

## 90 лет Карповскому институту

А.К. Будыка

*АЛЕКСАНДР КОНСТАНТИНОВИЧ БУДЫКА — доктор физико-математических наук, заместитель генерального директора по научной работе ФГУП «НИФХИ им. Л.Я. Карпова». Область научных интересов: методы улавливания и контроля аэрозолей.*

*105064, Москва, ул. Воронцово поле, 10, тел. (495)917-32-57, E-mail budyka@cc.nifhi.ac.ru*

В октябре 2008 года исполнилось 90 лет Карповскому институту — одному из старейших исследовательских институтов России физико-химического профиля. На протяжении первых десятилетий существования Института его бессменным директором был ученый-химик с мировой известностью Алексей Николаевич Бах. Уже в первые годы работы Института были заложены основные направления его деятельности — физическая химия, теоретическая и прикладная электрохимия, коллоидная химия, фотохимия, химическая кинетика, строение вещества, кинетика физико-химических реакций, органический синтез, аэрозоли и др.

С течением времени «первая маленькая ячейка будущей химической науки», созданная по словам заведующего отделом химической промышленности ВСНХ Льва Яковлевича Карпова, для «процветания на пользу техники» и состоявшая на момент основания из восьми научных работников, превратилась во всемирно известный Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова (НИФХИ им. Л.Я. Карпова). В 30-е годы прошлого столетия в Институте сложились крупные научные школы в области важнейших направлений физической химии. Академик А.Н. Фрумкин развивал работы по электрохимии и поверхностным явлениям, профессора Н.А. Фукс и И.В. Петрянов-Соколов вели исследования по аэрозолям, катализом занимались в лабораториях под руководством академика А.Н. Баха и профессора С.С. Медведева. Успешно проводились работы по изучению строения вещества, химической кинетики, коррозионных процессов. Институт прославили всемирно признанные работы его сотрудников — выдающихся ученых, среди которых нельзя не отметить академиков А.Н. Баха, Х.С. Багдарасарьяна, Н.Ф. Бакеева, Г.К. Борескова, Н.М. Жаворонкова, В.А. Каргина, К.А. Кочешкова, Я.М. Колотыркина, С.С. Медведева, И.В. Петрянова-Соколова, Я.К. Сыркина, А.Н. Фрумкина, членов-корреспондентов И.А. Казарновского, А.Н. Праведникова, М.Г. Слинько и многих других.

НИФХИ им. Л.Я. Карпова на многие годы стал научным и организующим центром физико-химической науки в стране. Институт явился инициатором организации таких авторитетных периодических научных изданий, как «Журнал физической химии», «Акта

physicochimica URSS», «Защита металлов», серии уникальных сборников «Коррозия и защита от коррозии».

В 1948 году Институт возглавил выдающийся ученый, физикохимик академик Я.М. Колотыркин, проработавший в нем до последних дней своей жизни (1995 г.). Творчески развивая основные направления научной деятельности, заложенные А.Н. Бахом, Я.М. Колотыркин обеспечил Институту авторитет ведущего научного центра в стране и за ее пределами, ему принадлежит заслуга в становлении и развитии целого ряда новых научных направлений в области физической химии.

Широчайший физико-химический профиль работ НИФХИ им. Л.Я. Карпова позволил сформировать на базе ряда его лабораторий самостоятельные научно-исследовательские организации, в числе которых Биохимический институт Наркомздрава (1920 г.), Центральный институт сахарной промышленности (1927 г.), Институт торфа (1928 г.), НИИПластмасс (1931 г.), Всесоюзный институт искусственного волокна (1931 г.), Государственный институт азотной промышленности (1931 г.), Электрохиммет (1936 г.), НИИТЭХИМ (1958 г.), ИЭЛАН СССР (1958 г.), Институт катализа СО АН СССР (1963 г.). Некоторые лаборатории НИФХИ им. Л.Я. Карпова были переданы в родственные институты (ИРЕА, ИОНХ АН СССР, КЭИН АН СССР) для их усиления.

Созданию и продвижению на отечественные и зарубежные рынки новых материалов и технологий были посвящены работы Н.М. Жаворонкова, в послевоенные годы руководившего Институтом.

В настоящее время в состав НИФХИ им. Л.Я. Карпова входят головной институт, располагающийся в историческом центре Москвы, и созданный в 1959 году по инициативе директора Я.М. Колотыркина и его заместителя В.Л. Карпова Обнинский филиал НИФХИ.

Прошедшее с момента предыдущей публикации о НИФХИ им. Л.Я. Карпова десятилетие, как и для всей страны, не было простым для Института. Но и в эти годы Институт не переставал функционировать, продолжая развивать традиционные и открывая новые направления исследований.

Современная тематика работ НИФХИ им. Л.Я. Карпова отражена в названиях его отделов, объединяющих

около пятидесяти лабораторий: химической кинетики, адсорбции и катализа; коррозии и электрохимии; аэрозолей; полимеров; строения вещества; наносистем и новых материалов. Отдельное направление деятельности НИФХИ им. Л.Я. Карпова составляют работы в области радиационной химии, радиационно-химических и ядерно-физических технологий, развиваемые филиалом Института.

Отдел химической кинетики, адсорбции и катализа был создан в 1976 году на основе нескольких научно-исследовательских лабораторий. В настоящее время в его состав входят девять лабораторий. Современные исследования отдела сосредоточены в области кинетики сложных каталитических реакций и разработки промышленных катализаторов. Основоположителем направления по изучению закономерностей протекания сложных каталитических реакций был блестящий ученый профессор М.И. Тёмкин, проработавший в НИФХИ им. Л.Я. Карпова более 50-ти лет. Предложенная М.И. Тёмкиным логарифмическая изотерма адсорбции известна во всем мире как изотерма Тёмкина. Последователями школы М.И. Тёмкина установлены кинетические модели таких промышленно важных реакций, как окисление этилена в этиленоксид, окисление бутана в малеиновый ангидрид, оксихлорирование этилена в 1,2-дихлорэтан, окислительный аммонолиз пропилена, гидрирование нитробензола в анилин, синтез метанола, гидроксилсульфата, винилацетата, паровая и углекислотная конверсия метана и др. Учениками школы Г.К. Борескова разработан ряд промышленных катализаторов, используемых для дегидрирования изопропанола, гидрирования бензола и фенола и десульфуризации исходного сырья производства бензола.

В настоящее время в рамках адсорбционно-каталитической тематики в НИФХИ им. Л.Я. Карпова ведутся исследования в области создания эффективных катализаторов на основе металлических и керамических материалов. Развиваются представления о механизме действия наноструктурированных систем на основе карбоксилатов редкоземельных элементов как катализаторов процесса получения высококачественных синтетических каучуков. В соответствии с традициями НИФХИ им. Л.Я. Карпова результатом работы должен стать катализатор нового поколения для экологически чистого производства высокорегулярных синтетических каучуков.

Исследование поверхностных явлений, в том числе протекающих на металлах в растворах электролитов, — традиционное направление научной деятельности НИФХИ практически с момента его основания. Первым руководителем этих работ был выдающийся ученый-электрохимик А.Н. Фрумкин, работавший в НИФХИ им. Л.Я. Карпова с 1922 по 1946 год. Именно в эти годы созданием принципиально нового направления в науке — электрохимической кинетики — были завершены начатые им еще до 1917 года исследования влияния потенциала на поверхностные явления в растворах электролитов. Плодотворное развитие данного направления

Я.М. Колотыркиным с сотруд. привело к тому, что в середине 50-х годов в нем выделились две взаимосвязанные основные ветви — исследование электродных процессов на благородных и неблагородных металлах и полупроводниках и развитие современной электрохимической теории коррозии металлов. В те же годы был образован отдел коррозии и электрохимии металлов (ныне — отдел коррозии и электрохимии), и сформировалась коррозионно-электрохимическая школа Я.М. Колотыркина.

Уже в первых работах Я.М. Колотыркина, относящихся к началу 40-х годов, была доказана несостоятельность основного постулата первой электрохимической теории (теории локальных гальванических элементов), согласно которой для протекания коррозии обязательно наличие на поверхности металла «катодных» и «анодных» участков. Из работ Я.М. Колотыркина следовал важнейший теоретический вывод о возможности количественного описания коррозионных процессов, исходя из кинетических закономерностей протекания электродных реакций, и о путях регулирования скорости коррозии металлов посредством воздействия на составляющие коррозионный процесс реакции (анодные и катодные), протекающие на поверхности металла одновременно и независимо друг от друга.

Я.М. Колотыркиным с сотруд. были сформулированы основные теоретические положения современной теории коррозии металлических материалов, а именно, развиты представления о стадийном характере процессов разряда-ионизации металлов, генерирующих при растворении многовалентные катионы; о процессах активного растворения сплавов и участия в нем компонентов раствора; о пассивации и адсорбционной пассивности; об энергетической гетерогенности поверхности металлов как основной причине локализации коррозионных процессов и о роли в процессах локальной коррозии легирующих и примесных элементов сплавов и образуемых ими структурных неоднородностей (сегрегаций, избыточных фаз, неметаллических включений).

Творческое развитие указанных представлений позволило соратникам Я.М. Колотыркина разработать множество коррозионно-стойких конструкционных материалов, способов противокоррозионной защиты, методов исследования коррозионных процессов. Разработанные коррозионно-стойкие материалы и способы противокоррозионной защиты широко используются в топливно-энергетическом комплексе России (добыча, транспортировка и переработка нефти и газа, эксплуатация тепловых и атомных электростанций), в коммунальном хозяйстве, консервной и пищевой промышленности (производство коррозионно-стойких тароупаковочных материалов), в целлюлозно-бумажной промышленности и др.

Важнейшие работы последних лет, выполняемые последователями школы Я.М. Колотыркина, связаны с применением теории фазовой гетерогенности к таким конструкционным материалам, как углеродистые и низколегированные стали, что позволило выйти на созда-

ние принципиально новой металлопродукции с резко повышенными эксплуатационными свойствами. В рамках этих же работ был предложен и реализован на одном из нефтеперерабатывающих предприятий России новый способ противокоррозионной защиты внутренних поверхностей нефтяных резервуаров, одновременно предотвращающий возможность их самовозгорания.

С середины прошлого века в НИФХИ им. Л.Я. Карпова начало активно развиваться новое направление — электрохимическое приборостроение. Технические разработки, инициированные и проводимые при непосредственном участии сотрудников НИФХИ им. Л.Я. Карпова, позволили впервые в стране начать серийный выпуск до сих пор востребованных приборов — потенциостатов, катодных вольтметров, рентгеновских камер-приставок, масс-спектрометров с фотоионизацией, спектрометров ядерного, парамагнитного и квадрупольного резонансов, серии мощных универсальных радиационно-химических установок и др. Важнейшим результатом работ последних лет, выполненных в рамках рассматриваемого направления при непосредственном участии сотрудников НИФХИ им. Л.Я. Карпова, является создание и введение в практику научных исследований электрохимического сканирующего туннельного микроскопа.

Сформулированная в середине прошлого столетия современная электрохимическая теория коррозии, показывающая возможность растворения гомогенных металлических объектов и объясняющая закономерности влияния структуры сплавов на их коррозию, получила прямое доказательство при использовании электрохимического туннельного микроскопа. Впервые в мире прямым методом сканирующей туннельной микроскопии на примере гомогенных сплавов системы железо-хром доказана энергетическая наногетерогенность их поверхности, физическое проявление особенностей дизайна структуры кристаллической решетки. Это позволило с единых позиций объяснить все выявленные ранее эмпирическим путем критические составы сплавов железо-хром, что особенно важно для создания рационально легированных нержавеющих сталей с улучшенным набором эксплуатационных свойств, отвечающих требованиям к современным технологическим процессам.

Одним из инициаторов и руководителем исследований в области аэродисперсных систем и разработки методов защиты от пыли и аэрозолей различной, в том числе радиоактивной, природы, в течение более 60 лет был ученик А.Н. Баха и А.Н. Фрумкина академик И.В. Петрянов-Соколов, пришедший в НИФХИ им. Л.Я. Карпова еще студентом и проработавший в нем до конца своей жизни. Под руководством И.В. Петрянова-Соколова были не только разработаны методы исследования аэрозолей и изучены закономерности их поведения, но и создана технология производства тонковолокнистых фильтрующих материалов ФП (фильтров Петрянова) методом электроспиннинга (электроформования). Материалы ФП широко применяются в средствах индивидуальной и коллективной защиты органов дыха-

ния, в качестве аналитических фильтров и во многих других областях.

Развитием работ, начатых и долгое время (до 1996 г.) проводимых под руководством академика И.В. Петрянова-Соколова, стало создание фильтрующих материалов нового поколения на основе микро- и нановолокон, обеспечивающих улавливание наноразмерных частиц. Основой разработки послужили проведенные ранее исследования закономерностей улавливания аэрозолей волокнистыми фильтрами, выполненные под руководством профессора Н. А. Фукса — ученого с мировым именем, обогатившего науку огромным вкладом в формирование новой научной дисциплины — механики аэрозолей.

С использованием тонковолокнистых материалов, получаемых методом электроспиннинга, созданы каталитически активные фильтрующие материалы и легкие респираторы для защиты от монооксида углерода и некоторых высокотоксичных соединений; фильтрующие материалы из углеродных микроволокон с удельной поверхностью более 2000 м<sup>2</sup>/г; волокнистые материалы медицинского назначения из биоразлагаемых полимеров и др.

Основоположниками направления химии полимеров в НИФХИ им. Д.Я. Карпова были академики С.С. Медведев и В.А. Каргин, начавшие свою трудовую деятельность в Институте в 20-х годах прошлого столетия и проработавшие в нем до конца своих дней. С.С. Медведев впервые доказал, что процесс полимеризации имеет цепной характер. На основе его работ были созданы промышленные методы синтеза многих полимеров.

Первоначально научные интересы В.А. Каргина ограничивались аналитической химией и электрохимией, а с конца тридцатых — начала сороковых годов он полностью переключился на область химии полимеров (синтез, исследование структуры и свойств, технология, применение). Под его руководством впервые в России был налажен выпуск качественной эфирцеллюлозной киноплёнки, а позднее разработаны методы получения органического стекла.

Исследования в области химии полимеров были продолжены в НИФХИ учеником В.А. Каргина — академиком Н.Ф. Бакеевым. В настоящее время последователями школ С.С. Медведева и В.А. Каргина ведутся работы по созданию новых полимерных материалов, обладающих востребованными современной промышленностью функциональными свойствами — высокой твердостью, износостойкостью и теплопроводностью, химической инертностью, низкой электропроводностью, биосовместимостью и др.

В НИФХИ им. Л.Я. Карпова разработана технология получения радиационно-модифицированного фторопласта-4, обладающего уникальным комплексом свойств. Исходный фторопласт-4, применяемый практически во всех отраслях промышленности, имеет тот недостаток, что низкая износостойкость и высокая ползучесть при температуре ниже комнатной резко снижают потребительские качества материала. В отличие от известных технологий

радиационного модифицирования, пригодных только для изделий толщиной не более 500 мкм, разработанная технология позволила получать материал с равномерно распределенными по объему свойствами при облучении массивных заготовок.

Структурно модифицированный фторопласт-4 обладает исключительным и уникальным комплексом эксплуатационных свойств (износостойкостью, химической, биологической, радиационной и термической стойкостью, антифрикционными, антиадгезионными и диэлектрическими свойствами), что делает его весьма перспективным как конструкционный материал для различных отраслей машиностроения (авиа-, авто-, судо-), для систем перекачки и добычи нефти и газа и другой высокотехнологичной продукции нового поколения, в качестве уплотнительных устройств, узлов трения и в электронных приборах.

Еще одно направление полимерной тематики в НИФХИ им. Л.Я. Карпова связано с получением биоразлагаемых и биосовместимых полимеров (полигликолид, полилактид и их сополимеры с *n*-диоксаноном, полипирролом), актуальных для медицинской промышленности. Проводимые в этой области работы касаются всей цепочки превращений от подготовки сырья (мономеров) до получения лабораторных партий образцов, достаточных для проведения медицинских испытаний.

Сотрудниками НИФХИ предложены методы синтеза новых оптически активных наноструктурированных полимерных полупроводниковых и гибридных (полимер/неорганика) тонкопленочных материалов. Эти методы позволяют получать материалы, обладающие уникальным комплексом эксплуатационных характеристик — высоким квантовым выходом фото- и электролюминесценции в заданном спектральном диапазоне, высокой эффективностью фотоэлектрического преобразования, устойчивостью к различным деструктивным воздействиям. Применение функциональных материалов в солнечных батареях обеспечит повышение их эффективности как минимум в два раза по сравнению с имеющимися зарубежными аналогами.

Исследования в области строения вещества были инициированы в НИФХИ им. Л.Я. Карпова в начале тридцатых годов прошлого столетия Я.К. Сыркиным, организовавшим в 1931 году лабораторию строения молекул. Направление оказалось столь перспективным, что вскоре в Институте был создан отдел строения вещества, в состав которого в настоящее время входят девять лабораторий. Карповскому институту принадлежит первенство в постановке и решении таких фундаментальных вопросов физической и квантовой химии, как строение вещества на атомно-молекулярном уровне, природа и механизмы элементарных процессов в химических превращениях, взаимосвязь между микро- и макромиром. Предложенные сотрудниками НИФХИ им. Л.Я. Карпова модели и методы квантовохимических расчетов позволили построить теорию электронного строения целого ряда веществ, в числе которых электропроводящие полимеры, донорно-акцепторные кри-

сталлы, комплексы переходных металлов, ароматические и гетероароматические соединения, обладающие спектрально-люминесцентными и фотохимическими свойствами и др., и с ее помощью прогнозировать их свойства. Создана новая теория реакций с переносом заряда в полярных растворителях, в рамках которой проводятся квантовохимические расчеты кинетики этого важного класса химических реакций. Разрабатываются эффективные алгоритмы и методы компьютерных расчетов энергетики реакций с учетом свойств среды, в которой они протекают.

Несмотря на кажущуюся сугубо теоретическую направленность квантовохимических работ, они, как и все работы Института, имеют прикладное значение. Например, разработанная систематика молекул по люминесцентным свойствам позволила проводить целенаправленный поиск и синтез соединений с заданными люминесцентными и лазерными характеристиками. Обнаруженные взаимосвязи между составом, структурой и свойствами сегнетоэлектриков дали возможность синтезировать десятки новых сегнетоэлектриков и высокотемпературных сверхпроводников. Приведенные примеры являются лишь малой частью прикладных работ в рассматриваемом направлении.

В последние годы в НИФХИ им. Л.Я. Карпова создан отдел, научная деятельность которого сосредоточена в области наносистем и новых материалов. Работы, выполняемые на примере оксида титана и направленные на обоснование принципов формирования золь-гель методом оксидных наночастиц и наноструктур, позволили подойти к решению проблемы выделения из золь-гелей узких фракций нанокристаллов и приготовления устойчивых водных золь-гелей различной дисперсности.

По нанотехнологиям создаются ранее неизвестные материалы с уникальными свойствами. Одним из таких материалов являются углеродные нанотрубки, область возможного применения которых необычайно широка и еще до конца не исследована. В НИФХИ разработан эксклюзивный термокаталитический метод получения углеродных многослойных нанотрубок высокой степени чистоты, что исключает стадию дополнительной очистки и значительно снижает стоимость целевого продукта. Одним из возможных направлений применения этих нанотрубок является медицинская промышленность.

В рамках исследовательских работ по созданию наноматериалов, характеризующихся высокой плотностью протяженных (до десятков миллиметров) пор и каналов, была показана необходимость моделирования в них транспорта жидкости и газа с учетом значительного влияния стенок каналов в виду их малого диаметра. Постановка этой проблемы вызвана тем, что прямые экспериментальные измерения распределения частиц и течения потоков вещества в узких порах и каналах невозможны. Между тем понимание механизма течения газов и жидкостей в узких каналах практически важно для обеспечения управляемого транспорта в микроаналитических системах, которые востребованы в таких отраслях как медицина, биохимия и биомедицина, где

необходим количественный анализ большого массива проб, содержащих широкий спектр различных компонентов в микроколичествах. Конечная цель проводимых в рамках указанного направления теоретических и экспериментальных работ — создание нано- и микрожидкостных аналитических систем на микрочиповой платформе, обеспечивающих управление скоростями и направлением микропотоков жидкостей по узким каналам в анализе многокомпонентных биологических проб.

Начиная с 1959 года в НИФХИ им. Л.Я. Карпова в широком масштабе проводятся исследования взаимодействия ионизирующих излучений с веществом, что важно для обеспечения диагностики с использованием радионуклидов. В настоящее время Институт является основным производителем лекарственных и диагностических радиофармпрепаратов. Около 200 медицинских учреждений, в основном онкологического профиля, ежегодно получают радиофармпродукцию Института, продлевающую жизнь миллионам больных. По существу собственными силами Института (при фактическом отсутствии государственного финансирования) сделан решающий шаг в создании отечественного производства радиофармпрепаратов, что позволило в значительной степени отказаться от закупок их за рубежом. Налаженное в НИФХИ им. Л.Я. Карпова производство в состоянии выпускать весь ассортимент радиофармпрепаратов на основе изотопов технеция, иода, галлия, самария, рения и др., а также меченных изотопами соединений.

Неуклонное следование принципу внедрения разработанных технологий в производство подтверждается патентной деятельностью Института. В настоящее время НИФХИ им. Л.Я. Карпова является обладателем 36-ти действующих патентов на различные приборы, устройства, материалы, способы их производства и контроля качества.

Научными партнерами Института являются ведущие вузы и научно-исследовательские учреждения России и зарубежья, в частности, МГУ им. М.В. Ломоносова, РХТУ им. Д.И. Менделеева, МИТХТ им. М.В. Ломоносова, Брукхэвенская национальная и Тихоокеанская северо-западная лаборатории (США), Технологический университет г. Тампере и Университет г. Хельсинки (Финляндия), фирма «Самсунг» (Южная Корея), концерн «ДаймлерКрайслер» (Германия) и др.

Традиционно в НИФХИ им. Л.Я. Карпова ведется подготовка научных кадров высшей квалификации в области химии и химической технологии. В настоящее время аспирантура НИФХИ им. Л.Я. Карпова готовит

высококвалифицированных специалистов по девяти специальностям.

Помня о своих исторических корнях, сотрудники НИФХИ им. Л.Я. Карпова ежегодно проводят научные конференции и чтения, посвященные памяти выдающихся ученых, принесших Институту всемирную известность. Осознавая не утраченную с течением времени значимость их работ, только в 2007 г. Институт выпустил следующие научные издания: Бах А.Н. Избранные труды по химии и биохимии. Отв. ред. Н. А. Артамонов. М.: Наука, 2007, 299 с.; Петрянов-Соколов И.В. Избранные труды. Отв. ред. А.К. Будыка, Б.И. Огородников. М.: Наука, 2007, 453 с.; Игорь Васильевич Петрянов-Соколов (1907—1996). Сост. Б.И. Огородников, П.И. Басманов. М.: Наука, 2007, 146 с. (Материалы к библиографии ученых. Химические науки; вып. 110).

Ограниченный объем журнальной статьи не позволяет даже кратко изложить все наиболее значимые работы, выполненные сотрудниками НИФХИ им. Л.Я. Карпова в последние годы. Отметим, что только в 2006—2008 гг. разработки Института были отмечены 6 золотыми, 7 серебряными, 2 бронзовыми медалями, а также дипломами престижных международных выставок и инновационных салонов. В 2008 году на VII Международном салоне инноваций и инвестиций (г. Москва) за разработку «Антифрикционные и уплотнительные полимерные материалы нового поколения» Институт был отмечен премией «Гран-при».

В заключение отметим, что в настоящее время Институт имеет научные заделы, позволяющие организовать, координировать и проводить исследования, обеспечивающие лидирующее положение Российской Федерации в ряде областей, в частности, в нанотехнологиях с использованием полимерных наноструктурированных и композиционных материалов.

Особенностью НИФХИ им. Л.Я. Карпова является возможность организации наукоемких производств (в том числе с применением радиационно-химических технологий) на базе исследовательского ядерного реактора ВВР-Ц, линейных ускорителей заряженных частиц, источников гамма-излучения. Таким образом, в Институте может осуществляться полный цикл работ: от постановки проблемы и проведения фундаментальных и прикладных исследований до выполнения НИОКР, ОКР и непосредственного выпуска конкурентоспособной наукоемкой продукции.