

Перспективы использования новых химических технологий и катализаторов в России



В. Н. Пармон,
директор, академик РАН,
профессор, член Президиума
СО РАН, председатель
Научного совета по ката-
лизу и его промышленному
использованию РАН



В. И. Симагина,
зав. лабораторией
координации
и экспертизы разработок
Института катализа
СО РАН, д.х.н.



Л. П. Милова,
научный сотрудник
лаборатории координации
и экспертизы
разработок Института
катализа СО РАН, к.х.н.

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (г. Новосибирск)

Обсуждаются данные об инновационной активности российских химических предприятий. Основное внимание уделено созданию в рамках федеральных научно-исследовательских программ и применению новых функциональных материалов — катализаторов. Разработки российских научно-исследовательских организаций в данной области нередко превосходят зарубежный уровень достижений и имеют высокий рыночный потенциал. Рассмотрены отдельные примеры отечественных инноваций в области промышленного катализа и химических технологий.

Научно-техническая сфера в последние десятилетия становится одним из важнейших факторов геополитики. Действительно, по данным 1999 г., общий мировой объем продаж наукоемкой продукции оценивается почти в 2 трлн долларов США в год [1]. Ареной особенно жесткой мировой конкуренции является рынок наукоемкой продукции, высоких технологий и фундаментальных знаний в области новых конструкционных и функциональных материалов.

Производство таких материалов новых поколений, несмотря на их обычную малотоннажность, является одним из факторов, определяющих современный технический потенциал страны, и основано, как правило, на наукоемких технологиях, имеющих устойчивый спрос на рынке. Опыт промышленно развитых стран показывает, что роль конкретной страны в экономике (и, соответственно, в политике) определяется тем, насколько свободно она владеет такими технологиями.

В настоящей статье мы остано-
вимся на некоторых работах в области

новых материалов, проводимых в рамках федеральных научно-технических программ.

К особо важному классу наукоемких функциональных материалов относятся катализаторы — вещества и материалы, способные ускорять протекание и управлять направлением необходимых химических реакций. Любой качественный прогресс в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности неизбежно сопряжен с появлением новых поколений катализаторов. Доля промышленных технологий, использующих каталитические процессы, в современной химической промышленности России, включая нефтепереработку и нефтехимию, составляет около 70%. Кроме этих отраслей, каталитические технологии широко используются в таких нетрадиционных для них областях применения, как энергетика, металлургия, природоохранные технологии. Без катализаторов не обходится производство многих пищевых продуктов, лекарств, биопрепаратов, предметов бытовой химии, создание

ИННОВАЦИОННЫЙ
ПОТЕНЦИАЛ НАУКИ

материалов для электронной промышленности, а также обезвреживание жидких и газообразных отходов промышленности и транспорта. Достаточно сказать, что с использованием каталитических технологий в России сейчас получают около 10% валового национального продукта, а в США, Японии, Германии эта величина в два-три раза больше. При этом существенно, что доля стоимости самих катализаторов в стоимости производимой на их основе продукции обычно не превышает 0,01-0,1% [2]¹. Типичные примеры использования каталитических технологий — получение моторных и реактивных топлив, ароматических углеводородов, смазочных масел, аммиака, метанола, азотной и серной кислот, мономеров для производства пластмасс и самих полимеров, синтетических каучуков, химических волокон, красителей.

Производство катализаторов в России имеет межотраслевое значение, но, к сожалению, поскольку практически все катализаторные производства в настоящее время оказались в негосударственных структурах, оно характеризуется лишь минимальной государственной поддержкой. При этом и в инвестиционной политике крупных отечественных вертикально интегрированных компаний производство катализаторов также никогда не занимает приоритетного положения [3].

В то же время в развитии научных основ методов исследования катализаторов и каталитических процессов, а также создания новых катализаторов в целом Россия находится на общемировом уровне. Это подтверждается многими примерами продажи лицензий на производство и использование катализаторов в ведущие страны мира — США, Германию, Нидерланды, Францию и другие. Однако реализация результатов этих работ в самой России значительно отстает от желаемого уровня. Это связано не только со слабым развитием опытной и приборной базы катализаторных производств, но и с недостаточной востребованностью новых разработок российскими промышленными компаниями. По статистическим данным, только 5% российских предприятий проводят активную инновационную политику, в то время как отечественный рынок все более насыщается зарубежными технологиями, при этом зачастую не самыми передовыми [1]. Так, в 1998-99 гг. инновационную активность проявляли лишь около 100 российских химиче-

ских предприятий, причем только на четырех предприятиях усовершенствованная продукция выпускалась в количестве 50-95% от общего количества произведенной продукции [4].

Сформировавшаяся тенденция нарастающего отставания технического, технологического и экономического уровней химических производств России от соответствующих показателей развитых стран вызывает серьезное опасение.

Лишь в самые последние годы наметились некоторые тенденции увеличения инновационной активности предприятий. Несколько возросли темпы внедрения инноваций. В 2001 г. соответствующие затраты по сравнению с 1999 годом увеличились на 38%, в основном, за счет собственных средств предприятий, при этом объем инновационной продукции в 2001 г. составил 20,2 млрд руб., или 12,8% к общему объему продукции [5]. Отметим, однако, что для выполнения научных разработок в ключевых сферах российской химической промышленности в 2001 г. было затрачено лишь 5,25 млн руб. [6], в то время как в компании «Русский алюминий» на инвестиционные проекты, технооборудование, научные и конструкторские разработки в год тратится до 160 млн долл. [7].

До сих пор большинство российских предприятий химической отрасли в своей инновационной деятельности придерживается имитационной, догоняющей стратегии. В производство нередко внедряется продукция, уже известная и производимая на иностранных рынках. Смена поколений технологических процессов в российской химической промышленности осуществляется за 20-25 лет, при 7-8-летних сроках смены в ведущих странах мира [8]. Следует отметить, что полное обновление ассортимента промышленных катализаторов в соответствии с общемировой практикой должно происходить в еще более быстром темпе — каждые 5-6 лет.

Научно-техническое развитие пока не оказывает существенного влияния на изменение технологического уклада российской химической индустрии. Доля производства прогрессивных материалов в России ниже, чем в индустриально развитых странах, в 2-3 раза, причем доля продукции, выпускаемой по устаревшим технологиям, составляет около 60%. Сложившаяся структура и система управления не обеспечивают решения первоочередных научно-технических проблем [5].

Устойчивое развитие индустрии существенно зависит от разработки новых и улучшения существующих каталитических процессов, несмотря на то, что научно-технические разработки требуют много времени и больших средств. Например, предпринятые за рубежом затраты на разработку металлоценовых катализаторов для получения новых поколений крупнотоннажных конструкционных полимерных материалов — полиолефинов в течение последних десяти лет оцениваются в 3 млрд долл. США. Эти затраты сравнимы с годовым объемом общего рынка катализаторов в Европе, который составляет 2,5 млрд долларов. В России же суммарные затраты на разработку катализаторов вообще всех типов составляют едва ли 0,1% от последней цифры. При этом основная государственная поддержка разработок каталитических систем и технологий и их реализации осуществляется лишь за счет двух ведущих целевых научно-технических программ федерального уровня — «Национальная технологическая база» и «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники».

В то же время обеспечение возможности возврата России в число экономически ведущих стран может идти только по пути инновационного прогресса в российской промышленности. Риск применения новых технологий невелик, а реальный экономический эффект от их использования был неоднократно доказан на ряде российских предприятий даже в последние перестроечные годы. При этом одной из основных задач российского научного потенциала в производстве конструкционных и функциональных материалов должна быть концентрация усилий на создании обновленного ассортимента продукции малотоннажной химии, включая катализаторы и сорбенты [5]. Это подтверждается и на примере научно-исследовательских работ, проводящихся в рамках вышеупомянутых государственных программ организациями Российской академии наук и некоторыми негосударственными промышленными предприятиями, например, Институтом катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, ИНХС им. А. В. Топчиева, ГНИХТЭОС, ИОХ им. Н. Д. Зелинского РАН, ОАО «НИАП» и др.

В инновационной составляющей процесса в химическом комплексе России сейчас четко выделяются три стадии готовности научных исследований:

- разработка принципиально новых технологий и прогрессивной продукции и их доведение до опытно-демонстрационного уровня;

¹ По данным журнала «Катализ в промышленности», 2002 г., № 6, с. 31, стоимость катализаторов в гидрогенизационных процессах не превышает 0,5%, в то время как их влияние на технико-экономические показатели составляет 20-30% (отн.), а доля каталитических процессов в экономически развитых странах составляет 90%.

- реализация разработанных готовых инновационных проектов, по крайней мере, на опытно-промышленном уровне;
- научное и техническое сопровождение модернизации уже эксплуатируемых технологий, процессов, оборудования.

Рассмотрим некоторые удачные примеры отечественных инноваций последних лет в промышленном катализе.

Каталитический риформинг — один из базовых процессов нефтеперерабатывающего комплекса, обеспечивающий получение высокооктановых бензинов. Общая мощность установок каталитического риформинга в России превышает 30 млн т/год. В течение последних тридцати лет в мировой и отечественной нефтепереработке используется третье поколение катализаторов риформинга, базирующееся на каталитической системе Pt-Re-Cl, нанесенной на оксид алюминия. Мировыми лидерами в этой области являются зарубежные фирмы UOP (США) и Procatalyse (Франция). Их экспансия на российский рынок катализаторов в конце 90-х годов достигла угрожающих для экономической и технологической безопасности страны размеров — более 60% объема применяемых на отечественных нефтеперерабатывающих предприятиях катализаторов стали импортными.

В то же время, даже в условиях минимальной финансовой поддержки, отечественными разработчиками в последнее десятилетие был достигнут значительный прогресс в области создания новых промышленных катализаторов риформинга, основанных на научных знаниях о строении и свойствах активного компонента этих катализаторов. Примером являются современные катализаторы риформинга серии ПР (ПР-50, ПР-51), разработанные в Институте катализа СО РАН, а также катализаторы серии REF, разработанные Краснодарским ОАО НПП «Нефтехим» [9]. Катализаторы серии ПР используются в промышленности с 1992-1998 гг. и успешно эксплуатируются на установках в ОАО «Рязанский НПЗ» и ООО «КИНЕФ» с общим объемом производства бензинов около 1,2 млн тонн/год. Данные катализаторы обеспечили устойчивое производство высокооктановых бензинов с октановым числом 95-96 при их выходе на 3÷5% выше, чем обеспечивают зарубежные катализаторы мировых лидеров при приблизительно равных температурах процесса риформинга (478–485°C).

Созданы новые российские версии катализаторов риформинга, еще более конкурентоспособные по сравнению с продукцией мировых лидеров в этой области. Наряду с известными преимущ-

ествами катализатора ПР-51 (повышенная по сравнению с мировыми аналогами селективность в отношении целевых реакций, пониженная активность в побочных реакциях dealкилирования, низкое содержание платины) новые катализаторы обеспечивают 85-87% выход риформинг-бензинов с октановым числом 98-100 (по ИМ) и пониженным (на 30-40% от обычного уровня) содержанием типичного канцерогенного компонента бензина — бензола. Новые отечественные катализаторы могут работать при пониженном (до 1-1,2 МПа) давлении, а срок их службы составит не менее 8 лет.

Логическим развитием процесса каталитического риформинга является новый полностью оригинальный процесс «Биформинг», разработанный омским филиалом Института катализа СО РАН. Сущность процесса «Биформинг» состоит в организации полной и многократной рециркуляции образующихся в зоне реакции и малоиспользуемых углеводородных нефтезаводских газов — алканов C_1-C_4 — через систему стандартных реакторов риформинга. При наличии в реакторах специального катализатора обеспечивается вовлечение легких алканов в получение жидких бензиновых углеводородов за счет прямого внедрения легких молекул в молекулы целевых продуктов. Процесс снижает интенсивность побочных реакций крекинга и гидрогенолиза алифатических компонентов бензинов при одновременном увеличении селективности целевых реакций. Жидкий высокооктановый продукт процесса «Биформинг» по своему химическому составу полностью соответствует бензинам, вырабатываемым в условиях традиционного каталитического риформинга, и одновременно обладает улучшенными экологическими характеристиками. В омском филиале Института катализа СО РАН создана и успешно эксплуатируется много-реакторная пилотная установка для осуществления нового процесса.

Промышленная реализация процесса «Биформинг» возможна в рамках реконструкции имеющихся типовых установок каталитического риформинга с периодической регенерацией катализатора. Затраты на реконструкцию и дооборудование таких установок не превышают 10-15% от их первичной стоимости. В то же время новый процесс позволяет получать высокооктановый компонент (ОЧ>95 по ИМ) с выходом 90-92% в расчете на исходное жидкое углеводородное сырье. Это равносильно дополнительному вовлечению в переработку 10-12% бензиновых фракций в типичных условиях риформинга и существенному ресурсосбережению исходного сырья — прямогонных бензинов.

Экономичность процесса «Биформинг» пропорциональна степени его ресурсосбережения и обеспечивает окупаемость затрат в течение одного года.

В другом базовом процессе нефтепереработки, обеспечивающем большую глубину переработки нефти в светлые нефтепродукты, — каталитическом крекинге — используются микросферические катализаторы. Ежегодная потребность России в микросферических катализаторах крекинга в настоящее время составляет около 9 тыс. т и на 80% удовлетворяется за счет импортных поставок фирм Engelhard и Grace Davison (США). Единственное предприятие, выпускающее отечественные микросферические цеолитсодержащие катализаторы крекинга и успешно конкурирующее с поставками из-за рубежа, — ОАО «Сибнефть — Омский НПЗ». Это катализаторы серии КМЦ разработки омского филиала Института катализа СО РАН: КМЦ-97 — для переработки смесового сырья, в том числе продуктов вторичного происхождения, с целью получения максимального выхода светлых нефтепродуктов и КМЦ-99 — для переработки утяжеленного вакуумного газойля с целью получения максимального выхода бензинов. В 2002 г. на этих катализаторах было произведено около 16% бензина России.

К настоящему времени разработаны новые модификации упомянутых катализаторов, превышающие по своим свойствам уровень зарубежных аналогов данного процесса. Так, на катализаторе фирмы Engelhard (США) выход бензина с октановым числом 90 составляет около 50-52%, в то время как замещающий отечественный катализатор обеспечивает выход бензина 58% с октановым числом 92. Степень готовности производства к применению нового катализатора максимальна, поскольку замена катализатора производится без остановки основного процесса крекинга и будет осуществляться по мере готовности опытной партии нового катализатора. При переходе на новый катализатор крекинга будет возрастать глубина переработки вакуумного газойля в высокооктановый бензин с одновременным улучшением потребительских свойств последнего за счет повышения октанового числа с 90 до 92. Кроме того, модернизация производства катализаторов крекинга на ОАО «Сибнефть — Омский НПЗ» будет способствовать исключению зависимости крупнейших российских НПЗ от импортных поставок катализатора и полному переходу российской промышленности на отечественный катализатор с улучшенными потребительскими свойствами.

Другим примером принципиально новых функциональных материалов

являются сотовые блочные катализаторы. В последние годы они нашли применение при реализации каталитических процессов с малыми временами контакта, в частности, в производстве азотной кислоты [10]. Для этого процесса в Институте катализа СО РАН совместно с МГУ и ОАО «ГИАП» разработан бесплатиновый блочный оксидный катализатор на основе оксидов железа с добавками редкоземельных элементов. С 1995 г. опытные партии катализатора стали эксплуатироваться в промышленных реакторах производства азотной кислоты на ОАО «Азот» городов Череповец и Березники, а с 1997 г. на предприятиях азотной промышленности началось массовое использование этих катализаторов. Их применение позволяет при сохранении общей степени конверсии аммиака уменьшить загрузку платиновых сеток на 30%, при этом безвозвратные потери платины снижаются на 20%. Масштабы применения оксидных катализаторов растут: в 1997 г. их загружали в 6 промышленных агрегатах, в 1998 г. — в 10, в 2002 г. катализатор работал в 19 агрегатах. Суммарная экономия платины на российских предприятиях при этом превышает 200 кг в год. Существенно, что в использовании блочных катализаторов в промышленных процессах Россия существенно опередила зарубежные страны.

Российские материаловедческие технологии способны обеспечить прогресс не только в области катализаторов. Например, в производстве химических источников тока и антистатических резинотехнических изделий в качестве усилителя различных полимерных композиций с одновременным приданием им электропроводных свойств широко применение находит такой материал, как электропроводящий технический углерод. В КТИТУ СО РАН по результатам исследований, проведенных на опытной экспериментальной установке, доказана возможность получения технического углерода повышенной электропроводности на основе технологии синтеза модифицированного электропроводного углерода. Выработаны и испытаны у потребителей опытные образцы технического углерода. Положительные испытания опытных образцов электропроводного технического углерода в полупроводящих экранах кабельных изделий показали, что он является перспективным усилителем электропроводящих резинотехнических изделий и пластмасс.

Создание современных наукоемких технологий невозможно без использования сверхчистых материалов. Для их получения в ИНХС им. А. В. Топчиева РАН разрабатываются мембранные материалы и мембранные технологии, основанные на

применении каскада типа «непрерывная мембранная колонна», созданном впервые в мире. Ведется разработка новых композитных пористых мембран с регулируемой пористостью, способных работать в широком диапазоне рН и при высоких температурах. Средний размер пор в диапазоне от 1 до 5 нм обеспечивает высокоэффективную адсорбцию и протекание совмещенных мембранных и адсорбционных процессов концентрирования и очистки водных и газовых сред. Внедрение мембранных модулей глубокой очистки в производстве высокочистых моносилана, тетрафторида углерода позволит получать на 30-70% более дешевый, чем зарубежный, отечественный продукт и отказаться от его импорта при производстве микроэлектронных изделий.

ЗАО НТЦ «Владипор» ведет разработку фторопластовых микрофильтрационных композитных мембран для улавливания взвешенных частиц (аэрозолей) из воздушных и газовых сред. Эти мембраны изготавливаются методом конденсационного структурообразования. Сравнение свойств полученных фильтров с зарубежными аналогами показало хорошее соответствие их задерживающей способности и газопроницаемости. Использование мембранных фильтров позволяет создавать очистные установки малых габаритов, удовлетворяющие самым высоким требованиям по чистоте потоков газа.

Социальное и экономическое значение для России имеет отказ от импорта лекарственных препаратов. Работа ряда российских научных организаций (ГНЦ «НИОПИК», РНЦ «Прикладная химия», Дзержинское ФГУП «ГосНИИ «Кристалл») позволила создать отечественные технологии получения лекарственных субстанций ряда препаратов нового поколения, в том числе: препарата «Фенибут», используемого в детской психиатрической практике, и препарата «Мефебут», повышающего физическую работоспособность, особенно важную при работе в экстремальных условиях (РНЦ «Прикладная химия»), а также ряда новых импортозамещающих медицинских препаратов типа изофон, аспрагинаты железа и кобальта (ФГУП «ГосНИИ «Кристалл») и пefлоксацин (ГОУ Уральский государственный технический университет, ВНИЦ Объединенного Института катализа СО РАН).

Нет сомнения в том, что использование новых химических технологий и материалов, в том числе новейших поколений катализаторов, является основой прогресса в основополагающих для России направлениях развития реального сектора экономики и увеличения объема ВВП. Особенно важны для страны такие направления, как:

- получение химических продуктов, моторных топлив и иных энергоносителей в переработке нефти и иных видов углеродсодержащего сырья — природного газа, угля и возобновляемого растительного сырья;
- производство продуктов и мономеров для основного и тонкого органического синтеза, крупнотоннажных химических продуктов и удобрений, полимеров, химических волокон и другой социально значимой продукции, обеспечивающей экологическую и экономическую безопасность России;
- получение лекарств, витаминов и других биологически активных веществ;
- природоохранная деятельность, прежде всего, для очистки газообразных и жидких выбросов промышленности, энергетики и транспорта, обезвреживания и утилизации техногенных отходов;
- энергосбережение, особенно в области новейших технологий, связанных с экологически чистыми и автономными энергосистемами и освоением нетрадиционных и возобновляемых энергоресурсов;
- получение материалов специального и двойного назначения, в том числе для военной техники.

В перечисленных областях Россия пока имеет достаточный научный потенциал, который, безусловно, требует заботы и поддержки как со стороны государства, так и отечественной промышленности.

Литература

1. Т. Н. Хазова. Инновационный менеджмент на предприятиях химической промышленности. Российский конгресс «Химическая промышленность на рубеже веков: итоги и перспективы», Москва, 6-10.09.1999 г.
2. «Катализ в промышленности», 2002 г., № 6, с. 31.
3. В. Дуплякин, В. Капустин. Российские катализаторы нефтепереработки: на рынке без перемен. «Нефть и капитал», X 2002, с. 46.
4. Химический комплекс России. Химия и рынок, 2000 г., № 2, с. 6-12.
5. Основные направления инновационной и инвестиционной политики стратегии развития химической и нефтехимической промышленности на период до 2010 г. «Конкурс», 2002, № 3, с.13.
6. «Химический комплекс России: январь-сентябрь 2001 г.», Химия и рынок, № 6, 2001, с. 5-11.
7. С. Лесков. Наука и бизнес стремятся к умной власти. Известия, 20.06.02 г.
8. С. В. Иванов. Состояние химического комплекса РФ и пути обеспечения его устойчивого развития. Химия и рынок, № 5, 2001 г., с. 44.
9. Е. В. Феркель, А. И. Соловых, А. В. Костенко, А. Н. Шакун, М. А. Федорова. Отечественные катализаторы приблизились к импортным. Нефтепереработка и нефтехимия, 2001, № 3, с. 19.
10. В. А. Садыков, Е. А. Бруштейн, Л. А. Исупова и др. Разработка и применение двухступенчатой схемы окисления аммиака в производстве азотной кислоты с использованием сотовых оксидных катализаторов. Хим. пром., 1997, № 12, с. 33-38.