

Номер заявки	Лот	Наименование проекта	Организация заявитель проекта	Организация-Заказчик технологического предложения	Ключевые слова	Аннотация проекта	Ожидаемые результаты реализации проекта
23-90-01002	1	Создание технологий синтеза катализаторов полимеризации олефинов. Нанесенные на силикагель катализаторы Циглера для промышленного производства Полиэтилена по газофазной технологии	МГУ	ПАО «СИБУР Холдинг»	титан-магниевые катализаторы, катализаторы Циглера, нанесенные катализаторы, силикагель, технология получения катализаторов, полиэтилен, полимеризация олефинов	<p>Титан-магниевые катализаторы используются в промышленном производстве полиолефинов с середины XX века. В настоящее время титан-магниевые катализаторы, обязательно содержащие стереорегулирующие электронодонорные соединения и использующиеся для производства изотактического полипропилена, принято называть катализаторами Циглера-Натта, а катализаторы, которые используются для производства полиэтилена — как гомополимера, так и сополимеров с альфа-олефинами — катализаторами Циглера. Для контроля морфологии образующегося при полимеризации порошка полимера используют твердые подложки, на поверхность которых наносят катализатор. При этом, хотя частицы порошка полимера намного крупнее частиц, содержащих нанесенный катализатор, они сохраняют форму последних. Это явление предъясняет определенные требования к свойствам частиц катализатора, и, соответственно, подложки, среди которых наиболее важные форма частиц, их размер, плотность и распределение частиц по размерам. Одним из материалов, для которых возможен контроль этих параметров, является силикагель, обладающий высокой пористостью (объем пор 1,5 см<sup>3</sup>/г и более) и большой площадью поверхности (более 300 м<sup>2</sup>/г) и получивший наибольшее распространение в качестве подложки в технологии катализаторов Циглера. Разнообразие превращений и их последовательностей, приводящих к формированию нанесенных на поверхность силикагеля хлоридов магния и титана, обуславливает широкий спектр применяющихся методов для получения катализаторов Циглера. Настоящий проект направлен на создание технологий получения нанесенных на силикагель катализаторов Циглера для производства полиэтилена различных марок.</p>	<p>Выполнение проекта предполагает следующую последовательность работ. В первую очередь, будет проведен углубленный анализ научной и патентной литературы, касающейся методов получения нанесенных на силикагель катализаторов Циглера. Затем будут отобраны методы, использование которых представляется наиболее перспективным для решения проблемы, лежащей в основе Проекта. Факторами отбора будут являться как уже имеющийся у Исполнителя задел по тематике Проекта, так и требования Заказчика, касающиеся определенных аспектов создаваемой технологии производства катализаторов Циглера. Далее будет проведен синтез образцов катализаторов по отобранным методам и их квалификация на лабораторной инфраструктуре Заказчика. При проведении полимеризационных экспериментов также будут оптимизированы параметры для получения полиэтилена с заданными свойствами на каждом конкретном катализаторе: сомономер и его концентрация, давление этилена, концентрация водорода, содержание алюминийорганического сокатализатора и др. В ходе полимеризации будут получены кинетические профили процесса, а затем определена усредненная активность каждого катализатора. Для полученных образцов полиэтилена будут измерены показатели текучести расплава при двух уровнях нагрузки и их отношение, плотность полимера (зависит от степени внедрения сомономера), насыпная плотность реакторного порошка, морфология частиц полимера и их распределение по размерам (оптическая микроскопия, динамическое светорассеяние). Для обработки результатов серии экспериментов будет использовано специальное программное обеспечение, позволяющее установить количественные корреляции между варьируемыми параметрами процессов как при приготовлении катализаторов, так и при полимеризации, и характеристиками катализатора и полученного с его использованием полимера. Создаваемая таким образом обратная связь позволит более эффективно провести выбор финального решения для последующих работ по масштабированию. Таким образом, будет осуществлена вся цепочка необходимых работ, нацеленная на последующее предоставление образцов катализаторов для испытаний на стороне Заказчика, а полученные результаты позволят в конечном итоге разработать оптимальный метод синтеза нанесенных на силикагель катализаторов Циглера, который будет использован Заказчиком на этапах пилотных и промышленных испытаний.</p>

Номер заявки	Лот	Наименование проекта	Организация заявитель проекта	Организация-Заказчик технологического предложения	Ключевые слова	Аннотация проекта	Ожидаемые результаты реализации проекта
23-90-01005	2	Создание технологий синтеза катализаторов полимеризации олефинов. Хромовые катализаторы на силикагеле для промышленных процессов производства Полиэтилена по газофазным и суспензионным технологиям	ИНХС РАН	ПАО «СИБУР Холдинг»	полиолефины; полиэтилен; полиэтилен высокой плотности; полиэтилен средней плотности; оксидно-хромовые катализаторы полимеризации; суппортированные катализаторы; силикагель	<p>Современные высокопроизводительные технологии производства полиолефинов (полиэтилена, полипропилена, других поли-<math>\alpha</math>-олефинов, а также многочисленных полиальфаолефиновых сополимеров) основаны на использовании металлокомплексного катализа. Применение микросферических гетерогенных катализаторов обеспечивает формирование морфологии частиц получаемого полимера, оптимальной для последующей переработки. Оксидно-хромовые катализаторы (ОХК) эффективны в получении линейных ПЭ высокой и средней плотности (ПЭВП и ПЭСП, соответственно) с широким молекулярно-массовым распределением. Молекулярно-массовые характеристики ПЭ, полученных на ОХК, определяют высокие показатели молекулярной массы (в совокупности с высокими значениями полидисперсности упрощает изготовление изделий методом выдувной экструзии) и ударопрочности. До 40–50% ПЭВП производится с использованием ОХК. ПЭВП и ПЭСП, производство которых основано на использовании ОХК, являются востребованными и массовыми полиолефиновыми продуктами в автоиндустрии, строительстве и упаковке. Наряду с общими мировыми трендами полиолефиновые промышленные предприятия в РФ также производят значительные объемы хромовых полиэтиленовых продуктов. Технологический суверенитет РФ, устойчивое развитие отечественной полиолефиновой индустрии, введение в строй новых крупнотоннажных производств требуют разработки собственной технологии катализаторов полимеризации, в том числе ОХК.</p> <p>Настоящий проект направлен на разработку рецептур и методов синтеза оксидно-хромовых катализаторов полимеризации олефинов для промышленных газофазных процессов производства ПЭВП и ПЭСП, обеспечивающих возможность достижения комплекса основных характеристик (морфология и производительность катализатора, свойства образующихся полиэтиленов) соответствующих ключевым требованиям мировой нефтехимии и переработки полиолефинов.</p>	Разработаны каталитические платформы оксидно-хромовых катализаторов для создания технологий производства широкой номенклатуры марок полиэтилена, востребованных в сегментах применения полиолефинов (выдувные, пленочные, кабельные и трубные изделия). Разработаны лабораторные методы синтеза хромовых катализаторов и определены ключевые параметры влияния состава на каталитические свойства. Получены лабораторные образцы катализаторов, соответствующих целевым характеристикам, и проведены испытания у технологического Заказчика. Проведены работы по масштабированию разработанных лабораторных методов получения хромовых катализаторов с последующими опытно-промышленными испытаниями на предприятиях технологического Заказчика.

Номер заявки	Лот	Наименование проекта	Организация заявитель проекта	Организация-Заказчик технологического предложения	Ключевые слова	Аннотация проекта	Ожидаемые результаты реализации проекта
23-90-01004	3	Создание технологий синтеза катализаторов полимеризации олефинов. Металлоценовые и пост-металлоценовые катализаторы для газофазных процессов производства Полиэтилена	ИНХС РАН	ПАО «СИБУР Холдинг»	бимодальный полиэтилен; гексен-1; линейный полиэтилен низкой плотности; металлоценовые катализаторы, одноцентровые катализаторы полимеризации; полиолефины; пост-металлоценовые катализаторы; сополимеризация; суппортированные катализаторы полимеризации; цирконоцены	Современные высокопроизводительные технологии производства полиолефинов (полиэтилена, полипропилена, других поли- $\alpha$ -олефинов, а также многочисленных полиальфаолефиновых сополимеров) основаны на использовании металлокомплексного катализа. Применение микросферических гетерогенных катализаторов обеспечивает формирование морфологии частиц получаемого полимера, оптимальной для последующей переработки. На современном этапе в производстве полиолефинов широко применяются три типа катализаторов: титан-магниевого катализаторы (ТМК, производство ПЭ, ПП, сополимеров этилена), оксидно-хромовые суппортированные катализаторы (производство ПЭ), и т.н. одноцентровые (металлоценовые и пост-металлоценовые) катализаторы. Суппортированные одноцентровые катализаторы применяются в производстве высокомаржинальных полиолефинов, в первую очередь, широкой линейки полиэтиленов (сополимеров на основе этилена), благодаря уникальной способности катализировать сополимеризацию этилена с $\alpha$ -олефинами с образованием композиционно однородных полимеров. Среди одноцентровых катализаторов благодаря высокой активности, высокой термической стабильности, возможности управлять регио- и стереоселективностью полимеризации особое место занимают цирконоценовые катализаторы. Настоящий проект направлен на разработку рецептур и методов синтеза металлоценовых и/или пост-металлоценовых катализаторов полимеризации олефинов для промышленных газофазных процессов производства металлоценового линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП) и металлоценового полиэтилена средней плотности (ПЭСР) с комплексом основных характеристик, отвечающих требованиям отрасли (морфология и производительность катализатора, свойства образующихся полиэтиленов).	Разработаны каталитической платформы для создания отечественных технологий синтеза металлоценовых ЛПЭНП и ПЭСР, востребованных в производстве труб, упаковочных и конструкционных материалов, автомобильной индустрии. Разработаны лабораторные методы получения суппортированных катализаторов с использованием металлоценовых и пост-металлоценовых прекатализаторов различных типов. Проведена лабораторная квалификация лабораторных образцов металлоценовых и/или пост-металлоценовых катализаторов в реакциях полимеризации олефинов и подтверждено соответствие целевым характеристикам. Проведены работы по масштабированию разработанной лабораторной технологии получения суппортированных одноцентровых катализаторов. Опытные образцы катализаторов испытаны в промышленных процессах производства полиолефинов на предприятиях технологического Заказчика.
23-90-01000	4	Создание технологий синтеза катализаторов полимеризации олефинов. Катализаторы Циглера-Натта для промышленных процессов производства Полиэтилена по газофазным и суспензионным технологиям	ИК СО РАН	ПАО «СИБУР Холдинг»	Нанесенные катализаторы Циглера-Натта, носитель $MgCl_2$ , титанмагниевого катализаторы, структура и состав катализатора, полимеризация этилена, сополимеризация этилена с альфа-олефинами, морфология частиц полиэтилена, молекулярная структура	Основной задачей предлагаемого Проекта является создание технологий приготовления нанесенных на $MgCl_2$ катализаторов Циглера-Натта полимеризации олефинов для промышленных газофазных и суспензионных процессов производства полиэтилена высокой и низкой плотности. Катализаторы, разработанные в рамках предполагаемого Проекта, согласно требованиям Заказчика, должны не уступать по базовым свойствам эксплуатируемым промышленным катализаторам, а также позволять производить новые марки полимеров с улучшенными характеристиками и обеспечивать высокое качество готовой полимерной продукции для конечных потребителей в сегментах производства труб, пленок различного назначения, упаковочных материалов, средств гигиены, автокомпонентов и медицинских изделий. Ключевым фактором для успешного	На лабораторном уровне будут разработаны рецептуры катализаторов, в соответствии с техническим заданием Заказчика и предоставлены образцы для лабораторной квалификации с последующим масштабированием технологии до пилотного и промышленного уровня (описание химических методов синтеза разрабатываемых продуктов). Будут получены данные о составе, структурных характеристиках, пористой структуре и морфологии частиц разработанных катализаторов, их кинетических характеристиках в условиях суспензионной и газофазной полимеризации этилена и сополимеризации этилена с гексеном-1 и данные о молекулярной структуре полимеров, получаемых в условиях суспензионной и газофазной полимеризации этилена и сополимеризации этилена с гексеном-1.

Номер заявки	Лот	Наименование проекта	Организация заявитель проекта	Организация-Заказчик технологического предложения	Ключевые слова	Аннотация проекта	Ожидаемые результаты реализации проекта
					полиэтилена, суспензионная полимеризация этилена, газофазная полимеризация этилена, бимодальный полиэтилен высокой плотности, линейный полиэтилен низкой плотности.	использования новых каталитических систем должна являться технологичность в ходе производственного процесса выпуска полиолефинов. Разработанные и оптимизированные в рамках предполагаемого Проекта катализаторы будут иметь следующие характеристики: (1) размер частиц 7-10 и 30-50 мкм для катализаторов суспензионной и газофазной полимеризации этилена, соответственно, (2) высокая производительность катализатора - более 25 тн/ кг кат. - в суспензионном режиме, и более 7 тн/ кг кат. - в газофазном режиме, (3) повышенная чувствительность к водороду как переносчику полимерной цепи (для обеспечения широкого регулирования индексов расплава - молекулярной массы полиэтилена при синтезе бимодального полиэтилена высокой плотности и линейного полиэтилена низкой плотности), (4) более высокую сополимеризующую способность в реакции этилена с $\alpha$ -олефинами и более однородное распределение разветвлений в сополимерах при получении в газофазном режиме линейного полиэтилена и бимодального полимера в различных процессах полимеризации с требуемыми характеристиками, (5) улучшенная морфология частиц получаемых полимеров: высокая насыпная плотность ( $\geq 350$ г/л), узкое распределение частиц по размеру, отсутствие пыли, требуемый размер частиц в зависимости от процесса полимеризации. Для решения задачи Проекта будет использован комплексный подход, который включает: (1) оптимизацию методов приготовления катализаторов для суспензионной полимеризации этилена; (2) детальное изучение структурных характеристик катализаторов с различной морфологией и размером частиц от 7 до 50 мкм, и изучение морфологии полимерных частиц и молекулярной структуры полимеров, образующихся на этих катализаторах, а также определение кинетических характеристик при суспензионной и газофазной полимеризации этилена; (3) установление взаимосвязей между составом, структурой и морфологией катализаторов, используемых в процессах суспензионной и газофазной полимеризации этилена и их кинетическими характеристиками в полимеризации этилена, а также морфологией и молекулярной структурой получаемых полимеров; (4) разработку новых модификаций нанесенных на $MgCl_2$ катализаторов газофазной полимеризации для получения ЛПЭНП с более однородным распределением разветвлений; (5) разработку катализаторов с использованием более технологичных вариантов магнийорганических соединений при синтезе носителей; (6) наработку и испытания опытных партий новых перспективных вариантов нанесенных ТМК-ПЭ.	

Номер заявки	Лот	Наименование проекта	Организация заявитель проекта	Организация-Заказчик технологического предложения	Ключевые слова	Аннотация проекта	Ожидаемые результаты реализации проекта
23-90-01001	5	Создание технологий синтеза катализаторов полимеризации олефинов. Катализаторы Циглера-Натта для промышленных процессов производства Полипропилена по газофазным и суспензионным технологиям	ИК СО РАН	ПАО «СИБУР Холдинг»	Нанесенные катализаторы Циглера-Натта, титан-магниевый катализатор, полимеризация, пропилен, полипропилен, суспензионная полимеризация пропилен, газофазная полимеризация пропилен, стереорегулирующий внутренний донор	Основной задачей предлагаемого Проекта является разработка новых модификаций нанесенных на MgCl <sub>2</sub> катализаторов Циглера-Натта (титан-магниевых катализаторов – ТМК), позволяющих производить полипропилен с требуемыми характеристиками для процессов суспензионной полимеризации в среде гептана и среде жидкого пропилен и процесса газофазной полимеризации пропилен. Методика приготовления новых модификаций титан-магниевых катализаторов должна соответствовать технологии приготовления ТМК, создаваемой Заказчиком. Катализаторы, разработанные в рамках предполагаемого Проекта, согласно требованиям Заказчика, должны не уступать по базовым свойствам применяемым промышленным катализаторам (активности, морфологии и насыпной плотности полимера, среднему времени жизни катализатора, сополимеризующей способности, отклику на водород или внешние электронодонорные системы, сыпучести, технологичности загрузки, упаковки и хранения), а также позволять производить текущие и перспективные новые марки полимеров с улучшенными характеристиками и обеспечивать высокое качество готовой полимерной продукции для конечных потребителей в сегментах производства труб, пленок различного назначения, упаковочных материалов, средств гигиены, автокомпонентов и медицинских изделий. Разработанные в рамках предполагаемого Проекта катализаторы будут иметь следующие характеристики: (1) размер частиц 10-15 для катализаторов суспензионной полимеризации в среде гептана, 20-30 мкм для катализаторов газофазной полимеризации пропилен и 40-55 мкм для катализаторов суспензионной полимеризации пропилен в среде жидкого пропилен, соответственно, (2) высокая производительность катализаторов - более 10-15 кг/ г кат. - в суспензионном режиме в растворителе, более 20-30 кг/ г кат. - в газофазном режиме, и более 40-55 кг/ г кат. – в процессе суспензионной полимеризации пропилен в среде жидкого пропилен (3) возможность регулирования коэффициента полидисперности (Mw/Mn) в широких пределах: 3 - 7.5 (4) возможность регулирования показателя текучести расплава в широких пределах (0.2 – 100 г/10 мин), (5) улучшенная морфология частиц получаемых полимеров: высокая насыпная плотность (≥ 400-450 г/л), узкое распределение частиц по размеру, отсутствие пыли, требуемый размер частиц в зависимости от процесса полимеризации. Для решения задач, поставленных в Проекте, будут выполнены исследования отдельных стадий процесса приготовления нанесенных титан-магниевых катализаторов. Данные, полученные при исследованиях стадий послужат основой для выбора оптимальных условий приготовления титан-магниевых катализаторов	На лабораторном уровне будут разработаны рецептуры катализаторов в соответствии с техническим заданием Заказчика и предоставлены образцы для лабораторной квалификации с последующим масштабированием технологии до пилотного и промышленного уровня (описание химических методов синтеза разрабатываемых продуктов). Будут получены данные о составе, структурных характеристиках, пористой структуре и морфологии частиц разработанных катализаторов, их кинетических характеристиках в условиях суспензионной и газофазной полимеризации пропилен и сополимеризации пропилен с этиленом и данные о молекулярной структуре полимеров, получаемых в различных условиях полимеризации. Будет подготовлена и систематизирована информация (описание методов синтеза катализаторов, аналитических данные о структуре и составе катализаторов и полимеров), необходимая для проведения работ по масштабированию технологии производства катализаторов.

Номер заявки	Лот	Наименование проекта	Организация заявитель проекта	Организация-Заказчик технологического предложения	Ключевые слова	Аннотация проекта	Ожидаемые результаты реализации проекта
						и оптимальных по составу катализаторов, необходимых для достижения целей Проекта. Полученные катализаторы будут исследованы в лаборатории в режимах суспензионной и газовой полимеризации для определения их кинетических характеристик и условий получения полимеров с требуемыми характеристиками. Будет исследована молекулярная структура полученных полимеров. После оценки выбранных оптимальных образцов катализаторов у Заказчика для этих катализаторов будет выполнен первый этап масштабирования с наработкой опытных партий оптимальных носителей и катализаторов в количестве до 0.5 кг с последующим переходом на опытные и промышленные объемы при поддержке технологического Заказчика.	
23-90-01003	6	Создание технологий синтеза катализаторов полимеризации олефинов. Новые компоненты «электронодонорные соединения» катализаторов Циглера-Натта для производства полипропилена по суспензионным технологиям	МГУ	ПАО «СИБУР Холдинг»	титан-магниевые катализаторы, катализаторы Циглера, внутренние доноры, технология получения катализаторов, изотактический полипропилен, полимеризация олефинов, полимеризация пропилена	Титан-магниевые катализаторы Циглера-Натта имеют уже более чем полувековую историю развития, включающую несколько десятилетий крупнотоннажного промышленного применения, в первую очередь, в производстве изотактического полипропилена. История их разработки во многом связана с попытками повысить их стереоселективность, то есть, уменьшить массовую долю низкоизотактических фракций, которые требовалось удалять экстракцией. В 1977 году удалось получить катализатор, который оказался достаточно селективным, чтобы экстракция больше не требовалась. В состав этого катализатора, помимо хлоридов магния и титана, входило электронодонорное соединение — диалкилфталат, так называемый внутренний донор, а в полимеризационный реактор добавлялось еще одно донорное соединение — алкоксисилан — внешний донор, роль которого состояла в том, чтобы замещать внутренний донор, который частично удалялся с поверхности частиц катализатора при полимеризации. Катализаторы, содержащие диалкилфталат в качестве внутреннего донора и получившие название катализаторов четвертого поколения, имели колоссальный коммерческий успех, и в настоящее время это все еще наиболее широко используемая каталитическая система в производстве полипропилена. Однако, впоследствии у фталатов были обнаружено негативное воздействие на эндокринную систему человека, что привело к законодательному ограничению их применения (например, регламент Европейского сообщества REACH 1907/2006). Как следствие, возможность предложить потребителю продукт, совершенно не содержащий фталатов, а также не использовать фталаты при производстве катализаторов, стала привлекательной для производителей полипропилена. Поскольку разработка	работа по Проекту предполагает проведение комплекса исследований и разработок, в том числе: (1) анализ научной и патентной литературы с целью отбора перспективных патентоспособных и/или патентночистых на территории РФ внутренних доноров; (2) синтез ряда структурно-аналогичных внутренних доноров, включая разработку соответствующих методов синтеза; (3) анализ научной и патентной литературы с целью отбора перспективных методик синтеза катализаторов Циглера-Натта; (4) синтез ряда катализаторов Циглера-Натта с полученными ранее внутренними донорами по оптимизированной(ым) ранее методике(ам) синтеза катализаторов и изучение полученных образцов катализаторов комплексом методов физико-химических исследований; (5) испытания полученных катализаторов в суспензионном процессе полимеризации пропилена, характеристика полученных образцов полипропилена комплексом физико-химических методов исследований, включая (но не ограничиваясь) определение молекулярно-массового распределения (методом гель-проникающей хроматографии и/или измерением показателя текучести расплава), массовой доли атактической фракции (методом экстракции растворимой в ксилоле фракции), температуры плавления полимера (методом дифференциальной сканирующей калориметрии), исследование распределения частиц полимера по размерам (методом динамического рассеяния света или другими методами), изучение морфологии частиц полимера (с использованием различных видов микроскопии); (6) построение зависимостей «строение донора — свойства катализатора и полимера» с целью отбора наиболее перспективного(ых) класса(ов) донора(ов); (7) оптимизация строения доноров в рамках одного или нескольких перспективных классов, включающая синтез катализаторов и их последующие испытания в суспензионной полимеризации пропилена, отбор на основании испытаний наиболее перспективного донора или доноров (не более

Номер заявки	Лот	Наименование проекта	Организация заявитель проекта	Организация-Заказчик технологического предложения	Ключевые слова	Аннотация проекта	Ожидаемые результаты реализации проекта
						<p>новых катализаторов Циглера-Натта относится к высококонкурентной области исследований, важной для успешной экономической деятельности компаний-производителей полиолефинов, усилия их исследовательских центров были направлены на поиск соединений, которые могли бы заменить фталаты в качестве внутренних доноров. Такие соединения обычно содержат две одинаковых или разных донорных группы и могут применяться в смеси с еще одним внутренним донором, как правило, одного из предшествующих поколений. Основная задача, которую требуется решить в рамках Проекта, — разработка научных основ технологии катализаторов Циглера-Натта с новыми нефталатными внутренними донорами для получения изотактического полипропилена по суспензионным технологиям.</p>	<p>трех); (8) оптимизация методов синтеза отобранных доноров, в том числе, с точки зрения доступности на российском рынке исходных соединений и реагентов; (9) оптимизация метода синтеза катализаторов на основе отобранных доноров, в том числе, с точки зрения стоимости и доступности исходных соединений и реагентов на российском рынке, (10) оптимизация процесса суспензионной полимеризации пропилена на разработанных катализаторах; (11) составление и передачу Заказчика технической документации, с целью последующей оптимизации синтеза донора, синтеза катализатора, полимеризации пропилена на лабораторных и пилотных стендах Заказчика с последующей подготовкой к опытно-промышленным испытаниям на предприятиях Заказчика.</p>