молекулы, синтезируемые на его основе. Другим ведущим научным направлением института является химия органических соединений кремния с необычной валентностью. Под руководством академика М.Г.Воронкова в ИрИХ впервые были получены соединения с пентакоординированным атомом кремния, так называемые атраны. В институте открыты многие новые химические реакции, среди которых наиболее известна реакция кетоксимов с ацетиленом, открытая академиком Б.А.Трофимовым и приводящая к пирролам — ключевым фрагментам важнейших жизнеобеспечивающих металлокомплексных систем (хлорофилла и гемоглобина), которая вошла в монографию и учебники как реакция Трофимова. В институте разработаны многие лекарственные препараты, экологически безопасные пестициды, регуляторы роста растений, полимеры, душистые вещества, сорбенты, комплексоны и экстрагенты металлов и загрязнителей, ингибиторы коррозии, добавки к топливам и маслам, материалы для микроэлектроники и литиевых аккумуляторов нового поколения, энергонасыщенные вещества для ракетных топлив. Среди новых фармакологических препаратов, созданных иркутскими химиками, следует отметить ацизол — средство, обладающее свойствами антидота по отношению к угарному газу, кобазол — активный стимулятор кроветворения, и анавидин — антисептик и дезинфектант нового поколения. На стадии проведения клинических испытаний находится новый высокоэффективный противотуберкулезный препарат перхлозон с высокой активностью по отношению к микобактериям туберкулеза, устойчивым к действию стандартных противотуберкулезных препаратов.

В постановке научных исследований сибирских химических институтов всегда прослеживалась региональная компонента. Прежде всего это заключается в систематических исследованиях состава многообразного ископаемого и возобновляемого сырья и разработке методов квалифицированного использования такого сырья, в частности в создании экологически безопасных методов его переработки. В Институте химии и химической технологии СО РАН (ИХХТ) накоплен ценнейший опыт по переработке растительной биомассы для получения различных целевых продуктов, в

частности, разработаны способы получения микрокристаллической целлюлозы из древесных отходов. Институтом внесен существенный вклад в развитие теории строения поверхности минералов и приповерхностных слоев, в частности, образующихся на сульфидах в химических и электрохимических реакциях. На основе микроскопических ценофер, содержащихся в золе угольных ТЭЦ, разработаны микросферические цеолитные сорбенты, капсулированные неорганические ионообменники и органические экстрагенты для очистки жидких радиоактивных отходов атомных предприятий и сточных вод гидрометаллургических производств от радионуклидов, ионов цветных и благородных металлов.

В Институте проблем переработки углеводородов (в недавнем прошлом — Омский филиал Института катализа СО РАН) совместно с Институтом катализа в рамках выполнения важнейшего инновационного проекта государственного значения в 2003–2006 годах разработаны и переданы в промышленное использование новые катализаторы двух важных процессов нефтепереработки — крекинга и риформинга; проведена успешная модернизация производства моторных топлив на отечественных предприятиях.

В Институте химии нефти СО РАН проводятся широкие ориентированные фундаментальные и прикладные исследования, направленные на создание новых наукоемких, экологически безопасных, энергосберегающих технологий увеличения нефтеотдачи пластов. Масштабное промышленное применение этих технологий позволяет продлить рентабельную эксплуатацию месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, и вовлечь в разработку месторождения с трудноизвлекаемыми запасами нефти, в том числе залежи высоковязких нефтей. Разрабатываются и совершенствуются физико-химические, гидродинамические, паротепловые, микробиологические методы воздействия на нефтяные пласты, а также комплексные технологии, сочетающие эти воздействия.

Существенный вклад в получение новых высокоэнергетических веществ внесен одним из самых молодых институтов СО РАН — Институтом проблем химико-энергетических технологий. Он был создан в 2001 году Сибирским отделением в тесном сотрудничестве с ФГУП «ФНПЦ «Алтай» в целях развития фундаментальных и прикладных исследований в области создания и применения высокоэнергетических веществ, развития методов тонкого органического синтеза, получения новых материалов. Одним из достижений института является разработка академиком Г.В.Саковичем с сотрудниками новых высокоэнтальпийных полимеров и других компонентов твердых ракетных топлив с рекордными характеристиками для материалов данного назначения.

Говоря о проводимых в Сибирском отделении РАН химических исследованиях, следует отметить, что они далеко не ограничиваются перечисленными выше институтами химического профиля. Так, в Институте химической биологии и фундаментальной медицины (ранее это Институт биоорганической химии, созданный на базе соответствующего отдела Новосибирского института органической химии), а также в ряде других институтов биологического профиля, широким фронтом ведутся современные исследования по биоорганической химии и физико-химической биологии.

Работы по созданию новых материалов, в том числе наноматериалов и нанотехнологий, ведутся в институтах физической направленности. В ряде институтов СО РАН активно проводятся исследования химизма природных явлений и объектов (химия атмосферы, геохимия и др.). Здесь следует отметить очень перспективные исследования газогидратов в зонах вечной мерзлоты и водных акваториях, представляющих собой неисчерпаемые запасы метана, а

также физико-химические и аналитические исследования, связанные с Байкалом.

Наконец, большой вклад институты различного профиля и разных направлений вносят в разработку новых приборов и методик и их адаптацию к изучению химических процессов и материалов, о чем частично уже говорилось выше.

Принципы работы Сибирского отделения, заложенные его основателями, позволили отделению выстоять в трудные годы перестройки и адаптироваться к работе в новых рыночных условиях. Так, высокий уровень и комплексность фундаментальных исследований позволяют институтам участвовать и выигрывать гранты различных отечественных и зарубежных фондов, а также получать контракты ведущих зарубежных фирм. Система подготовки научных кадров в СО РАН позволяет сохранять научный потенциал отделения на высоком уровне, а созданные при институтах конструкторско-технологические и опытные подразделения дают возможность доводить научные результаты до уровня, необходимого для передачи их в промышленность, что подготовило почву для новых наукоемких производств и привлечения

инвестиций. Важнейшее достижение СО РАН — активно действующие научные школы мирового уровня. Работы ученых отделения неоднократно отмечались престижными государственными премиями, премиями Правительства РФ и Российской академии наук. Многие ученые СО РАН — лауреаты международных научных премий, члены зарубежных академий и международных научных ассоциаций.

Настоящий выпуск журнала, большой вклад в составление которого внесен профессором В.П.Фединым, включает обзорные статьи, подготовленные ведущими сотрудниками химических институтов СО РАН. Естественно, что здесь представлена лишь небольшая часть результатов исследований, проводимых в этих институтах. В следующих номерах журнала планируется продолжить знакомство с научными результатами химиков Сибирского отделения РАН.

Академик В.Н.Пармон,
председатель Объединенного ученого совета
по химическим наукам СО РАН