

Институт проблем переработки углеводородов СО РАН. Достижения науки и практики для решения проблем химической переработки углеводородов

В. А. Лихолобов

ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ЛИХОЛОБОВ — член-корреспондент РАН, профессор, доктор химических наук, директор Института проблем переработки углеводородов СО РАН. Область научных интересов: каталитический органический синтез, целенаправленный синтез активных центров катализаторов, механизмы каталитических реакций, разработка и синтез наноструктурированных углеродных материалов, активация малых молекул, водородная энергетика, химические технологии переработки углеводородов.

644040 Омск, ул. Нефтезаводская, 54, Институт проблем переработки углеводородов СО РАН,
тел. (3812)67-04-50, факс (3812)64-61-56, E-mail val@ihcp1.oscsbras.ru

Введение

Институт проблем переработки углеводородов СО РАН (ИППУ СО РАН) был создан в декабре 2003 г. и начал функционировать как самостоятельное юридическое лицо с 01.01.2004 г.

ИППУ СО РАН организован на базе химических институтов Сибирского отделения Российской академии наук (Омского филиала Института катализа СО РАН и Конструкторско-технологического института технического углерода СО РАН, бывшего Всесоюзного научно-исследовательского института технического углерода МНХП СССР), возникших в 70-е годы XX века прежде всего в интересах бурно развивающегося регионального нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплекса.

Создание нового института такого специализированного профиля явилось крайне важным шагом, обусловленным необходимостью радикальной модернизации нефтеперерабатывающей отрасли России. В сложившейся системе институтов РАН не были представлены в концентрированном выражении научные направления по глубокой химической переработке углеводородов, которые в настоящее время рассматриваются как концептуальные подходы в развитии нефтехимии и нефтепереработки и экономики страны в целом. Грядущее преобразование нефтегазового сектора России связывается не с наращиванием объемов добычи углеводородных энергоресурсов, а с глубокой переработкой углеводородного сырья, с получением продуктов высоких технологических переделов большой химической ценности. И эту стратегическую задачу можно эффективно решить только на базе новых научных достижений и новых технологий в области переработки углеводородов.

В структуру ИППУ СО РАН входят четыре крупные научно-исследовательские лаборатории, отдел экспериментальных технологий адсорбентов и катализаторов, отдел экспериментальных технологий углеродных материалов. Каждый из этих отделов имеет опытное производство и технологические линии, на которых обрабатываются промышленные технологии и выпускается до 200 т/год опытных и головных образ-

цов новых материалов (адсорбентов, катализаторов, дисперсного углерода) для последующей их промышленной апробации. В штате сотрудников института 270 человек.

В созданном институте на основе результатов собственных фундаментальных исследований и исследований институтов, правопреемником которых является ИППУ СО РАН, разрабатываются и внедряются в промышленность новые катализаторы и технологии химической переработки углеводородов нефтяного, каменноугольного и газового происхождения, технологии получения конструкционных и функциональных углеродных материалов.

ИППУ СО РАН, располагающий современным научным и общелабораторным оборудованием, входит в состав учредителей Омского регионального центра коллективного пользования СО РАН, а также в единую телекоммуникационную инфраструктуру Омского научного центра СО РАН и вузов г. Омска.

В Институте созданы и используются в научных исследованиях и испытаниях на пилотном уровне уникальные установки. В их числе технологические стенды, предназначенные для тестирования катализаторов риформинга, для активации и регенерации катализаторов риформинга, для оптимизации технологического режима облагораживающих процессов нефтепереработки, для отработки процессов пропитки носителя активными компонентами, для тестирования катализаторов крекинга, отработки процесса осушки и очистки водородсодержащего газа, для ресурсных испытаний катализаторов разного назначения, а также опытные установки для получения дисперсного (технического) углерода, пилотные установки пиролитического уплотнения дисперсного углерода и активации углеродных материалов, установки для получения аэрозолей дисперсного углерода, их коагуляции, выделения целевых продуктов различного назначения из аэрозольных потоков и др.

При внедрении своих разработок в промышленность ИППУ СО РАН осуществляет их научно-техническое сопровождение и содержательный мониторинг, гарантируя тем самым достижение заявляемых показателей.

Важнейшие результаты фундаментальных исследований ИППУ СО РАН и практические достижения по основным научным направлениям деятельности

Деятельность ИППУ СО РАН включает исследования и технологические разработки, развиваемые на стыке наук (органическая химия, катализ, науки о материалах) и предусматривающие интегрирование научно-технических достижений в областях переработки нефти, нефтехимии, газохимии, производства технического углерода.

Ниже отмечено несколько ключевых фундаментальных разработок института, на основе которых созданы или находятся на стадии разработки технологические процессы и материалы для нефтепереработки и нефтехимии, получившие практическое применение или ожидающие своего использования в будущем. Более подробно каждое из этих направлений освещено в соответствующих статьях, представленных в данном номере журнала.

Химически связанные с поверхностью оксида алюминия малолигандные кластеры как ключевые компоненты высокоэффективных катализаторов реформирования нефтяных фракций

Во многих крупнотоннажных каталитических технологиях нефтепереработки и нефтехимии используются системы типа «высокодисперсный металл (Pt, Pd) на оксидных носителях». Традиционно разработка этих систем проводилась эмпирически, без детального изучения многочисленных стадий их приготовления и процессов формирования активного компонента.

Систематические научные исследования каталитической композиции «платина на оксиде алюминия» позволили расширить представления об устройстве активной поверхности. В рамках этих представлений активная поверхность в системах металл—носитель аппроксимируется тремя состояниями, это: микрокристаллиты металла; высокодисперсные кластеры металла, закрепленные на подложке; химически связанные с носителем малолигандные кластеры, в которых металл находится в координационно ненасыщенном ионном состоянии. Если первые два состояния отвечают традиционным представлениям, то последнее до наших работ не было известно.

В развитие этого нового знания были разработаны методы синтеза малолигандных кластеров металлов и детально исследованы их физико-химические и каталитические свойства. Установлена их высокая термостабильность к спеканию и устойчивость к дезактивации в каталитическом процессе. Идентификация состава и структуры малолигандных кластеров показала, что они представляют собой систему нескольких атомов металла с формальной степенью окисления от 1 до 2 и содержат в координационной сфере атомы хлора, кислорода и серы.

Адсорбционные и каталитические свойства малолигандных кластеров существенно отличаются от хорошо известных дисперсных кластеров металла, закрепленных на носителе. В частности, установлено, что малолигандные кластеры платины являются специфическими активными центрами ароматизации парафиновых углеводородов — важнейшей реакции крупнотоннажного процесса каталитического реформирования бензиновых фракций нефти, служащего для получения

высокооктановых компонентов бензина и ароматических углеводородов (бензола, толуола, ксилолов).

Анализ материала, накопленного за 50 лет по работоспособности промышленных катализаторов риформинга, показал, что прогресс в повышении их эксплуатационных характеристик обусловлен увеличением доли платины, находящейся в состоянии малолигандных кластеров, о чем разработчики этих эмпирически созданных катализаторов сами не подозревали.

Развитые представления о составе активной поверхности в системах металл—носитель легли в основу концепции создания новых поколений катализаторов для базовых процессов нефтепереработки (риформинга, изомеризации), а также новых процессов — твердокислотного алкилирования и гидроолигомеризации для получения высокоразветвленных парафинов.

На основе этой концепции в ИППУ СО РАН разрабатываются методы химического конструирования каталитических систем, создаются новые катализаторы и каталитические технологии процессов нефтепереработки и нефтехимии.

Первым результатом практической реализации нового подхода стало создание пяти марок промышленных катализаторов риформинга, которые успешно конкурируют с зарубежными аналогами. В настоящее время эти катализаторы используются на промышленных установках нефтеперерабатывающих заводов России и Украины для производства высокооктановых автобензинов с наработкой около 3 млн. т/год (см. Приложение 1).

В институте разрабатываются новые технологии процессов изомеризации *n*-бутана в изобутан, гидроолигомеризации, новой модификации риформинга — пентаформинга, скелетной изомеризации легких бензиновых фракций, метатезиса алканов (метаформинг) и др. (см. Приложение 2). С внедрением этих процессов связывается технологическая модернизация нефтепереработки и нефтехимии в рамках решения стратегических задач развития этих отраслей промышленности.

Тонкие пластинчатые кристаллы цеолита с оптимальным соотношением концентрации и силы парных протонных и апроtonных центров как ключевого компонента катализаторов нового поколения для крекингования нефтяных фракций

Катализатор крекинга — самый многотоннажный катализатор (мировое производство 500 тыс. т/год), масштабы использования которого определяют глубину переработки нефти. Выполненный в ИППУ СО РАН комплекс научных исследований позволил сформировать концептуальные положения по созданию и совершенствованию этой сложной каталитической композиции. Основные положения концепции целенаправленного конструирования катализаторов крекинга:

— «химическая формула» катализатора, состоящего из цеолитного компонента, матрицы и связующего;

— оптимизация морфологии и размера кристаллов цеолита, которые должны представлять собой тонкие пластины толщиной 0,1—0,2 мкм и шириной 0,5 мкм;

— оптимальное соотношение парных протонных и апроtonных центров различной силы в цеолитном компоненте и матрице (на цеолите соотношение сильных протонных и апроtonных (средней силы) центров должно находиться в интервале от 1 до 3; на матрице

соотношение сильных апротонных и слабых протонных центров должно быть в интервале от 5 до 10).

Высокую эффективность использования принципов химического конструирования катализаторов крекинга убедительно демонстрирует рекордный выход бензина крекинга на уровне 60–62% (масс.), полученного при переработке реального нефтяного сырья.

Научно-технические разработки, выполненные специалистами ИППУ СО РАН в области конструирования каталитических систем в рамках отмеченной концепции, привели к созданию серии промышленных катализаторов крекинга серии «Люкс», по своему качеству превышающих мировой уровень. Производство и применение этих катализаторов реализовано на Омском нефтеперерабатывающем заводе в масштабе крекирования 3,5 млн. т/год нефтяного сырья (см. Приложение 1). Промышленное внедрение катализаторов серии «Люкс» позволит решить основную стратегическую задачу российской нефтепереработки — повышение глубины переработки нефти с 72 до 95%.

Ближайшие перспективы развития работ в ИППУ СО РАН в этом направлении связаны с созданием металлостойких катализаторов, не подверженных отравлению соединениями ванадия и никеля, содержащимися в нефтяном сырье, и обеспечивающих 95%-ную глубину переработки. Предусматривается разработка новых катализаторов глубокого каталитического крекинга, являющегося мощной базой производства олефинового сырья для нефтехимических процессов (см. Приложение 2).

Открытие и реализация эффекта термодиспергирования в оксидной алюмомарганцевой системе

Многочисленные катализаторы процессов нефтепереработки, нефтехимии и органического синтеза представляют собой системы, состоящие из пористого материала с определенной величиной удельной поверхности в качестве носителя и нанесенного дисперсного активного компонента. Общепринятым было утверждение, что при повышенных температурах дисперсность активного компонента уменьшается — происходит так называемое спекание.

Сотрудниками ИППУ СО РАН открыт эффект термодиспергирования активного компонента для оксидных алюмомарганцевых катализаторов глубокого окисления углеводородов и окисления СО и, как следствие этого, резкого повышения активности после прокаливании катализатора при температуре 900–1000 °С. С использованием методов рентгенофазового анализа *in situ*, электронной микроскопии высокого разрешения, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, EXAFS и других показано, что высокотемпературное диспергирование оксидных марганцевых частиц со структурой дефектной шпинели происходит на поверхности образующегося при этих температурах корунда.

На основании исследования механизма термодиспергирования установлено, что после образования твердого раствора $MnO_x-Al_2O_3$ при 700 °С и его разложения при более высокой температуре реакция твердофазного взаимодействия при 900–1000 °С протекает по двум маршрутам, а именно, осуществляется диффузия ионов марганца в оксид алюминия и диффузия ионов алюминия в частицы оксида марганца. Рас-

слоение модифицированного ионами марганца корунда и модифицированных ионами алюминия частиц оксидомарганцевой шпинели приводит к диспергированию оксида марганца.

На основе эффекта термодиспергирования разработана технология получения нового термостабильного до 1000 °С катализатора ИК-12-40, производство которого освоено в промышленном масштабе (см. Приложение 1). Этот катализатор рекомендован для дожигания метана, содержащегося в вентиляционных выбросах шахт, и для окисления монооксида углерода в газах регенерации зауглероженных катализаторов.

Матричный синтез пористых углерод-углеродных материалов — эффективное направление создания нового поколения композиционных углеродных материалов с заданными свойствами

На базе выполненных в ИППУ СО РАН исследований механизма и кинетики процессов термического разложения углеводородов на поверхности частиц глобулярного дисперсного углерода с образованием пироуглерода были разработаны основы синтеза и создана уникальная, не имеющая мировых аналогов технология матричного синтеза нового класса пористых углерод-углеродных материалов различного назначения.

Оригинальность разработанного дизайна материала состоит в том, что углерод-углеродные частицы образуются из двух структурных модификаций графитоподобных материалов (глобулярный дисперсный углерод и пироуглерод), имеющих близкую кристаллографическую структуру, но значительно различающихся по реакционной способности к кислородсодержащим активирующим агентам. Вследствие такого различия в процессе активации углерод-углеродного композита происходит селективное выгорание наиболее реакционноспособного глобулярного углерода и формирование за счет этого развитой мезопористой структуры.

Пористая система исходной гранулы глобулярного дисперсного углерода фактически играет роль первичной матрицы, которая может быть удалена и которая определяет характер пространственного расположения и размер микрокристаллитов образующихся пироуглеродных слоев. Удаление первичной матрицы приводит к формированию «контролируемого» пироуглеродного каркаса нанопористого носителя, физико-химические свойства которого определяются условиями пиролитического уплотнения и последующей прогрессирующей парогазовой активации.

Созданная в ИППУ СО РАН концепция матричного синтеза пористых углерод-углеродных материалов из глобулярного дисперсного углерода легла в основу технологических подходов к целенаправленному синтезу нового класса пористых углеродных материалов с заданными свойствами. Так, разработаны носители катализаторов серии «сибунит», имеющие экспортный потенциал (см. Приложение 1), технический сорбент техносорб, сорбенты медицинского назначения — гемосорбент ВНИИТУ-1, энтеросорбент ВНИИТУ-2, энтеросорбент зоокарб. В стадии разработки находятся наноразмерный углерод-углеродный материал нанокarb, сверхвысокопроводящий дисперсный углерод электрокарб, нанопористый модифицированный углерод-углеродный материал биокарб (см. Приложение 2).

Деятельность ИППУ СО РАН по подготовке высококвалифицированных кадров

ИППУ СО РАН является базовым институтом для двух кафедр: кафедры химической технологии Омского государственного университета (ОмГУ) и кафедры химической технологии переработки углеводородов Омского государственного технического университета (ОмГТУ).

Кафедра химической технологии ОмГУ готовит специалистов по специальности «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» (специализация «Технология нефти и природных газов»). Кафедра «Химическая технология переработки углеводородов» Нефтехимического института ОмГТУ готовит специалистов по специальностям «Химическая технология органических веществ» (специализации «Технология переработки нефти и газа» и «Технология производства углеродных материалов и ингредиентов»). Учебный процесс осуществляется на площадях ИППУ СО РАН и с использованием научного оборудования института. В работе двух кафедр принимают участие 19 сотрудников ИППУ СО РАН, в том числе 16 человек — профессорско-преподавательский персонал (среди них 1 член-корреспондент РАН, 4 доктора и 11 кандидатов наук) и 3 — учебно-вспомогательный персонал.

В последние годы отмечается тенденция к увеличению числа молодых сотрудников в научных подразделениях института. Средний возраст работников научных подразделений снизился с 45 лет в 2003 г. до 40,8 лет в 2006 г. От общего числа научных сотрудников 39% приходится на молодых специалистов.

В 2004 г. в ИППУ СО РАН была открыта аспирантура по специальности 05.17.07 «Химия и технология топлив и специальных продуктов». В настоящее время в институте работают 17 аспирантов, активно действует совет молодых ученых.

Инновационная деятельность ИППУ СО РАН

Результаты своей научной деятельности институт использует в разработке конкурсных проектов, выполняемых в рамках научно-технических программ различного уровня. В частности, ИППУ СО РАН участвовал в проектах государственного значения, таких как Государственный контракт № 02.190.11.009 от 11.04.03 г. «Разработка и промышленное освоение катализаторов и каталитических технологий нового поколения для производства моторных топлив» (2003—2006 гг., головная организация — Институт катализа СО РАН, ответственный исполнитель (по катализаторам риформинга и крекинга) — ИППУ СО РАН) и Государственный контракт № 02.447.11.2009 от 01.08.05 г. «Разработка технологии получения и создание опытного производства нанопористых углеродных носителей и катализаторов на их основе» (2005—2006 гг., ИППУ СО РАН — головная организация и ответственный исполнитель).

Активно взаимодействует ИППУ СО РАН и с областными органами власти, выполняя научные исследования регионального значения. В 2005—2006 гг. по заказу правительства Омской области выполнено три контракта, связанных с решением важных региональных проблем (среди них — создание технологии переработки сапропелей).

В 2006 г. институт проводил работу по 9 зарубежным контрактам на производство и поставку опытных

партий углеродных материалов и адсорбентов, по разработке научно-исследовательских проектов, а также по выполнению 59 хозяйственных договоров с российскими предприятиями. При реализации большинства контрактов и договоров отрабатываются технологии, а на опытно-технологических линиях института производятся различные материалы: селективный сорбент-осушитель, углеродный носитель для катализаторов «сибунит», углеродный сорбент техносорб-1, карбюризатор карбостил, электропроводные марки технического углерода, углеродный материал для химических источников тока термокс 277-ХИТ, технический углерод специального назначения П-145, гемосорбент углеродный ВНИИТУ-1, энтеросорбент углеродный ВНИИТУ-2, энтеросорбент углеродный зоокарб и др. (см. Приложение 1).

Заключение

В деятельности Института проблем переработки углеводородов СО РАН тесно сочетаются исследования фундаментального и прикладного характера, взаимно питающие друг друга задачами и идеями. Наличие опытной базы и, соответственно, возможность отрабатывать элементы промышленной технологии и выпускать опытные партии новой продукции создают условия для быстрого продвижения по циклу «идея—фундаментальные исследования—технологические исследования—материал», что придает научной разработке реальную инновационную значимость.

Благодаря непрерывной генерации новых идей, развиваемых в научно-исследовательском и экспериментально-технологическом секторах, ИППУ СО РАН имеет достаточный потенциал, чтобы находиться в векторе развития приоритетов науки и технологии. Стратегию своего развития институт строит в тесном сочетании двух компонентов — фундаментального и прикладного.

Фундаментальный компонент включает решение задач химического конструирования наноматериалов (катализаторов, адсорбентов), применение нанотехнологий в синтезе катализаторов, адсорбентов и других материалов, повышение их функциональной однородности для достижения высокой избирательности каталитических и адсорбционных процессов на их основе, а также для придания других свойств, требуемых для повышения эффективности применения наноматериалов на практике.

Прикладной компонент направлен на разработку технологий, повышающих глубину переработки нефти до 95% (сейчас в среднем по России 72%) и увеличивающих получение сырья для нефтехимии с 2,5—3,5% до 6—7% (в расчете на количество перерабатываемой нефти), а также на создание технологий, связанных с расширением использования в современной технике наноразмерного углерода и структурно-упорядоченных композиционных углеродных материалов.

Чтобы иметь научный задел для технологических разработок на глубокую перспективу, ИППУ СО РАН в последние годы интенсивно включился в исследования по ряду направлений науки будущего. Среди них химическая индустрия наноматериалов, «antigreenhouse technology» (химические технологии связывания метана и диоксида углерода в функциональные материалы), водородная энергетика и др.

Катализаторы и материалы, разработанные в ИППУ СО РАН (включая разработки Омского филиала ИК СО РАН и

Катализатор (марка), углеродный материал	Назначение	Показатели
		достигнутые
Катализаторы риформинга		
ПР-50	Производство высокооктановых компонентов бензинов, ароматических углеводородов и водорода на установках, работающих при высоком давлении (2,2—2,5 МПа)	Риформинг-бензин: октановое число по исследовательскому методу (ИОЧ) 95—96 выход 85—86%(масс.) Водород: выход 1,9—2,1%(масс.)
ПР-51	Производство тех же продуктов, что и в процессе с ПР-50, на установках, работающих при среднем давлении (1,7—2,0 МПа)	Риформинг-бензин: ИОЧ = 95—96 выход 87—88%(масс.) Водород: выход 2,1—2,3%(масс.)
ПР-71	Производство тех же высокооктановых продуктов на установках работающих при пониженном давлении (1,3—1,7 МПа)	Риформинг-бензин: ИОЧ = 96—98 выход 87—89%(масс.) Водород: выход 2,3—2,6%(масс.)
RU-125 (совместно с ОАО «НПП Нефтехим», г.Краснодар)	Аналогично ПР-71, повышенная термостабильность и устойчивость при дезактивации коксом	Аналогичны ПР-71, межрегенерационный цикл 1,5—2 года Срок службы до 10 лет
Катализаторы крекинга		
КМЦ-96 (КМЦ-99 - с улучшенным фракционным составом)	Для крекинга вакуумного газойля с высоким отбором светлых нефтепродуктов	Отбор светлых нефтепродуктов 71%
КМЦ-97	Для крекинга смесей вакуумного газойля с продуктами вторичного происхождения	Крекинг с вовлечением до 40% продуктов вторичного происхождения, отбор бензина 52%
Люкс	Для крекинга вакуумного газойля с получением максимального выхода бензина с повышенным октановым числом	Отбор бензина 56% с октановым числом 81,5 (моторный метод)
Осушители технологических потоков в процессах нефтепереработки, нефтехимии и газовой химии		
Осушитель технического воздуха ИК-011-1 (разработка совместно с ИК СО РАН)	Осушка воздуха и инертных газов	Глубина осушки по точке росы $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ Динамическая влагоемкость 30%(масс.) Температура регенерации $150\text{ }^{\circ}\text{C}$
Осушитель углеводородных потоков	Осушка в газовой и жидкой фазах природного газа, попутных и нефтезаводских газов, водородсодержащих газов, продуктов пирогаза, нефтяных фракций (бензины—растворители, трансформаторные масла, технологические потоки для процессов изомеризации, алкилирования, этерификации и др.), мономеров органического синтеза	Глубина осушки до 5 ppm Динамическая влагоемкость 10—15%(масс.) Температура регенерации $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ Срок службы 5 лет
Термостабильный алюмомарганцевый катализатор дожигания	Глубокое окисление (дожигание) углеводородов и СО	Активность на уровне лучших оксидных меднохромовых катализаторов дожигания Термостабильность 950—1000 $^{\circ}\text{C}$
Углерод-углеродный материал карбостил	Науглероживание стали при внепечной обработке металла	Содержание углерода 99,3—99,7%, точность легирования $\pm 0,2\%$
Пористые углерод-углеродные материалы		
Сибунит	Мезопористый носитель для катализаторов	Прочность 80—150 кг/см ² , удельный объем мезопор 0,3—0,6 см ³ /г
Техносорб	Мезопористый сорбент для подготовки питьевой воды и очистки сточных вод	Удельная поверхность 500—800 м ² /г, прочность 70—120 кг/см ² , количество циклов регенерации 200
Гемосорбент ВНИИТУ-1	Очистка крови вне организма	Прочность на истирание не более 0,3%/мин, снижение количества лейкоцитов не более чем на 5—8%
Энтеросорбент ВНИИТУ-2	Сорбент для детоксикации организма человека	Адсорбционная активность 0,05 г/г
Энтеросорбент зоокарб	Сорбент для детоксикации организма животных	Содержание углерода 99,5—99,8%

КТИТУ СО РАН), получившие практическое применение

работоспособности	Место, год, объем реализации разработки
мировой уровень*	
Риформинг-бензин: ИОЧ = 95–96 выход 80–83% (масс.) Водород: выход 1,6–2,0% (масс.)	ЗАО «РНПК», 1992 г., 20 т
Риформинг-бензин: ИОЧ = 95–96 выход 83–87% (масс.) Водород: выход 1,8–2,2% (масс.)	ЗАО «РНПК», 1994–98 г., 70 т ООО «КИНЕФ», 1999 г., 25 т ОАО «Галичина», 2001 г., 25 т
Риформинг-бензин: ИОЧ = 96–98 выход 83–86% (масс.) Водород: выход 2,2–2,4% (масс.) Аналогичны ПР-71	ООО «ЛИНОС», 2004–2005 г., 72 т ОАО «СНПЗ», 2005 г., 25 т ЗАО «РНПК», 2005 г., 45 т ОАО «Галичина», 2005 г., 10 т ЗАО «РНПК», 2006 г., 30 т; 2007 г., 30 т ОАО «НПК-Галичина», 2007 г., 20 т
Отбор светлых нефтепродуктов 68%	ОАО «Сибнефть-ОНПЗ», с 1996 г., производится катализатора 800 т/год
Отбор бензина 50–51%	ОАО «Сибнефть-ОНПЗ», с 1997 г., производится катализатора 500 т/год
Отбор бензина 55%	ОАО «Сибнефть-ОНПЗ», с 2004 г., производится катализатора 1200 т/год
Глубина осушки по точке росы –70 °С Динамическая влагоемкость 20% (масс.) Температура регенерации 260 °С	1999–2007 гг. ОАО «Сибнефть-Омский НПЗ», ОАО «Лукойл-Пермьнефтеоргсинтез», ОАО «Уфанефтехим», ОАО «Метафракс» (г. Губаха Пермской области), ОАО «Ачинский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Ново-Уфимский нефтеперерабатывающий завод» и др.
Глубина осушки до 5 ppm Динамическая влагоемкость 10% (масс.) Температура регенерации 260 °С Срок службы 2 года	2004, 2006, 2007 гг. ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» — осушка сжиженных продуктов пиролиза, 2005 г., ОАО «Омский каучук» — осушка сжиженной пропан-пропиленовой фракции и товарного пропилена 2006 г. ОАО «Уфаоргсинтез»
Меднохромовый катализатор сравнения, после нагрева до 900 °С катализатор разрушается	1995–1996, ОАО «Катализатор», г. Новосибирск, поставлено 450 т фирме «Монсанто Энвирон-Кем» (Сент-Луис, США)
Содержание углерода 92–98%	Белорусский металлургический завод, 2006 г., 20 т
Прочность 40–70 кг/см ² , удельный объем мезопор 0,1–0,3 см ³ /г Прочность 40–70 кг/см ² , количество циклов регене- рации 50–100	1995–2006 гг., 70 т, «Дю Понт», «Дженерал Электрик» (США); «Дэви» (Швейцария), ОАО «Омский каучук» и др. 1992–2006 гг., 130 т, ОАО «Техуглерод», г. Омск; ОАО «Вин- пром», г. Омск; Воронежская АЭС и др.
Прочность на истирание 0,5–0,8%/мин, снижение количества лейкоцитов более чем на 10%	2006 г., 6 тыс. флаконов, 120 клиник РФ, Республика Казахстан
Адсорбционная активность не выше 0,03 г/г —	Аптечная сеть РФ 2004–2006 гг., 0,8 т Животноводческие комплексы Омской области

Процессы, катализаторы и углеродные материалы, находящиеся на стадии разработки в ИППУ СО РАН

Название процесса, материала	Цель разработки	Решаемые задачи
Процессы нефтепереработки		
Биформинг	Вовлечение в переработку (реформирование) бензиновых фракций легких C ₃ -C ₄ углеводородов	Увеличение выхода высокооктанового бензина с пониженным содержанием бензола, увеличение выхода толуола и ксилолов
Пентаформинг	Получение высокооктановых бензинов с пониженным содержанием ароматических соединений за счет усиления вклада C ₅ -дегидроциклизации и изомеризации алканов	Получение компонентов бензинов типа Euro-4, Euro-5
Метаформинг	Вовлечение в совместную переработку тяжелых и легких фракций нефти и попутных нефтяных газов	Получение высокооктановых компонентов моторных топлив: C ₆ -C ₁₀ изоалканов из смеси C ₁₂ -C ₂₀ и C ₂ -C ₄ алканов
Изофролан	Вовлечение в переработку попутных нефтяных газов с получением высокооктановых компонентов моторных топлив	Сопряжение дегидроолигомеризации C ₃ -C ₄ алканов в изоалкены C ₇ -C ₉ с их гидрированием
Бикрекинг	Вовлечение легких C ₁ -C ₄ углеводородов в совместную переработку с тяжелыми нефтяными фракциями	Увеличение выхода крекинг-бензина, ароматических соединений и олефинов
Катализаторы для процессов нефтепереработки		
Гидрокрекинг	Создание катализатора крекинга вакуумного газойля для получения реактивного и дизельного топлив	Разработка отечественного катализатора гидрокрекинга
Глубокий каталитический крекинг	Создание катализатора крекинга вакуумного газойля с высоким выходом олефинов C ₃ и C ₄ для последующего их использования в нефтехимии	Увеличение выхода олефинов C ₃ и C ₄ до 40% (в расчете на сырье)
Крекинг нефтяных остатков	Создание катализатора крекинга смесей вакуумного газойля с мазутом	Разработка металлоустойчивого катализатора
Скелетная изомеризация <i>n</i> -бутиленов	Создание катализатора изомеризации <i>n</i> -бутиленов в изобутилен для получения метил- <i>трет</i> -бутилового эфира (МТБЭ) — октаноповышающей добавки к бензинам	Наращивание мощности производства МТБЭ для получения высокооктановых бензинов повышенной экологической чистоты
Скелетная изомеризация алканов	Создание катализатора низкотемпературной изомеризации алканов для повышения октановых характеристик прямогонных бензиновых фракций, содержащих C ₅ —C ₆ алканы	Увеличение мощностей для получения компонентов бензинов типа Euro-4, Euro-5
Гидродепарафинизация дизельных фракций	Создание катализаторов для получения зимних сортов дизельного топлива	Получение дизельного топлива с температурой застывания -40 °C и ниже
Алкилирование изобутана на твердых катализаторах	Создание катализаторов для процессов экологически чистой переработки легких углеводородов C ₃ -C ₄ , направленных на получение высокоразветвленных алканов C ₅ -C ₁₀	Увеличение мощностей для получения компонентов бензинов типа Euro-4, Euro-5
Гидроолигомеризация легких олефинов	То же	То же
Глубокое гидрообессеривание дизельных фракций	Создание катализаторов для процессов удаления из прямогонных дизельных фракций серо- и азотсодержащих компонентов путем их гидрогенолиза	Производство экологически чистых дизельных топлив, удовлетворяющих требованиям по стандартам Euro-3 (4)
Окислительное обессеривание тяжелых нефтяных фракций и остатков	Создание катализаторов для окисления производных тиофенов в соответствующие сульфоны с целью удаления тяжелых серосодержащих гетероциклических соединений на основе алкилбензо- и дибензотиофенов	Понижение содержания серы в тяжелом топливе, решение экологических проблем
Углеродные материалы		
НанокARB	Разработка композиционного материала (для прецизионного науглероживания металлов, восстановитель при выплавке кремния, носитель активных квантам видимого света органических и неорганических соединений)	Легирование металлов углеродом, получение «солнечного» кремния, получение покрытий с коррелируемым цветом, применение в качестве теплоносителя и материала для радиопоглощающих покрытий
Электрокарб	Разработка глобулярного высокодисперсного электропроводящего углерода	Получение материала для электродов топливных элементов и компонента катодной массы ХИТ и литиевых аккумуляторов.
БиокARB	Разработка сорбента для медицинской практики	Производство электропроводящих эластомеров Получение носителя для биокатализаторов деградации углеводов и носителя-сорбента для лекарств пролонгированного действия. Разделение и выделение олигонуклеотидов для протеомики