

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

© В.Н. Пармон, А.С. Носков

Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск

В статье рассматриваются первоочередные направления развития каталитических технологий в химической и нефтехимической отраслях промышленности России. В настоящее время наибольший спрос ожидается на катализаторы и каталитические процессы углубленной переработки углеводородного сырья в высокоценные продукты – полимеры, ароматические соединения, углеродные наноструктурированные материалы. В качестве примеров проводятся научные разработки Института катализа СО РАН по выполнению крупных инновационных проектов государственного значения, связанных с разработкой и освоением катализаторов производства моторных топлив и нанесенных катализаторов многотоннажного производства полиолефинов. В статье приводятся данные по созданию процесса переработки попутных газов нефтедобычи в ароматические углеводороды, включая результаты опытно-промышленных испытаний этой технологии; по газофазной технологии окисления бензола в фенол закисью азота, технологии гидрирования растительных масел на палладиевых катализаторах, газофазных процессов получения муравьиной и никотиновой кислот, технологии очистки газов от сероводорода путем его окисления до элементарной серы и другие экологически безопасные каталитические технологии. Завершается статья оценкой рыночного потенциала в России ряда крупнотоннажных каталитических технологий нефтепереработки и нефтехимии.

The paper considers the actual trends in development of catalytic technologies in chemical and petrochemical branches of industry in Russia. At present the most demands for catalysts and catalytic products of deeper oil refining into high-priced products, polymers, aromatic compounds, carbon nanostructured materials and other high technological materials are anticipated. For instance the last scientific elaborations of Catalysis Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences of innovative projects of state importance connected with using of assimilation of experiences in catalytic production, fuels and supported catalysts for large-scale production of olefins are worked out. The paper contains the data for creation of process of working out of accompanying gases of oil-extraction into aromatic compounds, including the pilot plant results with this technology; using gaseous technologies of oxidation of benzene by N_2O , technology of hydrogenation of plant oil on Palladium catalysts, gaseous processes of production of formic acid and nicotinic acid, technology of cleaning of gases from hydrogen sulfide by its oxidation into elemental sulfur and other environmental protection catalytic technologies. In completion the paper gives the estimation of market potentials in Russia of a number large-scale catalytic technologies in oil-refining and petrochemistry.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время до 30 % материальной составляющей ВВП в промышленно развитых странах связано с производством и применением продукции, получаемой с помощью каталитических технологий. В число этой продукции входят моторные топлива (бензин, дизельное и реактивное топливо), полимерные материалы, минеральные удобрения и средства защиты растений, лекарства, некоторые продукты питания, нейтрализаторы выхлопных газов автомобилей и многое другое. В России вклад каталитических технологий в материальную часть ВВП тоже значителен, но не превышает 10 %. Такое различие роли каталитических технологий в экономике развитых стран и России свидетельствует о наличии потенциальной инновационной востребованности таких технологий в

отечественной промышленности, особенно в химическом и нефтехимическом комплексах.

Для России начала XXI в. характерны прочные ведущие позиции на мировом рынке энергоносителей, прежде всего нефти и природного газа. При этом существенно, что для промышленно развитой части мира Россия интересна именно как «энергетический» донор. Действительно, торговля сырой нефтью и природным газом обладает неоспоримой краткосрочной экономической привлекательностью. Тем не менее, такое положение не имеет права превратиться в долгосрочную стратегию России. Это обусловлено не только ограниченностью легко доступных ресурсов нефти и газа. Существенно более важным для поступательного развития страны является развитие намного более устойчивых высокотехнологичных отраслей перерабатывающей промышленности,

прежде всего тех, что базируются на отечественном углеводородном сырье.

Приведем только один пример возможностей каталитических технологий. В настоящее время в России не находят квалифицированного использования попутные газы нефте(газо)добычи, содержащие широкую гамму легких углеводородов. Как результат, ежегодно на промысловых факелах бесцельно сжигается не менее 9 млрд м³ (около 9 млн т) попутных газов, что эквивалентно потере более 200 млрд руб./год. В то же время, квалифицированная переработка этих газов на базе каталитических технологий на предприятиях РАО «Газпром» и входящих в его структуру ОАО «СИБУР Холдинг» и ОАО «Газпромнефть» позволила бы не только обеспечить высокотехнологичным сырьем нефтехимический комплекс России, но и существенно повысить *товарность* экспортируемой продукции. Одновременно это предотвратило бы ежегодный выброс в атмосферу более 35–40 млн т углекислого газа, что существенно облегчило бы решение проблемы выполнения Россией Киотского протокола по снижению выбросов в атмосферу углекислого газа.

1. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ, НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

Необходимость ускоренной модернизации химического и нефтехимического комплекса России определяется многими факторами. Наиболее важными из них являются следующие:

1) необратимый рост цен на традиционные сырьевые ресурсы (нефть) и необходимость повышения эффективности их использования;

2) необходимость формирования производственной базы для вовлечения в химическую и нефтехимическую отрасли промышленности нетрадиционных источников химического сырья;

3) необходимость значительного углубления переработки сырья и получения продуктов с более высокими потребительскими свойствами и, соответственно, большей стоимостью по сравнению с исходным сырьем.

Данные факторы формируют и первоочередные направления развития каталитических технологий в химической и нефтехимической промышленности России.

1. На фоне роста цен на нефть и, как следствие,

на продукты нефтехимии необходима модернизация производств, выпускающих данные продукты. Основная цель такой модернизации — повышение эффективности производств за счет увеличения выхода продукции в расчете на единицу перерабатываемого нефтяного сырья. Процессами, углубляющими переработку нефти, являются прежде всего крекинг и гидрокрекинг. В России в значительной степени используются устаревшие процессы и катализаторы крекинга. Соответственно, требуется коренная модернизация самих этих процессов, включая переход на современные катализаторы крекинга в кипящем слое. Объем отечественного рынка продукции (моторных топлив и нефтехимического сырья), получаемой в процессах крекинга, оценивается в 700–800 млрд руб./год.

2. Необходимо ускоренное широкое освоение технологий переработки попутных газов нефтегазодобычи в сырье для нефтехимической промышленности.

Наиболее рациональным вариантом решения проблемы утилизации попутных газов является их переработка в синтез-газ, олефины и ароматические углеводороды на основе новейших отечественных каталитических технологий и формирование производств химических продуктов с высокой долей добавленной стоимости и экспортным потенциалом. Потребителями отечественных технологий утилизации попутных газов должны стать крупнейшие компании, в первую очередь РАО «Газпром» и входящие в него ОАО «Газпромнефть» и «Сибур-Холдинг».

3. Необходима глубокая структурная модернизация значительной доли отечественного химпрома — азотной промышленности. Это связано, с одной стороны, с ростом цен на энергоносители, и с другой, грядущим вступлением России в ВТО, что в самое ближайшее время приведет отечественную азотную промышленность к кризисной ситуации.

Азотная промышленность России обеспечивает минеральными удобрениями отечественное сельское хозяйство и экспорт, являясь одновременно источником сырья для производства взрывчатых веществ и играя ключевую роль при производстве ракетного топлива.

Причина прогнозируемого кризиса в азотной промышленности кроется в существенно более высоких расходных нормах исходного сырья (природного газа) и энергии при производстве основных продуктов азотной промышленности, в частности, аммиака, по сравнению со среднемировыми показателями (примерно на 30 %). В случае вырав-

нивания цен на газ до уровня мировых, основная продукция отрасли (аммиак, азотная кислота и, соответственно, минеральные удобрения, капролактамы) окажутся неконкурентоспособными на мировом рынке. Объем экспорта продукции азотной промышленности России в настоящее время составляет около 75 млрд руб./год. Именно в такую сумму следует оценивать возможный спад производства в этой отрасли вследствие потери ее конкурентоспособности.

Пути повышения конкурентоспособности азотной промышленности связаны с системными инновациями, на основе которых будет осуществляться масштабная модернизация производства. Приоритетными направлениями здесь являются:

— наращивание объемов производства аммиака и капролактама при одновременном снижении себестоимости и повышении технологической и экологической безопасности этого производства;

— расширение сырьевой базы азотных производств за счет внедрения новых технологических процессов глубокой переработки ранее не утилизовавшегося газового сырья (попутных нефтяных газов);

— увеличение числа технологических переделов с целью повышения выхода конечных продуктов с высокой долей добавленной стоимости.

4. Необходимо создание научно-производственных комплексов по разработке и внедрению отечественных технологий производства полимерных материалов с целью интенсификации развития полимерного кластера промышленности.

Производству полимерных материалов в перспективе принадлежит особое место в развитии нефтехимического комплекса России. Это обусловлено наличием в настоящее время серьезного дисбаланса между объемами добываемого углеводородного сырья и производством продуктов его глубокой переработки, к которым относятся и полимерные материалы. Полимеры и изделия на их основе импортируются в Россию по завышенным ценам. Развитие мощностей по переработке углеводородного сырья в полимеры и разработка методов производства изделий из полимеров позволят значительно увеличить отечественный ВВП, поскольку стоимость этой продукции в 10÷100 раз превышает стоимость исходного углеводородного сырья. Потребности российского рынка в полимерах и изделиях из них удовлетворяются в настоящее время за счет отечественного производства менее чем на 50 %. Кроме того, полимерные материалы находят все новые, пока нетрадиционные для России об-

ласти применения в жилищно-коммунальном хозяйстве, теплоснабжении, трубопроводном транспорте. Характерно, что душевое потребление полимеров в России почти в 10 раз отстает от их потребления даже в таких странах, как Китай. Все это обеспечивает очень высокий рыночный потенциал полимеров и возможность роста российского рынка на сумму свыше 40 млрд руб./год, даже если учитывать только стоимость самих материалов.

5. Назрела необходимость комплексной модернизации технологических циклов производства шин нового поколения, включая технологии производства новых типов синтетических каучуков и усиливающих наполнителей. Очень перспективно создание производств наноструктурированных углерод-минеральных наполнителей для так называемых «зеленых шин».

Развитие нанотехнологий в настоящее время уже достигло того уровня, когда стало возможным их широкое применение в нефтехимической промышленности. В первую очередь это относится к наноструктурированным углерод-минеральным наполнителям для шин нового поколения («зеленых шин»). Такие наполнители — сложные наукоемкие композиты на основе соединений углерода и кремния. Учитывая темпы перехода отечественной шинной промышленности на производство новой продукции, требуется ускоренное развертывание производств и новых наполнителей, взамен традиционной технической сажи. Ориентировочная потребность шинной промышленности России в наноструктурированных наполнителях оценивается в 1–1,5 млрд руб./год с последующим выпуском новой продукции — «зеленых шин» — на сумму до 200 млрд руб./год.

Несомненна потребность в ускоренном развитии технологической базы отечественного экопрома (экологического машиностроения).

Существенно, что в последние годы в России стала формироваться, со значительным запозданием по сравнению с промышленно-развитыми странами, новая подотрасль — выпуск каталитических нейтрализаторов для очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания автомобилей. Наряду с собственно производством катализаторов и комплектных автомобильных нейтрализаторов потребуются развертывание системы их обслуживания, включающей услуги по замене катализаторов и их переработке с извлечением драгметаллов. Объем отечественного рынка автомобильных нейтрализаторов оценивается в 3–6 млрд руб. в год. Особо следует отметить необходимость го-

сударственной сертификации данной продукции в соответствии с законом «О техническом регулировании», например, путем принятия соответствующих технологических регламентов и создания государственных аттестационных стендов.

Масштабность задач, стоящих перед наукой в области отечественной химии и нефтехимии требует наличия адекватной научно-технической базы. По мнению известного специалиста в области каталитических технологий Хальдора Топсё (Дания) для работы на мировом уровне в области высоких каталитических технологий, организация-разработчик должна иметь более 50 научных сотрудников при наличии у них доступа к оборудованию стоимостью более 20 млн долл. [1]. Типичная схема движения от науки к рынку предполагает неразрывную связь фундаментальных и прикладных исследований, анализа рынка, создания и эксплуатации опытных установок. Даже в лучшем случае на прохождение этих этапов требуется не менее 4–5 лет. Только завершив опытные (опытно-промышленные) испытания, можно утверждать

о появлении разработки как инновационного продукта. При этом срок окупаемости расходов на создание принципиально нового каталитического процесса, считая от инициации фундаментальных исследований, составляет не менее 10–12 лет.

2. КРУПНЕЙШИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ИНСТИТУТА КАТАЛИЗА им. Г.К. БОРЕСКОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

В России начала XXI в. наибольшую роль в развитии новых промышленных каталитических процессов обеспечивают инновационные проекты государственного значения. Примеры таких проектов, в выполнении которых принимает участие Институт катализа СО РАН, приведены в табл. 1.

Упомянутые в табл. 1 проекты имеют ярко выраженное межотраслевое значение и высокую общественную эффективность. При выполнении таких проектов госзаказчик налагает на исполнителей обязанность в привлечении на каждый бюд-

Таблица 1

Примеры инновационных проектов государственного значения, в которых принимает участие Институт катализа СО РАН

Наименование проекта	Срок	Основные исполнители
1. Разработка и промышленное освоение катализаторов и каталитических технологий нового поколения для производства моторных топлив (проект «Моторные топлива») Госзаказчик: Минпромэнерго России	2003–2006 гг.	Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск; Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, г. Омск; ЗАО «Промышленные катализаторы», г. Рязань; ОАО «Омский НПЗ» (ОАО «Газпромнефть») г. Омск
2. Разработка и создание технологической базы для структурной модернизации отечественного многотоннажного производства полиолефинов (проект «Полиолефины») Госзаказчик: Роснаука	2005–2007 гг.	Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск; ОАО «Томскнефтехим», г. Томск; ФГУП «ВНИИСВ», г. Тверь; ИХиХТ СО РАН, г. Красноярск
3. Разработка базовой ресурсо- и энергосберегающей технологии и конструкций реакторов с нанопористыми каталитическими мембранами для переработки легкого углеводородного сырья (проект «Ароматика») Госзаказчик: Роснаука	2005–2007 гг.	Ассоциация «АСПЕКТ», г. Москва; ОАО «ВНИИПИНефть», г. Москва; ОАО НИПИГазпереработка, г. Краснодар; ОАО «Татнефтехиминвест-Холдинг», г. Казань; ОАО «Новосибирский завод химконцентратов», г. Новосибирск; ЗАО «Самарский завод катализаторов», г. Самара; Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка; Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск

жетный рубль не менее 1–2 руб. внебюджетных (частных) средств. Кроме того, прирост производства продукции по темам таких проектов через 3–5 лет с момента начала их выполнения должен превышать выделенное бюджетное финансирование не менее чем в 5 раз.

В ходе выполнения проекта «Разработка и промышленное освоение катализаторов и каталитических технологий нового поколения для производства моторных топлив» была завершена разработка и поставлены на производство новые поколения катализаторов крекинга вакуумного газойля и риформинга [2]. К концу 2006 г. на катализаторном производстве ОАО «Омский НПЗ» (ОАО «Газпром-нефть») было произведено более 3000 т новых микросферических катализаторов крекинга, которые обеспечивают выход бензиновой фракции на уровне 55–56 %, что соответствует лучшим мировым промышленным катализаторам. Одновременно, в ходе выполнения проекта к промышленному освоению подготовлен абсолютно лучший в мире катализатор крекинга, обеспечивающий выход бензина на уровне 60 % при октановом числе этого бензина более 93 % (по исследовательскому методу). Широкое использование разработанного катализатора на НПЗ России позволит увеличить глубину переработки нефти в моторные топлива и, как следствие, увеличить производство бензина на 1,5–1,7 млн т/год, не увеличивая при этом объема перерабатываемой нефти.

Новые катализаторы риформинга [3], производство которых освоено на ЗАО «Промышленные катализаторы» (г. Рязань), обеспечивают получение высокооктановых компонентов бензина (с ИОЧ до 100). К настоящему времени произведено более 150 т катализаторов риформинга новых марок. В целом, дополнительное производство моторных топлив за счет использования новых катализаторов крекинга и риформинга к настоящему времени превышает 3 млн т.

В целом по проекту уже на 1 декабря 2006 г. на 1 руб. бюджетных средств, выделенных на реализацию проекта, произведено дополнительной продукции более чем на 13 руб. Существенно, что более 40 % от указанного объема, возвращается в госбюджет в виде налогов.

В конце 2005 г. стартовал инновационный проект государственного значения «Полиолефины». Целью выполнения этого проекта является перевод производства катализаторов полимеризации олефинов на новый технологический уровень, обеспечивающий одновременно и более совершенный

уровень переработки углеводородного сырья, технологическую независимость и конкурентоспособность российских производств полимеров, в том числе полимеров для экстремальных условий эксплуатации.

Продукцией по проекту являются: титанмагнетитовые катализаторы производства полипропилена, полиэтилена и сверхвысокомолекулярного полиэтилена [4, 5]; полипропилен улучшенного качества и сверхвысокомолекулярный полиэтилен, а также изделия на их основе для машиностроения, транспорта и оборонных отраслей промышленности.

К настоящему времени с помощью новых отечественных катализаторов на ОАО «Томскнефтехим» уже освоено производство нового полимерного материала — сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Молекулярная масса СВМПЭ (а она зависит от числа атомов в одной молекуле полимера) достигает 10 миллионов. Благодаря такой структуре молекул СВМПЭ обладает большой механической прочностью и высокой ударной вязкостью. Прочность нитей из СВМПЭ примерно в 2 раза выше, чем у нитей из известного кевлара. Это позволяет применять СВМПЭ, например, в системах бронезащиты, а в гражданской сфере — для защиты от разрушений любых рабочих поверхностей, например, кузовов большегрузных автомобилей. Новый полимерный материал устойчив к химическим воздействиям и сохраняет свои свойства в условиях экстремальных температур, обеспечивая возможность работы в самых сложных условиях: в якутские морозы, в коррозионных средах и даже в космосе. Благодаря высокому коэффициенту скольжения материала, его можно применять для создания скользящих поверхностей, например, для катания на коньках в разгар жаркого лета.

Уже сейчас на ОАО «Томскнефтехим» работает опытная установка по производству СВМПЭ (около 300 т/год). Установка создана самим нефтехимическим комбинатом совместно с Институтом катализа. В ближайшее время планируется довести мощность установки до 500 т/год. На базе полученного опыта отработана технология, которая позволяет строить промышленные линии по производству СВМПЭ мощностью в десятки тысяч тонн в год. Экономические оценки показывают, что реализация данного проекта по производству СВМПЭ позволит, начиная с 2008 г., получать продукцию на сумму свыше 4 млрд руб./год.

Создание производства СВМПЭ было бы невозможно без разработки особого катализатора, ко-

торый позволяет миллионам атомов объединяться в единую гигантскую молекулу полимера. Потребность в катализаторе, обеспечивающем полимеризацию молекул этилена, составляет всего 20–40 кг для производства 500 т СВМПЭ. Права на катализатор принадлежат Институту катализа СО РАН, а наработка необходимых его количеств осуществляется пока на опытном производстве Института. В будущем производство катализатора предполагается освоить на ОАО «Томскнефтехим», опыт подобного взаимодействия комбината и Института уже имеется.

Сверхвысокая молекулярная масса СВМПЭ определяет его уникальные физико-механические свойства, но одновременно и усложняет переработку этого полимера, который в ходе каталитического процесса получают в форме тонкого порошка. Так, высокая вязкость расплава СВМПЭ не позволяет использовать традиционные для термопластов эффективные методы переработки. Например, для прессования (спекания под давлением) порошка СВМПЭ в изделие нужной формы требуется несколько часов. Конечно, такие изделия получаются дорогими. Если принять стоимость некоторого количества СВМПЭ в форме порошка за единицу, то пленка из него будет стоить уже 10 единиц, а более сложное изделие окажется еще на порядок дороже. Поэтому развитие технологий переработки СВМПЭ представляет сейчас одну из первоочередных задач проекта «Полиолефины». Разработкой технологий переработки СВМПЭ сейчас занимается большая группа организаций научно-технического профиля в Новосибирске, Томске, Красноярске, Твери. Можно полагать, что спрос на СВМПЭ в России будет стремительно возрастать, и он будет находить все новые и новые сферы применения.

Проект «Ароматика» является одним из первых примеров применения нанотехнологий в отечественной практике катализа, поскольку в его основе лежит переработка легкого углеводородного сырья в ароматические углеводороды с помощью нанопористых катализаторов.

Хорошо известно, что проблема утилизации попутных нефтяных газов, которые в больших объемах извлекаются вместе с добываемой нефтью, особенно актуальна для северных месторождений, которые отдалены от нефтехимических комбинатов. Главная сложность здесь состоит в том, что попутный нефтяной газ не удается транспортировать вместе с обычным природным газом (метаном) по стандартным газопроводам. Это связано с

тем, что при смешении метана с компонентами попутных газов в холодное время года в трубопроводных системах образуются пробки из газовых гидратов, которые закупоривают трубу. Другие способы транспортировки попутных газов очень дороги.

Освоение любого крупного нефтегазового месторождения в Сибири приводит к появлению источника газовых выбросов с объемом до 0,5 млн т/год. До сих пор у проблемы было два решения: либо выделить пригодный к транспортировке газ, а оставшиеся углеводороды вновь закачать под землю, увеличивая тем самым газоотдачу пластов, либо просто сжечь. Нефтедобывающие компании в России обычно предпочитают именно второе решение.

Уже сейчас участники проекта «Ароматика» (см. табл. 1) предлагают новую, но уже неплохо отработанную технологию переработки попутных газов в жидкие «ароматические» углеводороды прямо на месте добычи [6]. Если бы в России весь попутный нефтяной газ удалось перерабатывать с помощью этой технологии в жидкость, то нефтехимические заводы получали бы ежегодно по 5–6 млн т дополнительного сырья. Для такой переработки легких углеводородов используют наноструктурированные цеолитсодержащие катализаторы (рис. 1), на поверхности и в порах нанометрового размера которых протекают химические превращения компонентов попутного газа в ценные жидкие продукты.

В октябре 2006 г. в Краснодарском крае на опытном заводе ОАО «НИПИГазпереработка» прошли представительные испытания опытно-промышленной установки (рис. 2), созданной по технологии Института катализа СО РАН [7] и позволяющей продемонстрировать в опытно-промышленном масштабе процесс переработки попутных нефтяных газов в жидкие ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилолы) – дефицитное сырье для нефтехимии.

По технико-экономическим оценкам, установка для переработки попутного газа мощностью 60000 м³/сут (20 млн куб. м/год) должна стоить не более 10–12 млн долл. Если же пересчитывать стоимость производимой ею продукции даже по цене сырой нефти, то получается что такая установка окупается менее, чем за 1,5 года. Для обеспечения обсуждаемой технологии переработки катализаторами к концу 2006 г. на ОАО «Новосибирский завод химконцентратов» (входит в концерн «ТВЭЛ» Росатома) будет запущено произ-

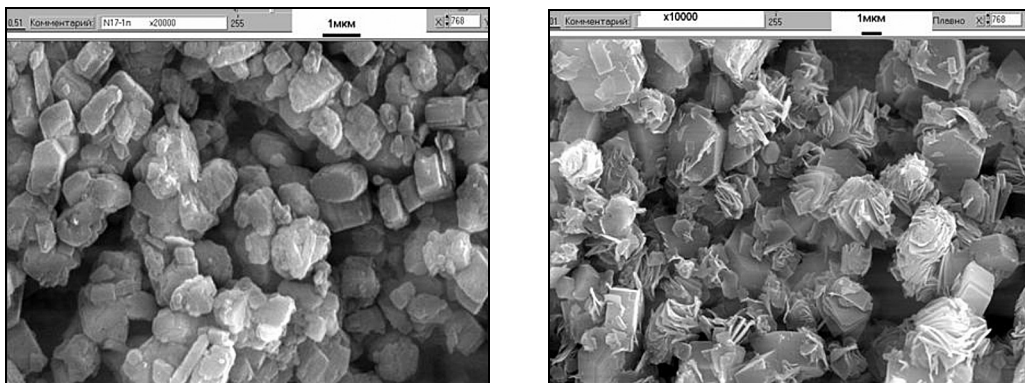


Рис. 1. Оптимизация размера и морфологии цеолитных катализаторов, используемых для переработки попутных нефтяных газов

а – морфология цеолитных кристаллов, традиционно использовавшихся для приготовления катализаторов ароматизации пропан-бутановой фракции; б – морфология наноструктурированных цеолитных кристаллов, разработанных для нового поколения катализаторов ароматизации пропан-бутановой фракции



Рис. 2. Пилотная установка получения ароматических углеводородов мощностью 1 тыс. т/год, созданная в ОАО «НИПИГазпереработка» (г. Краснодар) по разработке Института катализа

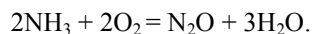
водство необходимых катализаторов мощностью 150 т/год. Такой объем производства катализаторов способен обеспечить переработку почти половины ныне сжигаемых попутных газов России.

3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ В ОБЛАСТИ КАТАЛИЗА

Среди каталитических процессов, по которым завершены стадии НИР, особое место занимает новая и альтернативная кумольному методу технология получения фенола из бензола путем его одностадийного газофазного селективного окисления закисью азота [8]. Новый процесс разработан сов-

местно Институтом катализа СО РАН и компанией «Solutia» (США) и базируется на использовании железосодержащих цеолитных катализаторов. В этом процессе закись азота окисляет бензол в фенол при температурах 450–470 °С с селективностью более 98 %. Процесс идет в одну стадию в отличие от трехстадийного кумольного метода. Новый способ прошел пилотные испытания в США на установке производительностью до 10 т фенола/год и подтвердил все свои преимущества по сравнению с кумольным методом: снижение расходных норм по бензолу на 15–20 %, сокращение капитальных затрат — на 30 %, высокую безопасность процесса и отсутствие побочных продуктов.

Для обеспечения нового способа получения фенола окислением бензола дешевой закисью азота Институтом катализа был разработан также и новый способ получения закиси азота из аммиака путем его селективного окисления кислородом:



Катализаторами для нового процесса являются оксиды марганца и висмута на корунде [9]. В связи с высокими разогревами при окислении аммиака процесс осуществляют в реакторах с кипящим слоем катализатора при температурах 350–370 °С. При использовании в качестве окислителя кислорода на пилотной установке производительностью до 10 т N₂O/год получаемая смесь содержала после осушки 85 % N₂O, менее 2 млн⁻¹ NO_x, остальное — азот. Расходные нормы по аммиаку составляли 0,9 кг NH₃/кг N₂O, а себестоимость N₂O не превышала 8 руб./кг.

Новый способ получения фенола из бензола и закиси азота может послужить основой для модернизации действующих производств капролактама путем перевода их на короткую схему его получения. Наряду со значительным снижением капитальных затрат (в 1,7–1,8 раза), это позволит снизить расход бензола на производство капролактама с 1,05÷1,07 до 0,87÷0,89 т/т. Кроме того, существенно возрастет безопасность процесса за счет исключения стадий окисления промежуточных полупродуктов.

Каталитические технологии могут иметь большое значение при реализации национальных проектов в области медицины, сельского хозяйства и жилищного строительства. В качестве примеров упомянем только некоторые каталитические технологии, по которым завершена стадия НИР и имеются опытные образцы или опытное производство.

В пищевой и химической отраслях промышленности из растительных масел производят широкий ассортимент продукции, темпы роста и объемы производства которой определяются как уже существующими, так и новыми областями применения.

Так, традиционно масложировую продукцию используют для пищевых, бытовых и технических целей. Например, российский рынок маргариновой продукции, получаемой путем каталитического гидрирования растительных жиров, оценивается в 20 млрд руб./год. При этом потребление маргариновой продукции за период 1995–2003 гг. выросло в 3 раза (со 140 до 413 тыс. т). Это связано

со снижением производства и потребления животного масла и животных жиров, а также более низкой стоимостью растительных жиров по сравнению с животными и ростом объемов производства пищевых продуктов, в рецептурах которых используются растительные жиры.

За последние 10 лет одним из наиболее динамично развивающихся рынков (ежегодный 10–15 %-й рост) является рынок парфюмерно-косметических и моющих средств, где используют стеарин и глицерин. Объем этого рынка в России оценивают в сумму порядка 120 млрд руб. Однако в России объемы производства стеарина недостаточны. Существенная доля (~50 %) стеариновых кислот закупается по импорту, причем по ценам, в 2,5–3 раза превосходящим цены отечественных аналогов.

Состояние отечественных производств, связанных с переработкой растительного сырья в масложировую продукцию (маргарин, стеарин, глицерин), характеризуется низким технологическим уровнем и не отвечает современным экологическим требованиям как к процессу производства, так и качеству выпускаемой продукции.

Ключевой стадией технологии переработки растительного сырья в масложировую продукцию, определяющей эффективность процесса производства и качественные характеристики производимой продукции, является стадия каталитического гидрирования, для которого в настоящее время используют малоактивные никелевые катализаторы, что в свою очередь определяет высокую энергоемкость процесса гидрирования и образование значительного количества продуктов термического распада жиров и нежелательных *транс*-изомеров, оказывающих канцерогенное воздействие на организм человека. Повышение чистоты продукта, снижение содержания никеля и продуктов термораспада, достигается за счет дополнительных дорогостоящих стадий очистки, что сопровождается образованием больших объемов сточных вод и выбросами в атмосферу токсичных газов, а также существенно увеличивает стоимость целевого продукта.

Другим негативным моментом при использовании применяемых в настоящее время никелевых катализаторов гидрирования является необходимость использования импортного сырья – кокосового масла, как более реакционноспособного по сравнению с дешевым и доступным отечественным сырьем – отходами жиркомбинатов и растительными маслами выращиваемых в России культур: подсолнечника, рапса, сои, льна и др.

Характеристики технологий получения масложировой продукции

Показатели	Перспективная технология	Технология, применяемая на отечественных предприятиях
Селективность процесса, %	98	97
Температура процесса, °С	150–170	230–250
Содержание <i>транс</i> -изомеров, %	17–19	25
Наличие вредных примесей (акролеина и т.п.), %	0,001	0,2

Одним из возможных вариантов решения этих задач является переход на новое поколение значительно более активных (не менее чем в 2 раза) катализаторов на основе палладия. Это обеспечивает значительное снижение температуры процесса (с 250 до 150 °С), повышение селективности образования полезных веществ до 98–99 %, отсутствие токсичных (например, акролеина) и канцерогенных примесей (табл. 2).

В технологии гидрирования [10], разработанной на основе палладиевых катализаторов, исключаются дорогостоящие стадии тонкой очистки, сокращаются расходы водорода и энергии на стадии гидрирования и фильтрации. При этом оказывается возможным эффективное применение отходов жировых комбинатов, которые в настоящее время практически не используются. Получаемая по новой технологии масложировая продукция имеет высокую твердость и относительно низкую температуру плавления и поэтому может служить сырьем для производства продукции с повышенным содержанием растительных масел, что обеспечивает ее повышенную питательную ценность, мягкую консистенцию и высокие диетические качества. Новая технология в настоящее время проходит пилотные испытания. На ОАО «НЭФИС Косметикс» (г. Казань) планируется дальнейшее расширение областей применения разработанной технологии на масложировых производствах.

Технически сложны, многостадийны, энергоемки и сопровождаются большим количеством вредных стоков и отходов многие процессы производства витаминов и карбоновых кислот. В этой связи Институт катализа СО РАН готов предложить две новые ресурсо- и энергосберегающие технологии получения никотиновой кислоты (витамин РР) [11] и муравьиной кислоты [12].

Никотиновая кислота относится к витаминам группы В₃ и применяется как противопеллагриче-

ский препарат (витамин РР — *Pellagra Preventive*). Известно, что никотиновая кислота (НК) и ее производное никотинамид (НА) являются составной частью жизненно необходимых коферментов, которые ответственны в организме за преобразование углеводов в энергию. В настоящее время НК и НА применяют для лечения шизофрении, диабета, аутоиммунных и холестерин-связанных заболеваний, а также для приготовления различных косметических средств. Техническую НК широко используют в сельском хозяйстве в качестве премиксов для домашней птицы и как регулятор роста растений. Поскольку человеческий организм не производит ни НК, ни НА, их поступление в организм происходит в результате потребления продуктов питания. В природе НК находится в связанной форме в пшенице, дрожжах, свинине и печени крупного рогатого скота. Тем не менее основная часть товарной НК сегодня производится искусственно. Мировое производство НК составляет около 35 тыс. т/год.

В Институте катализа СО РАН разработана новая, не имеющая аналогов в мире, каталитическая технология получения никотиновой кислоты методом одностадийного газофазного гетерогенно-каталитического окисления не очень сложного вещества β-пиколина (БП) кислородом воздуха в присутствии высокоселективного оксидного ванадийтитанового катализатора [11]. Новая технология позволяет осуществлять процесс окисления БП в реакторе трубчатого типа. При этом при температурах 270–280 °С происходит превращение БП с высоким, до 85 % полезным выходом НК. Пары чистой НК осаждаются в кристаллизаторе, а небольшое количество побочных органических продуктов обезвреживается в каталитическом нейтрализаторе. Новая технология проста и эффективна, исключает образование сточных вод и токсичных газовых выбросов. После перекристаллизации тех-

нического продукта из водного раствора чистота НК соответствует фармакопейным требованиям. Капитальные затраты по новому методу в несколько раз ниже, чем в альтернативных схемах. Технология получения НК опробована на опытной установке ОАО «Химпласт», (г. Новосибирск), производительностью 200 т/год, что позволяет предложить эту технологию всем заинтересованным промышленным предприятиям.

Муравьиная кислота (МК) является самой экологически чистой кислотой и широко применяется в кожевенных и текстильных производствах для обработки кож и тканей, в химической и фармацевтической отраслях для контроля кислотности процессов, в сельском хозяйстве для консервирования кормов, а также в производстве пентаэритрита, в целлюлозно-бумажной отрасли промышленности и т.п.

Традиционные крупные производства МК многостадийны и основаны на гидролизе ее метилового эфира. Технологическая сложность традиционного метода и связанные с ней высокие удельные расходы обуславливают экономическую целесообразность создания исключительно крупнотоннажных производств, как правило, удаленных от потребителя.

Институт катализа СО РАН разработал новую экологически чистую технологию синтеза МК прямым окислением формальдегида на оксидном катализаторе [12]. Конечным продуктом по данной технологии является 50–55 %-й водный раствор МК. Процесс осуществляется в трубчатом реакторе на ванадийтитановом катализаторе при температурах 110–125 °С. В реакторе формальдегид селективно окисляется в МК с выходом 83 %. Реакционные газы после реактора поступают в двухступенчатый конденсатор муравьиной кислоты, а затем направляются в каталитический дожигатель на обезвреживание от следов формальдегида, муравьиной кислоты и оксида углерода.

Новый процесс синтеза МК успешно опробован на нескольких пилотных установках. Сейчас к нему проявляют большой интерес отечественные и зарубежные предприятия по выделке кож и меховых изделий. По сравнению с традиционными технологиями, новая технология получения НК и МК обладает следующими значительными преимуществами:

- простая и надежная технологическая схема с минимальным количеством стадий;
- полная экологическая безопасность, отсутствие сточных вод, твердых отходов и вредных газовых выбросов;

- низкая себестоимость конечного продукта;
- низкие удельные капитальные вложения и короткие сроки их окупаемости;
- возможность создания небольших производств в непосредственной близости от потребителя на ограниченных производственных площадях;
- высокое качество продуктов.

Достигнутый в настоящее время Институтом уровень научно-технологической проработки упомянутых процессов позволяет предлагать химическим заводам техническую документацию в объеме, достаточном для создания современных производств.

Проблему создания здоровой окружающей среды обычно решает применение каталитических методов очистки токсичных газовых выбросов промышленных производств. В 2004 г. на основе технологии и катализатора, созданных в Институте катализа СО РАН [13], на ОАО «Омский НПЗ» (ОАО «Газпромнефть») была введена в эксплуатацию промышленная установка очистки отходящих газов от сероводорода путем его селективного окисления до серы ($\text{H}_2\text{S} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$) (рис. 3). Ввод этой установки позволил уменьшить выбросы соединений серы (SO_2) в атмосферу в 4–5 раз (на 1500–2000 т/год).



Рис. 3. Промышленная установка очистки газов от сероводорода на ОАО «Газпромнефть–Омский НПЗ» производительностью 10 тыс. м³/ч

Технологии, основанные на упомянутой реакции, сейчас внедряются для удаления сероводоро-

да из попутных нефтяных газов и высокосернистого природного газа [14].

Помимо каталитических технологий, созданных в интересах крупнотоннажных химических производств, Институтом катализа СО РАН доведен до уровня пилотного производства и ряд каталитических устройств для массового применения. В качестве примера таких устройств можно назвать компактные установки для фотокаталитического обеззараживания воздуха [15].

Фотокатализ обеспечивает принципиально новые возможности очистки и обеззараживания воздуха от практически любых химических загрязнителей органического происхождения. Фотокаталитическая очистка не требует наличия повышенной температуры в зоне каталитической реакции и использования жесткого ультрафиолетового излучения, вызывающего образование ядовитого газа озона, используемого для дезинфекции при традиционных подходах. Активность фотокатализатора при низкой температуре связана с постоянной генерацией под действием мягкого ультрафиолетового света химически высокоактивных частиц на поверхности фотокатализатора. Схема работы фотокаталитического очистителя воздуха приведена на рис. 4.

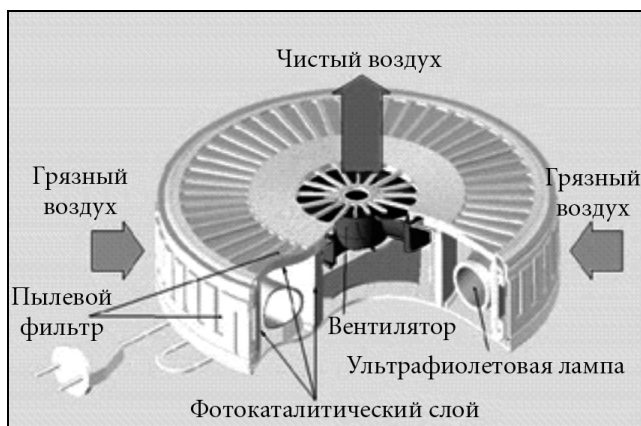


Рис. 4. Схема фотокаталитического очистителя воздуха от неприятных запахов, табачного дыма, аллергенов, а также болезнетворных вирусов и бактерий, токсинов

Следует отметить, что в настоящее время фотокаталитический способ является единственным способом очистки воздуха, эффективным при комнатной температуре по отношению и к молекулярным, и к биологическим загрязнителям.

Фотокаталитические технологии имеют широкую область применений. Наибольшее значение

имеют очистка, дезодорирование и дезинфекция воздушной среды, а также дезинфекция и дезодорирование систем хранения продуктов.

Эффективная коммерциализация фотокаталитических очистителей-обеззараживателей возможна при ориентации производителей таких устройств на приоритетные направления обеспечения здоровья и комфортности среды обитания населения. Известны огромные убытки, вызываемые ежегодными эпидемиями гриппа и ОРЗ. Потенциально опасной является эпидемия птичьего гриппа. В то же время установка фотокаталитических обеззараживателей воздуха в общественных местах позволила бы эффективно блокировать аэрозольные пути передачи возбудителей заболеваний. Такие обеззараживатели были бы особенно полезны в лечебных учреждениях, детских садах, общественном транспорте, общественных зданиях, а также пенитенциарных учреждениях. Сильное загрязнение воздуха в крупных городах России также обуславливает потребность в новых эффективных очистителях воздуха. Только по Москве наблюдается острый текущий дефицит в эффективных и недорогих очистителях воздуха российского производства в количестве до 10 тыс. изделий в месяц. По России в целом текущая потребность в фотокаталитических очистителях воздуха российского производства для бытовых, офисных, лечебных, производственных помещений, холодильного оборудования оценивается в 200 тыс. изделий в год, что в стоимостном выражении составляет около 1 млрд руб./год.

Особое значение может иметь использование фотокаталитических обеззараживателей в бытовых и промышленных холодильниках. Использование таких обеззараживателей не только устраняет запахи, но и в несколько раз увеличивает срок безопасного хранения продуктов за счет уничтожения микробов. Как результат, применение фотокаталитических технологий в овощехранилищах приведет к резкому сокращению потерь продуктов при их длительном хранении.

В настоящее время на основе разработок Института катализа СО РАН освоен массовый выпуск фотокаталитических обеззараживателей воздуха бытового применения на трех предприятиях России, в том числе на ФГУП НПО «Луч» (г. Новосибирск). Такие обеззараживатели уже широко применяют в офисах, бытовых и лечебных помещениях. Другие перспективные сферы применения фотокаталитических технологий пока еще открыты для инвесторов и производителей.

Совершенно неожиданным является применение каталитических и сорбционных технологий для сушки сельскохозяйственной продукции и биологических препаратов.

Наиболее распространенные в настоящее время термические методы сушки основаны на использовании достаточно высоких температур, что зачастую приводит к разрушению исходного химического и биологического субстрата, частичной или полной потере пищевой ценности или фармакологического действия этого субстрата. Более того, если подогрев подаваемого в сушилку воздуха осуществляется топочными устройствами прямого нагрева (наиболее дешевый способ), то осушающий агент (подогретый воздух), является, по сути, смесью атмосферного воздуха и продуктов сгорания топлива, экологические показатели которых далеки от совершенства. Это приводит к контакту материала осушаемого субстрата с токсичными и нередко канцерогенными продуктами неполного сгорания (монооксид углерода, сажа, альдегиды, бенз(а)пирены), что также отражается на качестве получаемого продукта. Решение многих задач качественной сушки возможно в случае применения адсорбционно-каталитической сушки [16], основанной на прямом контакте, например, сельскохозяйственной продукции с твердым осушителем — нанопористым адсорбентом. При таком контакте влага с высокой скоростью переходит в тонкие капилляры адсорбента даже при комнатной температуре. По окончании процесса сушки адсорбент отделяют от продуктов и регенерируют при необходимой температуре. Энергозатраты на описываемый вид сушки оказываются примерно в 5 раз меньше, чем в традиционных методах сушки.

Потребность в агрегатах адсорбционно-контактной сушки для производства только биологически-активных препаратов оценивается в 1000 шт. Эта потребность обусловлена тем, что до 50 % себестоимости таких препаратов составляют затраты

на сушку или удаление растворителей-предшественников. Замена традиционно используемой термической сушки технологией адсорбционно-контактной сушки позволит в 5–7 раз сократить энергозатраты и не менее чем в 10 раз — затраты времени на производство единицы продукции, что приведет к снижению ее себестоимости в 2–3 раза. Для сельскохозяйственной продукции улучшение сохранности продовольственного и фуражного запаса и повышение всхожести семенного фонда могут обеспечить еще больший выигрыш. Сейчас речь должна идти о создании широкого типоразмерного ряда установок адсорбционно-контактной сушки различной производительности и назначения. На наш взгляд, такие установки обладают высокой коммерческой привлекательностью как для производителей, так и для потребителей самой разнообразной биологической продукции — фермеров, заводов по переработке сельхозпродукции, производств биологически активных фармацевтических препаратов и т.д.

При сжигании природного газа и других органических топлив за счет высоких температур образуются оксиды азота и в ряде случаев — продукты неполного окисления (например, монооксид углерода). Это не позволяет использовать дымовые газы непосредственно для обогрева помещений. Поэтому для нагрева воздуха дымовыми газами применяют рекуперативные теплообменники. Наряду с большой металлоемкостью теплообменников обеспечиваемая ими эффективность рекуперации тепла, как правило, не превышает 65–75 %, т.е. до 25–30 % произведенного тепла бесполезно теряется. Для устранения упомянутых проблем в Институте катализа СО РАН разработан экологически чистый каталитический воздухоподогреватель, работающий на природном газе или другом доступном газообразном или жидком топливе [17] (рис. 5).

Принцип действия такого нагревателя основан на двухстадийном сжигании природного газа. На

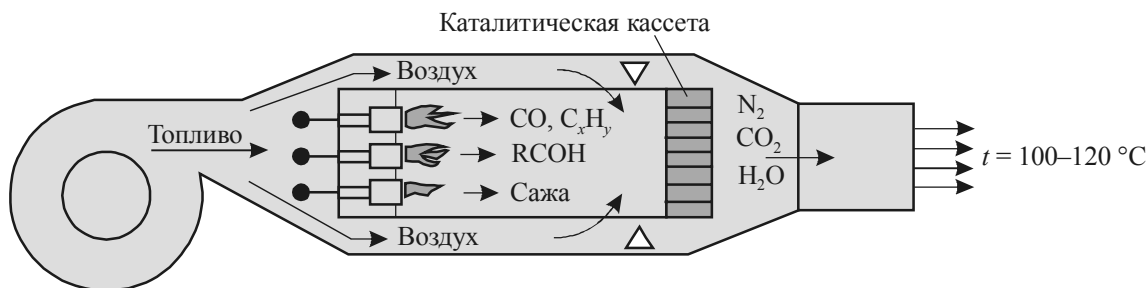


Рис. 5. Технологическая схема каталитического теплогенератора

первой стадии осуществляется факельное сжигание используемого топлива. Затем с помощью вентилятора топочные газы разбавляются дополнительной подачей воздуха до необходимой температуры и подаются во вторую камеру, где установлена кассета с блочными катализаторами сотовой структуры. Температура топочных газов перед каталитической кассетой 400–800 °С. Этого достаточно для глубокого каталитического окисления продуктов неполного сгорания топлива и монооксида углерода, а также для восстановления оксидов азота. После прохождения сотового катализатора газы разбавляются до температуры 80–100 °С и могут подаваться непосредственно в обогреваемые помещения, т.к. содержание в них оксидов азота и углерода не превышает допустимых санитарных норм. Разработаны нагреватели номинальной тепловой мощности от 70 до 800 кВт с расходами природного газа, соответственно, от 7 до 90 м³/ч. Высокая эффективность использования тепла обеспечивает тепловой КПД не менее 99 %.

Воздухонагреватели предназначены для децентрализованного отопления и создания воздушных завес в производственных и вспомогательных помещениях, обогрева технологического оборудования. Установки успешно эксплуатируются как мобильные воздухонагревательные узлы для обогрева теплиц, хранилищ, ферм, а также для создания защитной атмосферы в овощехранилищах и подкормки углекислым газом тепличных растений. В настоящее время ведется подготовка к серийному производству данных воздухонагревателей, прежде всего, для сельского хозяйства.

Одним из практических результатов разработки наноструктурированных материалов является создание композитов для защиты людей от низких температур [18]. При пропускании воздуха с парами воды через зернистый слой нанопористого материала, например, оксида алюминия, содержащего внутри пор безводную соль (например, CaCl₂) будет происходить активное поглощение влаги и ее связывание в виде твердых кристаллогидратов типа CaCl₂·nH₂O внутри нанопор. Емкость композиционных материалов типа «соль в нанопористой матрице» очень велика и достигает 0,6–1,0 г H₂O/г материала. Материал при поглощении даже такого количества влаги остается сыпучим. Поглощение влаги сопровождается выделением тепла. Для восстановления сорбционных свойств материала его нагревают до температур 60–80 °С, при которых происходит разложение кристаллогидратов и композиционный материал-

сорбент оказывается готовым к повторному использованию.

Если в качестве нанопористой матрицы использовать мелкодисперсный оксид алюминия, ввести в нанопоры CaCl₂ и затем разместить зерна материала внутри стельки для обуви, то мы получим эффективное теплозащитное изделие. При контакте со стопой происходит поглощение влаги и выделение тепла, что создает человеку комфортные условия. Время защитного действия таких стелек составляет 5–6 часов, температура сушки-регенерации 60–70 °С (горячие батареи отопления). Срок службы – до 1 года. Сейчас объем производства таких стелек достигает 150 тыс. пар/год, а потребителями являются военнослужащие (преимущественно зарубежные), строители, спортсмены и представители других групп населения.

Суммируя вышесказанное, можно утверждать, что диапазон применения каталитических и сорбционных технологий необычайно широк и охватывает не только промышленные предприятия, но и каждую российскую семью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги настоящей статьи, следует отметить: диапазон применения каталитических и адсорбционных технологий уже сейчас достаточно обширен и будет стремительно расширяться в будущем; каталитические технологии определяют научно-технический уровень современной нефтепереработки и нефтехимии России; суммарный инновационный потенциал каталитических технологий во временном интервале 2010–2015 гг. превышает 1–1,2 трлн руб./год (табл. 3). В табл. 3 приведены примеры только тех технологических направлений, по которым стадия НИР практически завершена и технологии находятся на пилотном или опытно-промышленном уровне. Следует обратить внимание на следующий принципиальный момент. При объемах производства собственно катализаторов на сумму 4–6 млрд руб./год стоимость, производимой на их основе продукции оказывается в 200–300 раз больше (см. табл. 3). Это означает, что даже значительные затраты на разработку новых катализаторов и каталитических технологий на их основе многократно окупаются при их промышленном использовании. Таким образом, вложение средств в развитие каталитических технологий представляется одним из самых высокодоходных видов бизнеса в России.

Инновационный потенциал каталитических технологий в нефтепереработке и нефтехимии России

Предлагаемые технологии производства важнейших продуктов нефтехимии и нефтепереработки	Объем рынка продукции, млрд руб./год 2010–2015	Потребность в катализаторах (наноматериалах) для данного производства (тыс. т)/(млн руб/год)	Социально-экономические результаты внедрения технологий
Производство моторного топлива, отвечающего экологическим стандартам Евро-3, -4, -5 на основе технологий каталитического крекинга и глубокой гидроочистки	700–800	(12–18)/(1600–2400)	Ежегодная экономия сырой нефти 5–6 млн т на установках каталитического крекинга России. Изменение структуры топливного баланса страны путем увеличения доли высококачественных экологически чистых моторных топлив.
Производство полимеров (полиолефинов) современных массовых марок на основе катализаторов нового поколения	60–80	(0,1–0,15)/(1200–2000)	Увеличение использования в народном хозяйстве полимерных материалов в 8–10 раз. Обеспечение потребностей обороны, машиностроения, приборостроения, строительства и коммунального хозяйства высокотехнологическими полимерными материалами
Переработка попутных газов нефте(газо) добычи в ценные химические продукты – ароматические углеводороды	15–90	(0,2–0,3)/(120–300)	Обеспечение нефтехимической отрасли промышленности высокотехнологическим сырьем в объеме до 6 млн т/год. Увеличение экспорта ценных химических продуктов (бензол, фенол, капролактан). Снижение выбросов CO ₂ при нефте(газо)добыче на 7–8 млрд м ³ .
Производство экологически чистых шин на основе композиционных углеродсодержащих наноматериалов	200–250	–/(1100–1500)	Снижение расхода моторного топлива на 8–10 % и увеличение срока службы автомобильных шин в 2–2,5 раза.
Итого	980–1200	–/(4020–6200)	

С другой стороны, можно попытаться определить и новые перспективные направления для работ в области каталитических и адсорбционных процессов (см. табл. 3). На наш взгляд, к таковым в условиях российской промышленности можно отнести следующие. В условиях стабильно высоких цен на нефтяное сырье экономически оправданным является переход на газовые источники сырья для нефтехимии. В качестве одного из таких направлений можно рассмотреть каталитические технологии получения олефинов (этилена и пропилена) из метанола, являющегося продуктом переработки природного газа (табл. 4). Учитывая соотношения цен на нефть и природный газ можно ожидать в этом случае снижения себестоимости

олефинов — этилена и пропилена — примерно на 30 %. Традиционными катализаторами для таких процессов являются высококремнеземные цеолиты типа ZSM-5 или аналогичные им. Возможно создание технологий на базе других каталитических систем. Актуальность этих технологий подкрепляется стремительным расширением в России мощностей по производству полиэтилена и полипропилена в ближайшие 5–10 лет.

Учитывая рост автомобильного парка России, пропорционально возрастает спрос и на продукцию шинной промышленности. Наряду с синтетическим каучуком необходимой составной частью является технический углерод. За последнее время в России сложился устойчивый дефицит сырья

Актуальные для российской промышленности каталитические процессы

№	Процесс	Потребители	Эффект
1	Переработка метанола в олефины	Заводы по производству полиолефинов	Снижение себестоимости олефинов на 25–30 %
2	Синтез сырья (антраценовая фракция, нафталины) для производства технического углерода	Заводы по производству технического углерода для шинной промышленности	Восполнение сырьевой базы
3	Развитие методов короткоциклового адсорбции для разделения газов	Медицина, нефтехимическая, газовая отрасли промышленности и т.д.	Повышение качества разделения, социальный эффект в медицине
4	Неокислительные процессы переработки природного газа	Газпром, предприятия нефтехимии	Расширение сырьевой базы нефтехимии

(антраценовой фракции и нафталинов) для производства технического углерода. Разработка альтернативных методов получения антраценовых и нафталиновых углеводородов представляется крайне перспективной и востребованной задачей.

Для современных систем разделения газов все большее значение приобретают методы короткоциклового адсорбции. Этот метод позволяет создавать аппараты получения чистых газов в широком диапазоне производительности — от миниатюрных устройств медицинского назначения до агрегатов мощностью в тысячи кубических метров в час. Развитие этого метода, создание сорбентов и организация производства таких устройств — одна из актуальных современных задач.

Как уже говорилось выше, формирование технологической базы по переработке природного газа в сырье для нефтехимии приобретает все большее значение. Попытки вовлечения природного газа в каталитические процессы предпринимаются с завидной периодичностью, однако далее опытных установок дело не продвигается. В последнее время появилась новая волна исследований, связанная с промежуточным образованием из природного газа галогенсодержащих соединений с их последующей ди(три)меризацией. Галогены при этом играют роль промежуточных активаторов и не расходуются в ходе реакции. Таким образом, удается существенно снизить температуру процесса и его энергонапряженность.

К приведенному перечню можно добавить ряд других направлений (например, каталитические

методы переработки возобновляемого растительного сырья), но это носит скорее локальный характер.

В заключение следует сказать, что каталитические и сорбционные технологии находят все более широкое и инновационно востребованное применение — от огромных промышленных заводов до индивидуального потребителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хальдор Топсё – Инженер века. В кн. Из истории катализа: события, люди, школы. / Под ред. В.Д. Кальнера. М.: Калвис, 2005. С. 251.
2. Анфимова Н.П., Баранов А.О., Носков А.С., Новикова Т.С. Взаимодействие государства и частных участников при реализации инновационных проектов государственного значения. // Инновации. Июнь, 2004. С. 52.
3. Заявка № 2005122036 от 28.06.05 (РФ). Способ приготовления катализатора для риформинга бензиновых фракций / А.С.Белый, И.Е. Удрас, Е.В. Затолокина и др. Решение о выдаче патента на изобретение от 13.06.2006 г.
4. Пат. 2191196 (РФ). Способ получения катализатора для полимеризации олефинов и способ полимеризации олефиновых мономеров с его использованием / С.А. Сергеев, Г.Д. Букатов, В.А. Захаров. 2001 г.
5. Пат. 2257263 (РФ). Способ приготовления катализатора и процесс полимеризации этилена и сополимеризации этилена с альфа-олефинами с использованием этого катализатора. В.Е. Никитин, Т.Б. Микенас, В.А. Захаров. 2004 г.
6. Пат. 2188225 (РФ). Способ получения ароматиче-

- ских углеводородов / Г.В. Ечевский, О.В. Кихтянин, О.В. Климов и др. 2002 г.
7. *Климов О.В., Аксенов А.Г., Коденев Е.Г.* и др. // Катализ в пром-сти. 2005, №1. С. 18.
 8. *Uriarte A.K., Rodkin M.A., Gross M.J., et al.* Hydroxylation of Benzene to Phenol by Nitrous Oxide. In: Grasselli R.K., Oyama S.T., Gaffney A.M. and Lyons J.E (Editors). 3rd World Congress on Oxidation Catalysis, San Diego, USA. // Stud. Surf. Sci. Catal., Elsevier. Vol. 110. 1997. P. 857.
 9. Носков А.С., Золотарский И.А., Покровская С.А. // Катализ в пром-сти. 2004, №1. С. 5.
 10. *Simakova I.L., Deliy I.V., Romanenko A.V., Voropayev I.N.* // II International Symposium on Carbon for catalysis – CarboCat-II, July 11–13, 2006, St. Petersburg, Russia. Theses, PP-I-38. P. 194.
 11. *Андрушкевич Т.В., Попова Г.Я., Алькаева Е.М.* // Химическая пром-сть. 3, 1996. С. 165.
 12. *Андрушкевич Т.В.* // Кинетика и катализ. 38, 1997. С. 289.
 13. Пат. 2276097 (РФ). Способ селективного каталического окисления сероводорода в серу. / А.Н. Загоруйко, В.В. Мокринский, Н.А. Чумакова. 2004.
 14. *Исмагилов З.Р., Хайрулин С.Р., Керженцев М.А.* // Катализ в пром-сти. 2004, специальный выпуск. С. 50.
 15. Пат. RU48815 (РФ). Устройство для очистки и обеззараживания воздуха (варианты). / А.В. Воронцов, Д.В. Козлов, В.Н. Пармон. 2005.
 16. *Симонов А.Д., Языков Н.А., Пармон В.Н.* // Химия в интересах устойчивого развития. 7, 1999. С. 565.
 17. *Исмагилов З.Р., Керженцев М.А.* Катализаторы и процессы каталитического горения. // Химическая пром-сть. 1996, № 3. С. 197.
 18. Пат. 2045923 (РФ). Влагопоглощающий материал и вкладная стелька для обуви, содержащая этот материал / О.И. Талалайченко, А.В. Федотов. 1995.

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Указом Президента РФ №635 от 15.05.2007 г. за большой вклад в становление и развитие академической науки в Сибири награждены:

- орденом «ЗА ЗАСЛУГИ ПЕРЕД ОТЕЧЕСТВОМ» IV степени Пармон Валентин Николаевич – академик Российской академии наук, директор Института катализа имени Г.К. Борескова,
- орденом ПОЧЕТА Носков Александр Степанович – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Института катализа имени Г.К. Борескова,
- медалью ордена «ЗА ЗАСЛУГИ ПЕРЕД ОТЕЧЕСТВОМ» II степени Буянов Роман Алексеевич – член-корреспондент, советник Российской академии наук.

Учредители и издатели журнала, редакционная коллегия и редакция искренне поздравляют главного редактора, академика В.Н. Пармона, заместителя главного редактора, проф. А.С. Носкова и члена редакционной коллегии, члена-корр. РАН Р.А. Буянова с высокими государственными наградами России и от всей души желают им крепкого здоровья, счастья, благополучия, дальнейших успехов в развитии науки.

