



**ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА
им. Г.К. БОРЕСКОВА**

Разработка промышленных катализаторов для нефте(газо)химии : история, настоящее, будущее

А.С. Носков



**Совместное заседание Ученого совета
Института катализа СО РАН и
Президиума Сибирского отделения РАН
20 апреля 2023 г., г. Новосибирск**

Общая характеристика промышленных катализаторов

- Объем потребления катализаторов в России – 60-70 тыс. тонн/год
- Объем производимой в России на основе катализаторов продукции – 5-6 трлн. руб./год
- 1 кг катализатора ~ 80 тыс. руб./год продукции
- Время жизни катализаторов в реакторах – от нескольких часов до 10 лет
- Доля импортных катализаторов в промышленности России – от 40 до 100%
- Отрасли–потребители катализаторов:
 - нефтепереработка (Минэнерго России)
 - нефтехимия (Минэнерго России)
 - химическая промышленность (Минпромторг России)
 - масло-жировая промышленность (производство маргарина и спецжиров)
 - фармацевтика (производство субстанций)

Институт катализа СО РАН в обеспечении катализаторами химического комплекса СССР и России

СТАТУС ИНСТИТУТА

1. Межотраслевой научно-технический комплекс (МНТК) «Катализатор», 1986-1991 гг. Создан в соответствии с Постановлением ЦК КПСС, Совмина СССР от 12 декабря 1985 г. №1230 «О создании межотраслевых научно-технических комплексов и мерах по обеспечению их деятельности».

Генеральный директор МНТК «Катализатор» - академик К.И. Замараев;

Зам. генерального директора – член-корр. РАН В.Н. Пармон.

2. Государственный научный центр Российской Федерации и «Институт катализа СО РАН», 1994-1997 гг. Постановление Правительства Российской Федерации №1259 от 17 ноября 1994 г.

Директор - академик К.И. Замараев (1994-1995 гг.); член-корр. В.Н. Пармон (1995-1997 гг.).

Проекты государственного значения

1. Инновационный проект государственного значения «Разработка и промышленное освоение катализаторов и каталитических технологий для производства моторных топлив». (Мега-проект «Моторное топливо»).
Срок выполнения – 2003-2006 гг. Руководитель проекта: академик В.Н. Пармон.
Бюджетное финансирование – 500 млн.руб.
2. Инновационный проект государственного значения «Разработка и создание технологической базы для структурной модернизации отечественного многотоннажного производства полиолефинов» (ВИП-проект «Полиолефины»).
Срок выполнения – 2005-2007 гг. Руководитель проекта – д.т.н. А.С. Носков.
Бюджетное финансирование – 189 млн.руб.
3. Комплексный научно-технический проект «Создание экологически безопасных промышленных производств базовых высокотехнологических химических продуктов для автомобильной, строительной, медицинской и пищевой промышленности из углеводородного сырья на основе инновационных отечественных научных разработок» (КНТП «Нефтехимический кластер»).
Срок реализации – 2022-2026 гг. Руководитель проекта – академик В.И. Бухтияров.
Бюджетное финансирование – 980 млн.руб.

ИСТОРИЯ

Деятельность МНТК «Катализатор» в 1986-1991 гг.

Институт катализа СО РАН осуществлял координацию 25 академических и отраслевых научно-исследовательских институтов, катализаторных и машиностроительных производств.



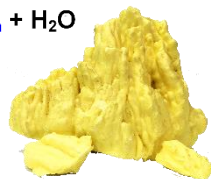
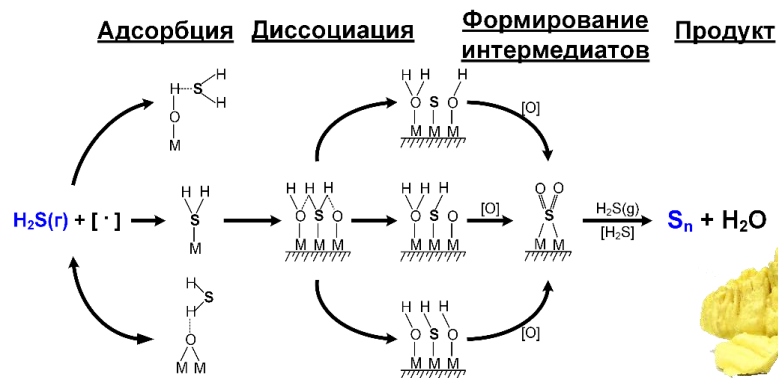
За время деятельности МНТК «Катализатор»:

- численность сотрудников в ИК СО РАН достигла 1300 человек
- разработано и освоено производство в СССР 56 новых промышленных катализаторов
- освоено 30 новых каталитических технологий
- работы МНТК «Катализатор» обеспечили промышленное освоение более 90% инновационных продуктов в области промышленного катализа в СССР
- ИК СО РАН принял участие в разработке более чем в 50% инновационных продуктов

Разработка нового процесса очистки газа от сероводорода в рамках МНТК «Катализатор» (1986-1991 гг.)



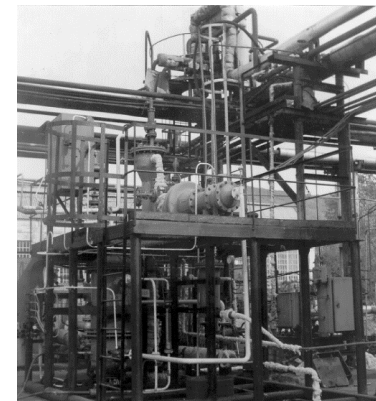
Фундаментальные исследования



Механизм реакции прямого парциального окисления сероводорода на оксидных катализаторах включает образование на первой стадии сульфат-сульфитных комплексов на поверхности катализаторов, вступающих во взаимодействие с сероводородом из газовой фазы с образованием элементарной серы и воды.

Пилотные испытания

- Астраханское газоконденсатное месторождение
- Оренбургское газоконденсатное месторождение
- Уфимский НПЗ
- и другие площадки



Развитие промышленного процесса очистки газа от сероводорода (2010-2022 гг.)



- Произведено 1500 млн. м³ очищенного газа для поставки потребителям
- Более 10 000 тонн сероводорода переработано в элементарную серу
- Предотвращен выброс в атмосферу 25000 тн диоксида серы и серной кислоты

МЕГА-проект
«Разработка и промышленное освоение
катализаторов и каталитических технологий для
производства моторных топлив»
(Мега-проект «Моторное топливо») 2003-2006 гг.

Задачи и результаты реализации

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ

«Разработка и промышленное освоение катализаторов и каталитических технологий нового поколения для производства моторных топлив» (МЕГА-проект «Моторное топливо»)

Требования к результатам проекта

1. Разработать катализаторы и каталитические процессы, обеспечивающие:
 - выход крекинг-бензина не менее 55-56%
 - повышение октанового числа риформинг-бензина не менее чем на 5 пунктов
2. Освоить выпуск новых катализаторов и модернизировать производство моторных топлив на отечественных предприятиях - участниках проекта.
3. Обеспечить к 2007 г. дополнительное производство продукции (катализаторов и моторных топлив) на сумму не менее 2,5 млрд. руб.



Основные исполнители

- Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН
- Институт проблем переработки углеводородов СО РАН
- ЗАО "Промкатализаторы" (г. Рязань)
- Объединенный Институт катализа СО РАН
- ЗАО "ВНИИОС НК"
- ОАО "Самарский завод катализаторов"
- Институт нефтехимического синтеза РАН

Срок выполнения проекта
2003 - 2006 гг.

ЗАДАЧА ПРОЕКТА: разработка и промышленное освоение выпуска новых катализаторов мирового уровня для базовых процессов нефтепереработки и производства сырья для нефтехимии – крекинг, риформинг, гидроочистка, модернизация производств на предприятиях – участниках проекта

Результаты выполнения проекта по состоянию на декабрь 2006 г.



Бюджетное финансирование млн. руб.	Привлеченные средства млн. руб.	Произведено дополнительной продукции		
		наименование	тонны	млн.руб.
500	775	Катализаторы:		
		- крекинга	3500	437
		- риформинга	200	364
		Бензин, произведенный на НПЗ РФ	237000	5249
		Всего		6050

На 1 руб. бюджетных средств произведено дополнительной продукции на 16 руб. на ОАО «Омский НПЗ» (ОАО «Газпром нефть»), ОАО «ТНК-ВР».

В виде дополнительных налогов государство получило в 3,5 раза больше средств, чем было затрачено на финансирование НИОКР

Развитие Мега-проекта «Моторное топливо»

Катализаторы крекинга тяжелых нефтяных фракций



Научный задел и компетенции

1. Разработаны катализаторы крекинга и технологии их производства
2. Разработан широкий ассортимент катализаторов различного назначения:
 - для максимального выхода бензина (до 60%)
 - для получения легких олефинов (более 25%)
 - для переработки тяжелого сырья (до 10000 ppm Ni и V)
 - для снижения выбросов токсичных компонентов в газах регенерации (CO, NOx, SOx)

КОМПЕТЕНЦИИ:

- Центр новых химических технологий ФИЦ «ИК СО РАН» (г. Омск)
- «КНТ Групп»

Промышленный потенциал и производство

Имеющиеся мощности:

- 3,5 тыс. тонн/год – АО «Газпромнефть-ОНПЗ» (г. Омск)
- до 10 тыс. тонн/год – «КНТ Групп» (г. Ишимбай)

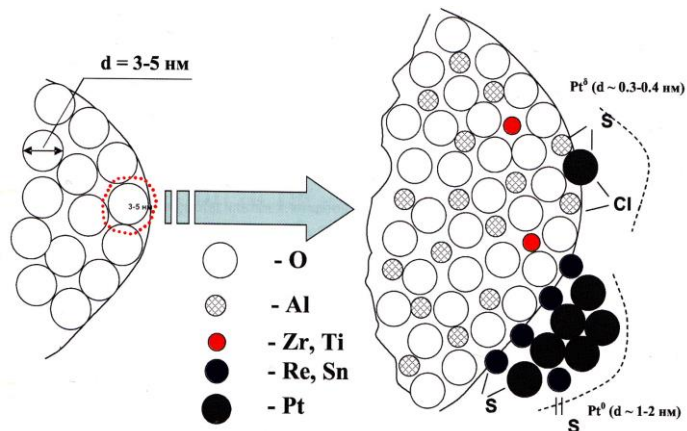
Вновь строящийся завод АО «Газпромнефть-Каталитические системы» (г. Омск) – до 15 тыс. тонн/год

За последние годы произведено около 60 тыс. тонн катализаторов и переработано с их применением более 120 млн. тонн сырья

Обеспечение отечественными катализаторами – более 90% (к 2025 г. до 100%)

Катализаторы риформинга бензинового сырья

Научный задел и компетенции



1. Разработан ассортимент катализаторов риформинга (неподвижный слой):
 - для получения высокооктанового бензина
 - для получения ароматических углеводородов
2. Разработаны научные основы синтеза катализаторов для движущегося слоя

КОМПЕТЕНЦИИ:

- Центр новых химических технологий ФИЦ «ИК СО РАН» (г. Омск)
- ООО «НПП Нефтехим» (г. Краснодар)

Промышленный потенциал и производство



Имеющиеся мощности:

- АО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» (АО «АЗКиОС») (ПАО «НК «Роснефть») – до 100 тонн/год
- ООО «НПП Нефтехим» (до 100 тонн/год)

Разработан проект модернизации АО «АЗКиОС».

За последние годы произведено более 1000 тонн катализаторов риформинга. С их применением перерабатывается более 8 млн. тонн/год бензинового сырья.

Обеспечение отечественными катализаторами около 50% с плановым увеличением до 80-90% (2025 г.).

Катализаторы гидроочистки нефтяных фракций

Научный задел и компетенции

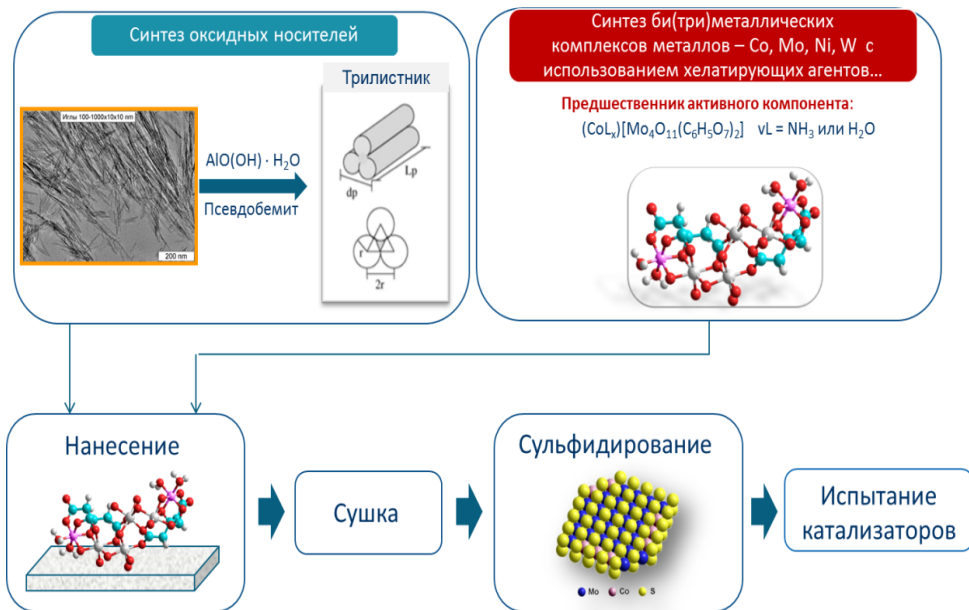


Схема синтеза катализаторов

КОМПЕТЕНЦИИ:

- ООО «Газпромнефть-Промышленные инновации»
- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- Самарский государственный технический университет
- ООО «РН-ЦИР»

Промышленный потенциал и производство

- ООО «РН-кат» (г. Стерлитамак) мощность – 4 тыс. тонн/год (катализаторы гидроочистки и гидрокрекинга)
- ООО «Газпромнефть-Каталитические системы» (вновь создаваемые, г. Омск) мощность по катализаторам гидроочистки - 4 тыс. тонн/год

В период 2020-2022 гг. на данных предприятиях произведено и введено в промышленную эксплуатацию около 600 тонн катализаторов

Подготовлена производственная база для полного импортозамещения

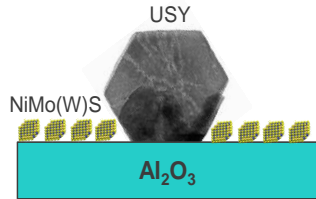
Преодоление зависимости от импортных катализаторов к 2025 г.

Катализаторы гидрокрекинга тяжелых нефтяных фракций

Научный задел и компетенции

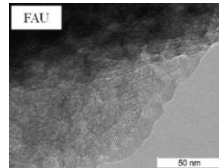
Структура катализатора

Наличие гидрирующего и крекирующего компонентов



Модифицирование цеолита Y

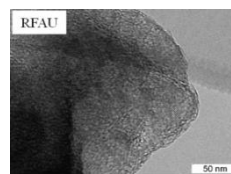
Исходный цеолит USY (FAU)



Объем микропор 0,26 см³/г.

Объем мезопор 0,19 см³/г.

Рекристаллизованный цеолит USY (FAU)



Объем микропор 0,17 см³/г.

Объем мезопор 0,39 см³/г.

Процесс гидрокрекинга:

Давление - 20 МПа

H₂/сырье – до 2000

Сырье

Температура кипения – до 700°C

Содержание:

полиароматических углеводородов (ПАУ)

- 40÷65% масс.

- Серы – до 5% масс.

Продукты

Дизельное топливо и авиакеросин

Содержание серы < 5ppm

Содержание ПАУ ~ 0,5%

ДТ



Промышленный потенциал и производство

- ООО «РН-кат» (г. Стерлитамак):
- мощность – 1000 ÷ 1500 тонн/год

- ООО «Газпромнефть-Каталитические системы» (вновь создаваемое, г. Омск)
- мощность – 2000 тонн/год

Подготовлена производственная база для выпуска опытно-промышленной партии.

Необходимый шаг – промышленная эксплуатация опытно-промышленной партии катализатора

Преодоление зависимости от импорта к 2026 г.

КОМПЕТЕНЦИИ:

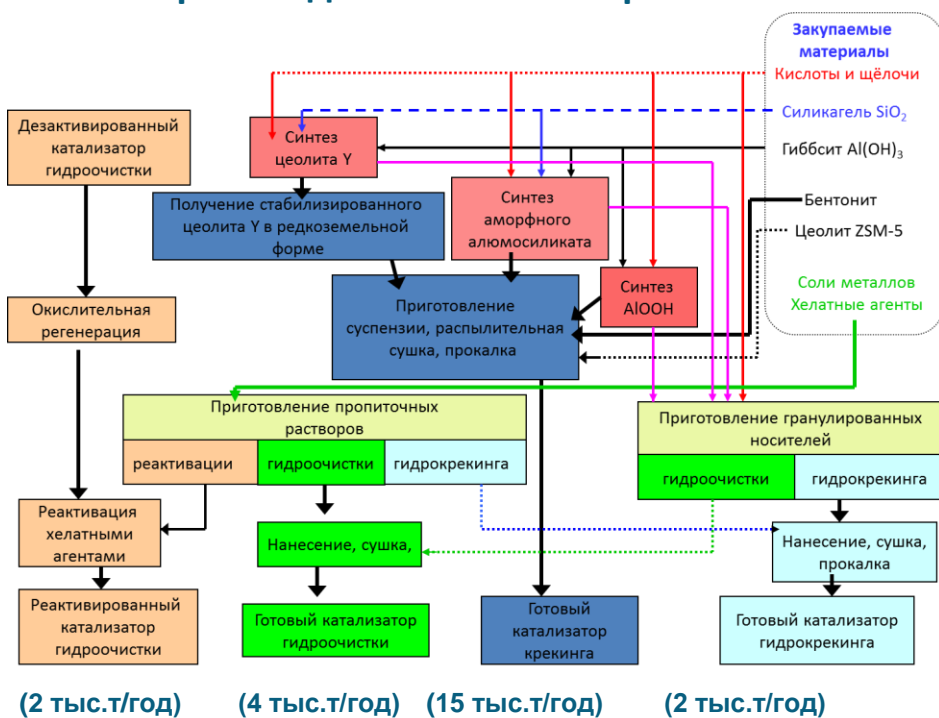
- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- ИНХС РАН
- МГУ
- ООО «РН-ЦИР»

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ

Катализаторы глубокой переработки нефтяного сырья ПАО «Газпром нефть» – ФИЦ «Институт катализа СО РАН»

Комплекс производства катализаторов
нефтепереработки (г. Омск, ПАО «Газпром нефть»)
Суммарная мощность завода – 23 тыс. тонн/год
Ввод в эксплуатацию – 2023 – 2024 гг.

Схема
производства катализаторов



Завод полностью создается на основе российских технологий синтеза оксидных неорганических материалов и катализаторов на их основе

ВИП-проект

**«Разработка и создание технологической базы
для структурной модернизации отечественного
многотоннажного производства полиолефинов»
(ВИП-проект «Полиолефины»)
2005-2007 гг.**

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ «Разработка и создание технологической базы для структурной модернизации отечественного многотоннажного производства полиолефинов» (2005 – 2007 гг.) (ВИП-проект «Полиолефины»)

ЦЕЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА – переход на новый уровень технологии производства катализаторов полимеризации олефинов, обеспечивающий более высокий технологический уровень переработки углеводородного сырья, технологическую независимость и конкурентоспособность российских производств полимеров, в том числе для экстремальных условий эксплуатации.

Головной исполнитель

Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук , г. Новосибирск

№	Организация
1.	ООО «Томскнефтехим», г. Томск
2.	ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт синтетического волокна с экспериментальным заводом», г. Тверь
3.	ЗАО «Политек», г. Новосибирск
4.	Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск
5.	Томский государственный университет, г. Томск
6.	Томский политехнический университет, г. Томск

ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА:

- Бюджетное финансирование НИОКР – 189 млн.руб.
- Внебюджетные средства – 378 млн. руб.
- Производство продукции на АО «Томскнефтехим» с использованием результатов проекта – свыше 5 млрд. руб.

ВАЖНЕЙШИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ
«Разработка и создание технологической базы для структурной модернизации отечественного многотоннажного производства полиолефинов»

- На базе опытно-экспериментального производства ООО «Томскнефтехим» учреждено ООО «Научно-исследовательская организация «Сибур-Томскнефтехим» (ООО «НИОСТ»).
- В уставный капитал общества переданы земельный участок и 7 строений с инфраструктурой и оборудованием.
- ООО «НИОСТ» является резидентом ОЭЗ Томской области технико-внедренческого типа со специализацией «Новые материалы».



Открытие особой экономической зоны (г. Томск, апрель 2006 г.)

Основные направления деятельности:

- Разработка технологии производства титан-магниевого катализатора полимеризации
- Разработка технологии синтеза СВМПЭ и его производство

ВАЖНЕЙШИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ
«Разработка и создание технологической базы для структурной модернизации отечественного многотоннажного производства полиолефинов»

Административное здание



Корпус № 261 цеха № 501

Титанирование новых катализаторов полимеризации



Результат выполнения ВИП-проекта «Полиолефины»

1. Разработана технология и создана в ООО «НИОСТ» опытная линия по синтезу титан-магниевых катализаторов (ТМК) полимеризации мощностью до 1 т ТМК/год



2. Произведены опытные партии ТМК полимеризации пропилена (ПП) в объеме 60 кг

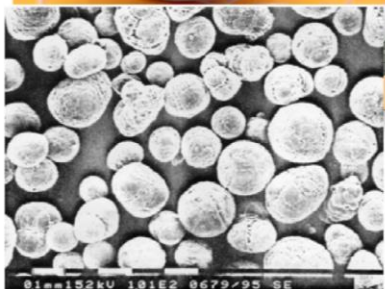
3. Проведено опытно-промышленное испытание катализатора полимеризации пропилена на промышленной линии полимеризации в ООО «Томскнефтехим» с наработкой 245 тн. полипропилена с показателями, соответствующими требованиям к марке ПП 21030



Результат выполнения ВИП-проекта «Полимеры» Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) - материал для экстремальных условий



Емкость российского рынка
по СВМПЭ – 2 тыс. т/год.



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Высокая ударопрочность и стойкость к абразивному воздействию
- Высокая стойкость к агрессивным средам
- Возможность эксплуатации при низких температурах (до -80°C)
- Возможность получения сверхпрочных нитей



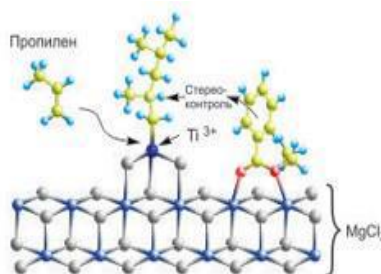
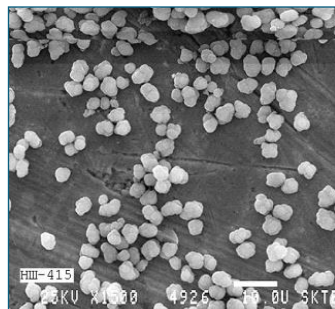
Создана опытная линия по производству СВМПЭ мощностью до 200 т/год. Произведено свыше 200 тонн порошка СВМПЭ. Создана опытная линия и отработана технология получения сверхпрочной нити из СВМПЭ для систем бронезащиты

Развитие ВИП-проекта «Полиолефины»

Катализаторы полимеризации олефинов – этилена и пропилена

Научный задел и компетенции

1. Разработаны титан-магниевые катализаторы (ТМК) полимеризации и освоено их производство за рубежом
2. Разработаны методы синтеза металлоценовых и постметаллоценовых катализаторов полимеризации.
3. Разработаны и освоено производство хромовых нанесенных катализаторов полимеризации.
4. Разработаны научные основы синтеза носителей для катализаторов полимеризации на основе диоксида кремния



КОМПЕТЕНЦИИ:

- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- ИНХС РАН
- ОАО «Пластполимер»
- МГУ
- ИХФ РАН

Промышленная готовность

Опытно-промышленное производство ТМК-ПЭ мощностью 1 тонн/год

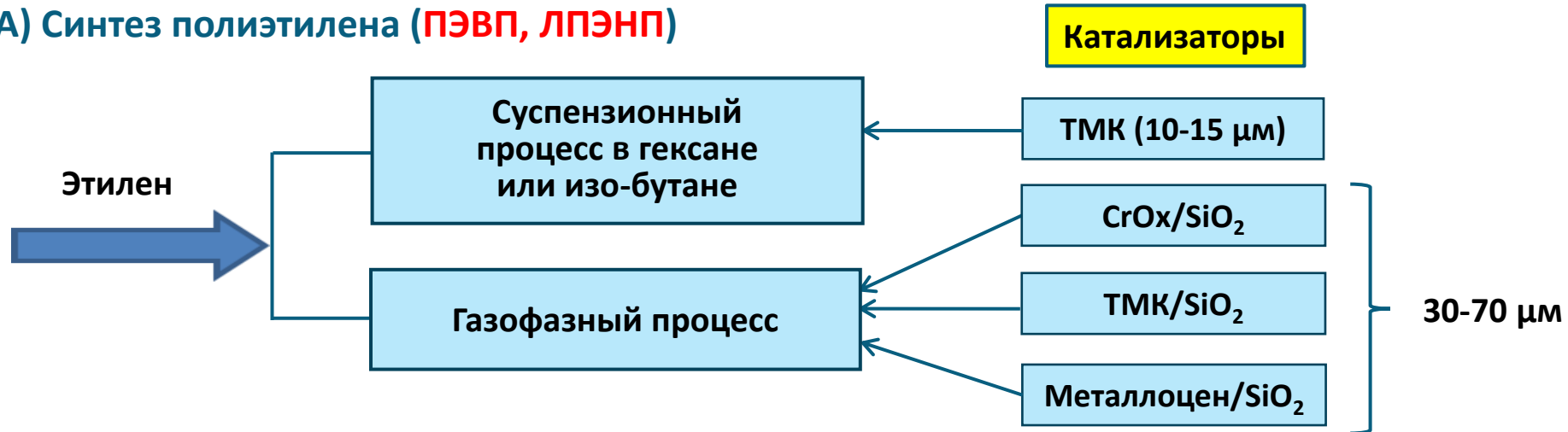
Ведется подготовка создания промышленного производства ТМК

Первоочередные задачи:

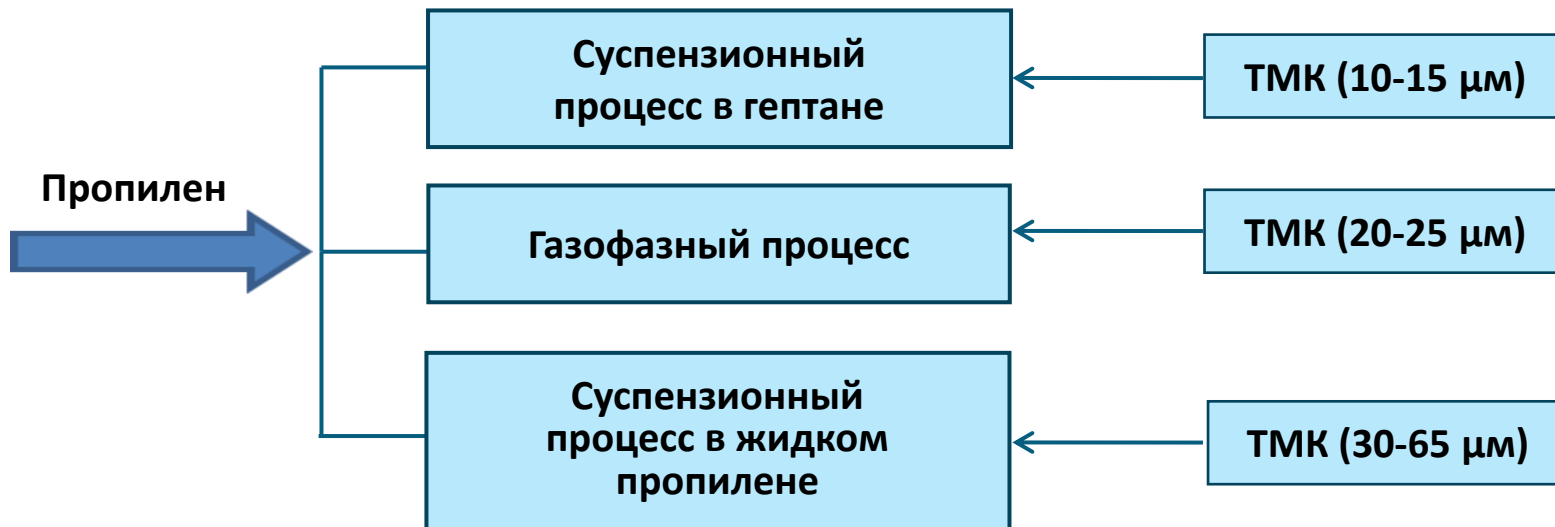
- Нарботка и опытно-промышленные испытания ТМК на промышленных предприятиях
- Разработка технологии производства носителей катализаторов на основе диоксида кремния
- Определение марочного ассортимента катализаторов полимеризации и выбор производственной площадки
- Реализуется проект производства отечественных катализаторов к 2026 г.

Катализаторы полимеризации олефинов

А) Синтез полиэтилена (ПЭВП, ЛПЭНП)



Б) Синтез полипропилена (гомо-ПП, блок-сополимеры)



ТМК – титан-магниевый катализатор, ПЭВП – полиэтилен высокой плотности;
ЛПЭНП – линейный полиэтилен низкой плотности; ПП - полипропилен

Настоящее и будущее производства полиолефинов в России

Годы	Тип продукта	Объем производства, тыс. тонн/год	Тип катализатора	Объем катализатора, тонн/год
2022	Полиэтилен	1200.0	MgCl ₂	72.0
	Полипропилен	2480.0	MgCl ₂	71.0
	Полиэтилен	3750.0	SiO ₂	719.0
	Итого:	7430.0	MgCl ₂	143.0
SiO ₂			719.0	
2025 - 2027	Полиэтилен	1200.0	MgCl ₂	72.0
	Полипропилен	2980.0	SiO ₂	1268.0
	Полиэтилен	7400.0	MgCl ₂	83.0
Итого:	11565.0	MgCl ₂	155.0	
		SiO ₂	1268.0	

К 2026-2027 гг. объем производства полиолефинов в России превысит 1.5 трлн. руб./год!

Технология получения сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) различного назначения

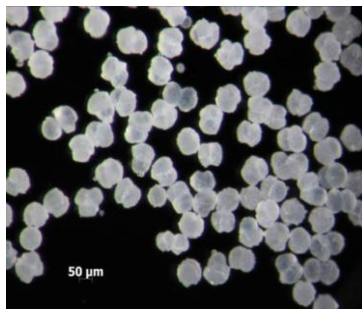
Научный задел и компетенции

- ✓ Отработана технология получения
- ✓ СВМПЭ различных марок на опытной установке (ООО «Томскнефтехим») на титан-магниевых катализаторах
- Реактор полимеризации 1 м³
- Производительность 100÷150 тн/год
- Выход СВМПЭ 10 кг/г катализатора



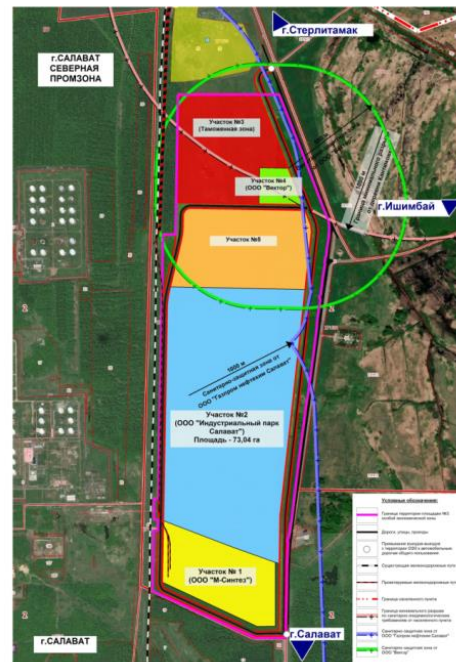
- ✓ Произведено более 200 тонн СВМПЭ, включая опытные партии СВМПЭ в объеме 20 т для отработки технологии получения сверхпрочного волокна методом гель-формования в АО «ВНИИСВ»
- ✓ Изготовлены опытные образцы изделий различного назначения

Базовые марки СВМПЭ



Промышленный потенциал и производство

Ведется создание промышленного производства СВМПЭ в России мощностью 15 тыс. т/год на территории ОЭЗ «Алга» (Башкирия) Планируемый пуск производства – IV квартал 2025 г.



НАСТОЯЩЕЕ

СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ БАЗОВЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ, СТРОИТЕЛЬНОЙ, МЕДИЦИНСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК

ОТВЕТСТВЕННЫЙ ИСПОЛНИТЕЛЬ:

Минпромторг России

СОИСПОЛНИТЕЛЬ:

Минобрнауки России

ЗАКАЗЧИК:

ГК «Титан» (г. Омск)



ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ:

ИК СО РАН, ИНХС РАН,
ХФ МГУ, КБГУ, МИРЭА



ИНИЦИАТОРЫ ПРОЕКТА:

ГК «Титан», ИК СО РАН

ОПИСАНИЕ

Разработка и введение в хозяйственный оборот комплексных (малоотходных), экономически высокорентабельных и экологически совершенных нефтехимических техно-логических процессов производства продукции нефтехимии (изопропилового спирта, кумола/фенола, полиэтилентерефталата)

СТОИМОСТЬ ПРОЕКТА

5080 млн. руб., в том числе

- Собственные и заемные средства
ГК «Титан» – **4100 млн. руб.**
- Средства, запрашиваемые
у Минобрнауки России для выполнения
НИОКР – **980 млн. руб.**

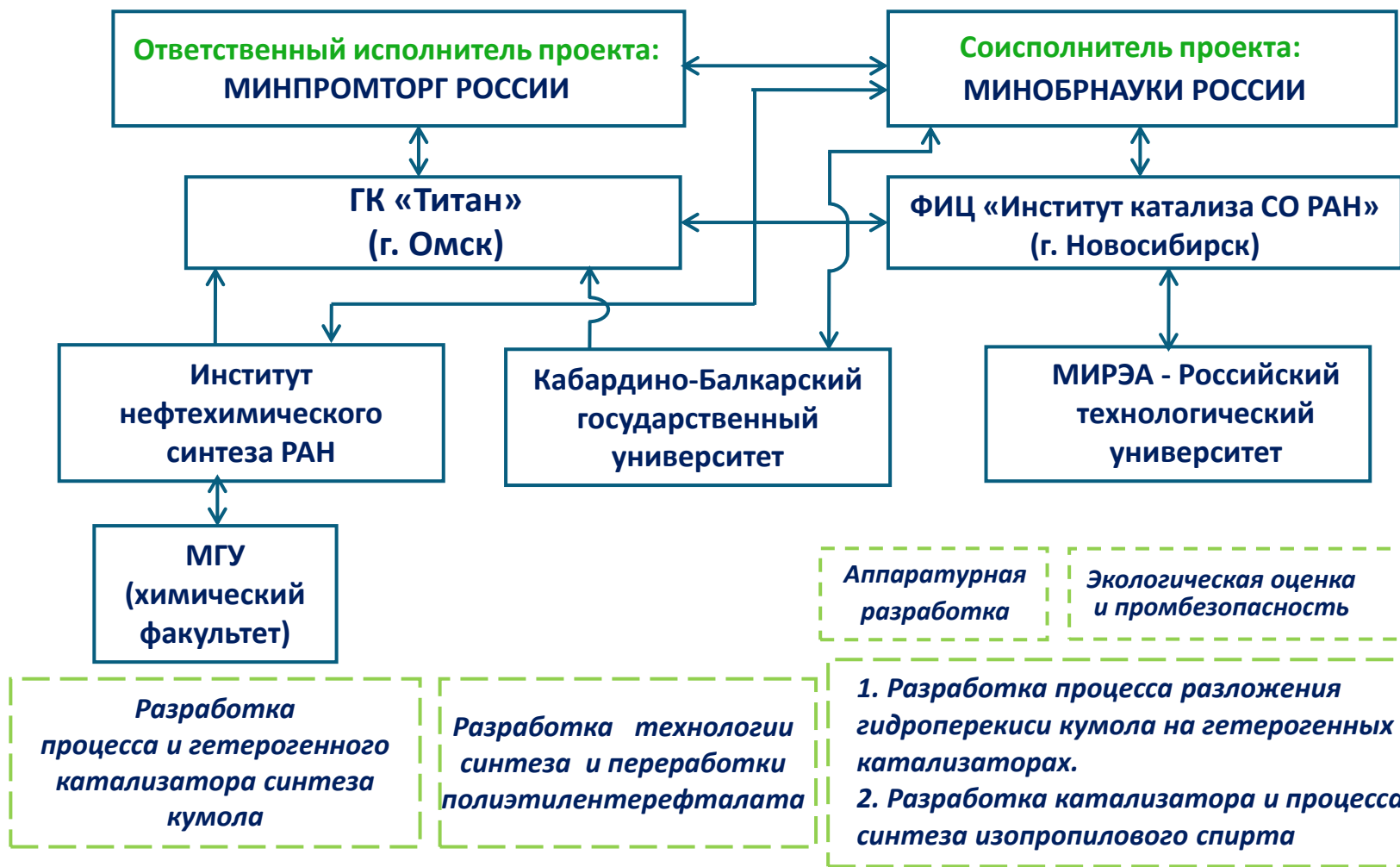
СРОК РЕАЛИЗАЦИИ

2022–2026 гг.

РЫНОК

Совокупный объем продаж продукции
проекта в целом
к 2027 году составит свыше
16 млрд. руб./год

СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ



ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ФЕНОЛА/АЦЕТОНА

Перевод производства кумола на использование цеолитных гетерогенных катализаторов

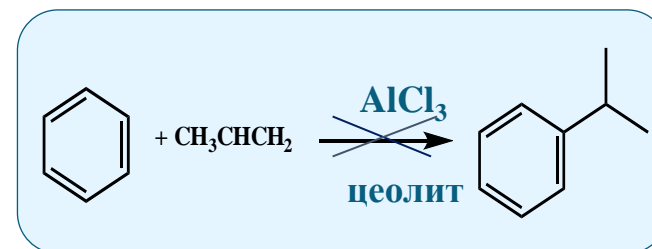
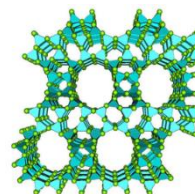
ОСНОВА РЕАЛИЗУЕМОГО ПРОЦЕССА -
КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ:

- ❑ Разработка методов синтеза иерархических цеолитов
- ❑ Определение закономерностей управления текстурными и химическими свойствами цеолитов
- ❑ Разработка технологии синтеза цеолитов, масштабный переход «лаборатория-опытное производство»
- ❑ Математическое моделирование процессов синтеза кумола на цеолитах

РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА:

- экологически безопасное производство кумола (изопропилбензола) мощностью 160 тыс. тонн/год



Будет создан промышленный процесс, позволяющий:

- Снизить себестоимость кумола на 10-12%
- Исключить образование отходов на 5000 тонн/год
- Снизить в 10 раз объем сточных вод

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ФЕНОЛА/АЦЕТОНА

Разработка и промышленное освоение процесса разложения гидроперекиси кумола (ГПК) на гетерогенном катализаторе с получением фенола и ацетона



В настоящее время в качестве катализатора разложения ГПК используется серная кислота

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ:

- ❑ Разработка на основе ГПК стабильных катализаторов разложения гидроперекиси кумола
- ❑ Определение кинетических характеристик процесса разложения гидроперекиси кумола
- ❑ Разработка технологии и аппаратного оформления процесса на основе методов математического моделирования

Проблемы старой технологии	Новая технология
Коррозия реактора	исключена
Необходимость нейтрализации кислоты (аммиаком, щелочью)	отсутствует
Отходы нейтрализации и токсичные сточные воды	отсутствуют

СОЗДАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА (ИПС)

Текущая потребность в
изопропиловом спирте:

80 тыс. тонн/год

Импорт: более 50% (2020 г.)



ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИПС

	СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОИЗВОДСТВА	ВНОВЬ СОЗДАВАЕМОЕ ПРОИЗВОДСТВО
Сырье	Пропан-пропиленовая фракция (30-40% пропилена)	Ацетон Водород
Катализатор	Серная кислота	Твердые катализаторы гидрирования
Комментарии	Продукт обладает сильным запахом сероорганических соединений. Исключено использование в сфере массового потребления	Использование без ограничений (медицина, бытовая химия, дезинфицирующие вещества, антифризы)

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ:

- Исследование и разработка высокотемпературных пористых носителей на основе оксида алюминия
- Разработка методов управления дисперсностью активного компонента катализатора – Ni
- Исследования и разработка кинетических моделей процесса
- Разработка математических моделей многофазных реакторов «газ-жидкость-твердый катализатор»
- Определение конструктивных параметров реакторов и технологических режимов процесса

РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

- Создание производства изопропилового спирта мощностью 60 тыс. тонн/год
- Снижение доли импорта в 3 раза

СОЗДАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИЭТИЛТЕРЕФТАЛАТА (ПЭТФ) И ПЛЕНОК НА ЕГО ОСНОВЕ (БОПЭТ-ПЛЕНКА)



Разрабатываемые и реализуемые технологии получения полиэтилтерефталата позволят:

- ❑ Регулировать в широком диапазоне физико-химические свойства ПЭТФ и области применения ПЭТФ
- ❑ Повысить защитные свойства пленок
- ❑ Повысить гибкость технологической линии производства ПЭТФ для получения большого ассортимента различных марок продуктов на основе ПЭТФ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ:

- ❑ Разработка методов синтеза ПЭТФ не содержащих сурьму катализаторов
- ❑ Определение кинетических характеристик катализаторов в процессе синтеза ПЭТФ
- ❑ Исследование процессов взаимодействия ПЭТФ и нанодисперсных неорганических материалов
- ❑ Определение закономерностей управления свойствами композиционных материалов на основе ПЭТФ

РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

- ❑ Создание промышленного производства ПЭТФ пленочных и волокнистых марок мощностью до 210 тыс. тонн/год ПЭТФ-гранул и до 70 тыс. тонн/год БОПЭТ-пленок
- ❑ Занятие в России до 50% доли рынка БОПЭТ-пленок и до 10% рынка пленок в Западной Европе

ПЛАН-ГРАФИК РЕАЛИЗАЦИИ КНТП

2022

2023

2024

2025

2026

1. Изопропиловый спирт - основа для производства безопасных дезинфицирующих средств и растворителей

НИР

ОКР

Производство

2. Экологически безопасная базовая нефтехимическая продукция (фенол/кумол)

НИР

ОКР

Производство

3. Высокотехнологический полиэтилентерефталат пленочных и волоконных марок

НИР

ОКР

Производство гранул

Производство плёнок

Критерии выполнения КНТП «Нефтехимический кластер»

1. Количество полученных патентов РФ – 26
2. Количество разработанных и переданных в производство технологий - 8
3. Обеспечение производства, поставки и введения в эксплуатацию в 2026 г. опытно-промышленных партий катализаторов:
 - алкилирования/трансалкилирования в объеме 17 тонн
 - разложения гидроперекиси изопропилбензола в объеме 2 тонны
 - гидрирования ацетона в изопропиловый спирт в объеме 7 тонн
 - синтеза полиэтилентерефталата в объеме 350 кг

Будущее

ПЕРСПЕКТИВЫ

Разработка и реализация комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Создание импортозамещающего производства ресурсоэффективных катализаторов и смежных химических продуктов» (КНТП «Катализаторы»)

Цель: Обеспечение продуктовой безопасности, технологической независимости и экономической эффективности предприятий по глубокой переработке углеводородного сырья в высокотехнологическую продукцию нефте(газо)химии

Ответственный исполнитель-координатор и соисполнители:

Минпромторг России
Минэнерго России
Минобрнауки России

Потенциальные участники:

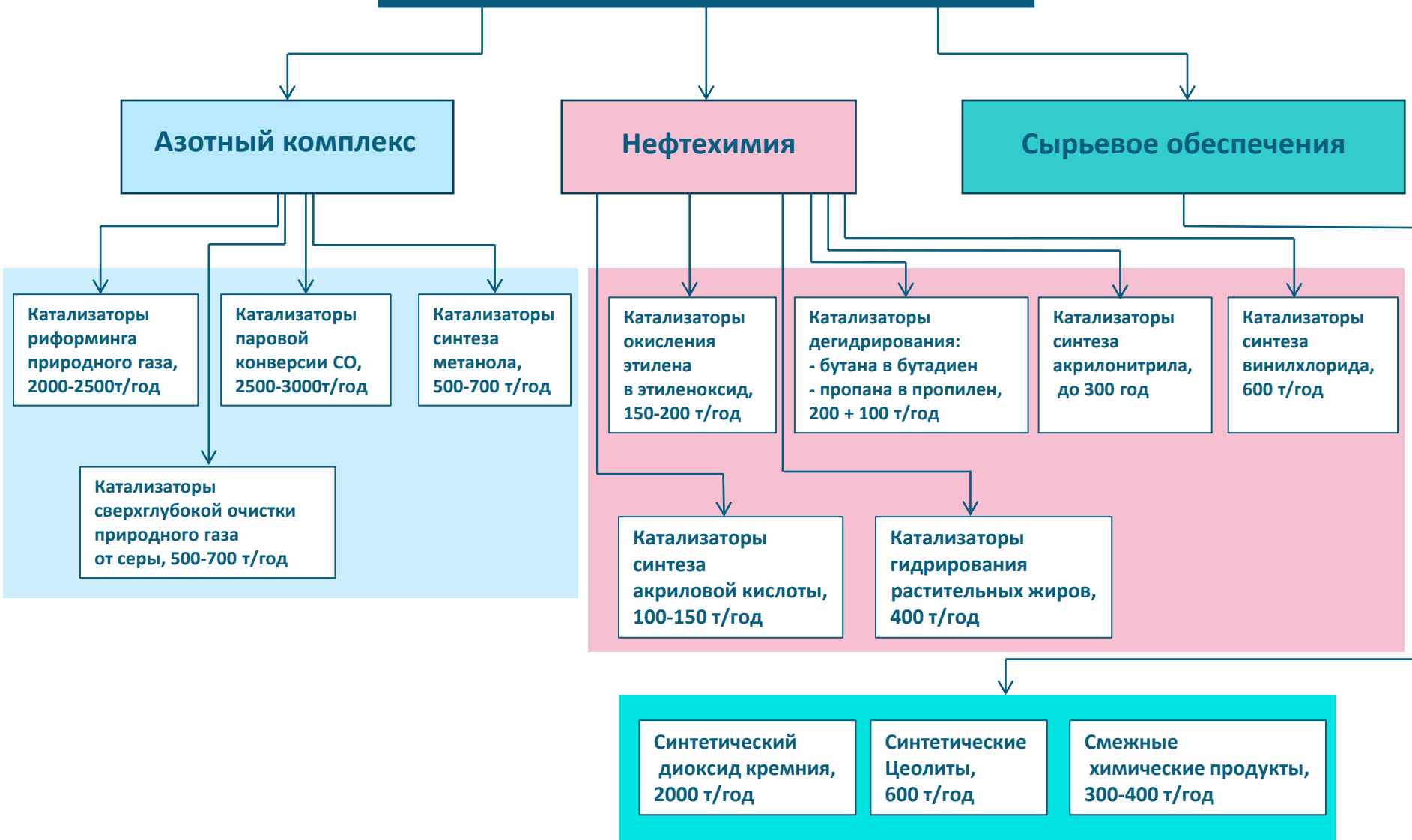
ФИЦ «Институт катализа СО РАН», ИНХС РАН, ИОХ РАН, Томский госуниверситет,
РХТУ им. Д.И. Менделеева, ОАО «НИИТЭХИМ», ООО «НИАП «Катализатор», АО «СКТБ «Катализатор»,
ООО «НПК «Синтез», ООО «Салаватский катализаторный завод»

Срок выполнения: 2024-2028 гг.

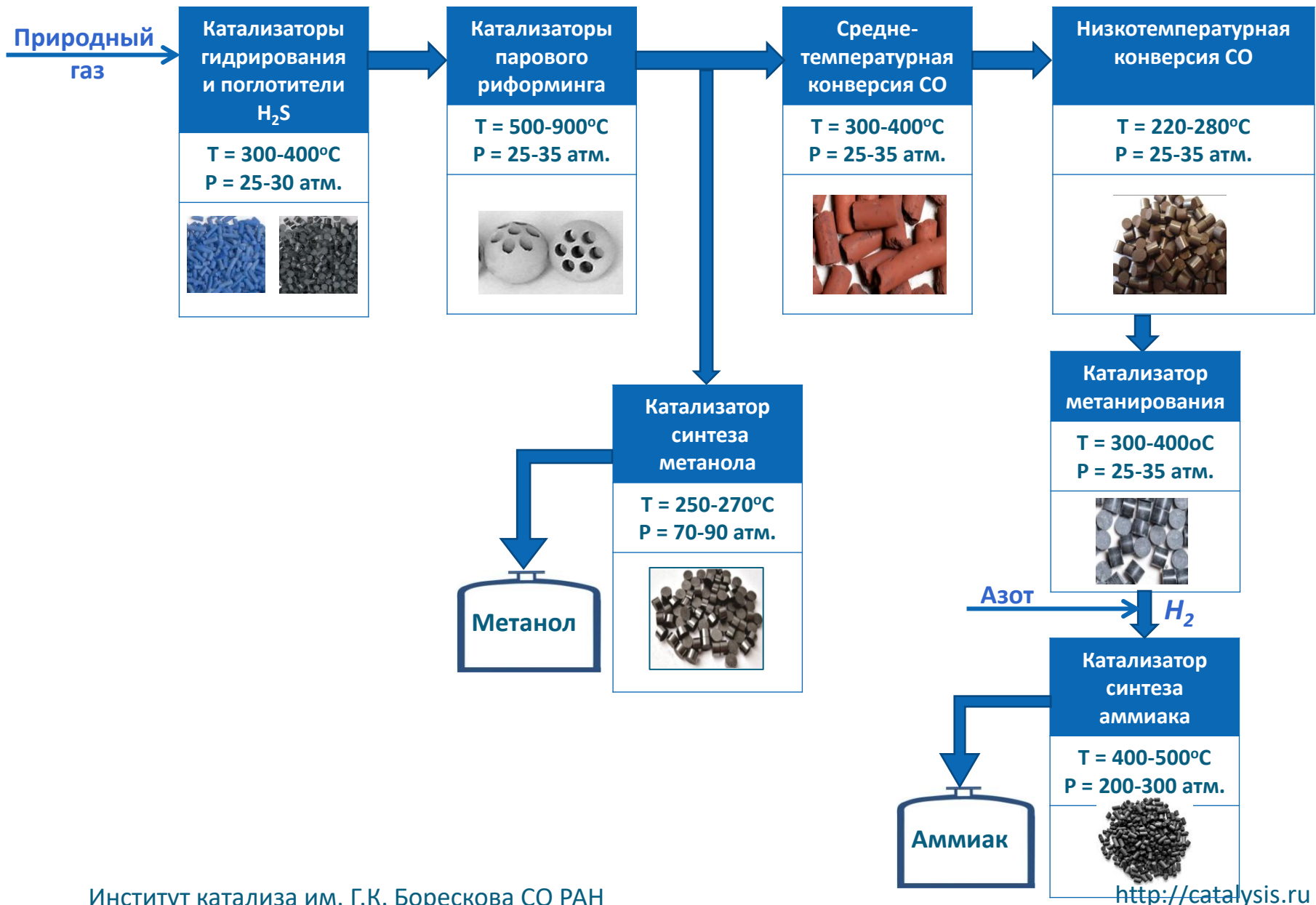
Объем и источники финансирования:

Общий объем финансирования – 13,9÷14,2 млрд. руб.,
В т.ч. - бюджетное финансирование НИОКР – 4,9÷5,2 млрд. руб.
внебюджетное финансирование (собственные и заемные средства) – 8,5÷ 9,3 млрд. руб.

СТРУКТУРА КНТП «КАТАЛИЗАТОРЫ»



Катализаторы процессов в азотной промышленности: синтез аммиака и метанола

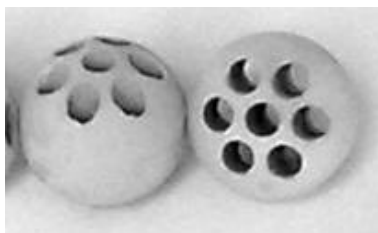


Катализаторы парового риформинга природного газа



Научный задел и компетенции

1. Разработаны научные основы синтеза конкурентоспособных катализаторов парового риформинга природного газа



2. Разработаны методы управления свойствами катализатора для обеспечения снижения энергозатрат при осуществлении процесса парового риформинга

КОМПЕТЕНЦИИ:

- ООО «НИАП-Катализатор» (г. Новомосковск)
- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- ООО «Салаватский катализаторный завод»

Промышленный потенциал и производство

Имеющиеся мощности:

- ООО «НИАП-Катализатор» (г. Новомосковск) – до 200 тонн/год (для азотной промышленности)
- АО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» – до 150 тонн/год (для нефтеперерабатывающей промышленности)

Необходимо:

- Создание дополнительных мощностей производства катализаторов в объеме до 3000 тонн/год
- Восстановление опытно-испытательных стендов, завершение НИР и выполнение ОКР

Катализаторы для азотной промышленности

Производство водорода: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ Синтез метанола: $\text{CO} + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$

Научный задел и компетенции

1. Разработана единая технологическая платформа, позволяющая производить широкую номенклатуру катализаторов:

- синтеза метанола
- средне- и низкотемпературной паровой конверсии CO

2. Технология основана на процессе соосаждения катионов металлов из водных растворов солей, обеспечивающем глубокое химическое взаимодействие компонентов и гарантированное качество конечного продукта



КОМПЕТЕНЦИИ:

- ООО «НИАП-Катализатор» (г. Новомосковск)
- ООО «Салаватский катализаторный завод»
- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- Институт органической химии РАН
- ИНХС РАН
- ТГУ

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

Промышленный потенциал и производство

1. Технология опробована при производстве катализаторов конверсии оксида углерода и синтеза метанола (Ульбинский металлургический завод, г. Усть-Каменогорск, Казахстан). Мощность производства до 200 тонн/год .

Катализаторы успешно эксплуатировались в 1997-2000 гг.

2. На ООО «НИАП-Катализатор» эксплуатируется линия производства мощностью до 400 тонн/год катализаторов конверсии оксида углерода, устаревших марок

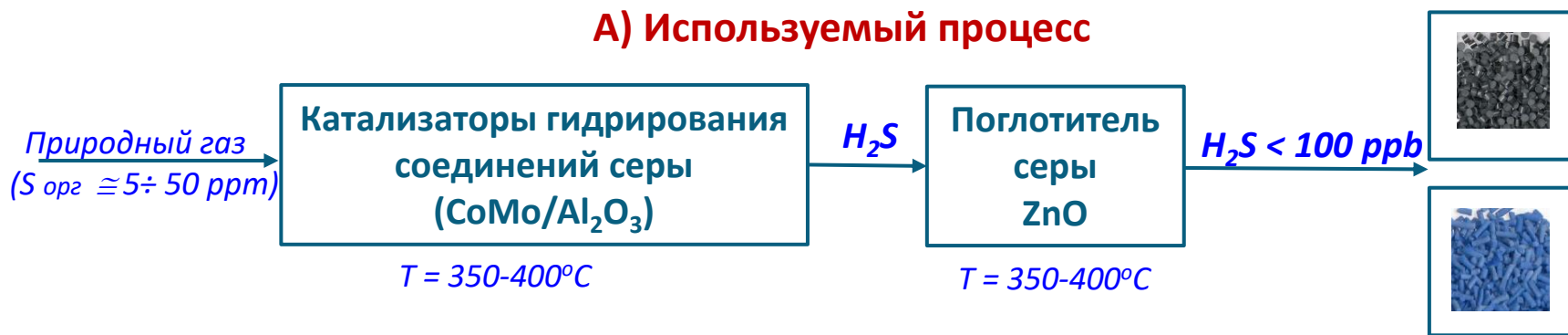
3. Для обеспечения потребности российских предприятий в катализаторах конверсии оксида углерода и синтеза метанола необходимо создание новых производственных мощностей с объемом выпуска 4000-4500 тонн/год

Необходима разработка современных марок катализаторов синтеза метанола и паровой конверсии оксида углерода

<http://catalysis.ru>

Катализатор сероочистки природного газа бинарного действия

А) Используемый процесс

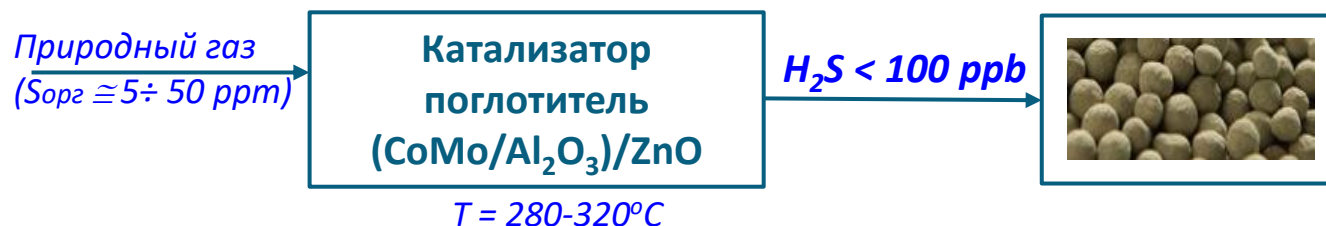


Кинетика

диффузия $S_{\text{орг}}$ → гидрирование →
→ диффузия H_2S

диффузия H_2S → хемосорбция H_2S

Б) Перспективный процесс



Кинетика

диффузия $S_{\text{орг}}$ → гидрирование →
→ хемосорбция H_2S

Катализаторы для нефтехимических процессов

Катализаторы дегидрирования легких углеводородов в реакторах с неподвижным и движущимся слоем

Ведутся научные исследования в области катализаторов дегидрирования:

- бутана в бутадиен



катализатор $\text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{Al}_2\text{O}_3$

- пропана в пропилен



катализатор $\text{Pt} / \text{Al}_2\text{O}_3$

НАУЧНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ:

- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- ООО «НПК «Синтез»
- АО «СКТБ катализаторов»
- Казанский федеральный университет

Промышленная готовность

Среднегодовая потребность в катализаторах дегидрирования:

- бутана в бутадиен составляет около 200 тонн/год
- пропана в пропилен – до 100 тонн/год.

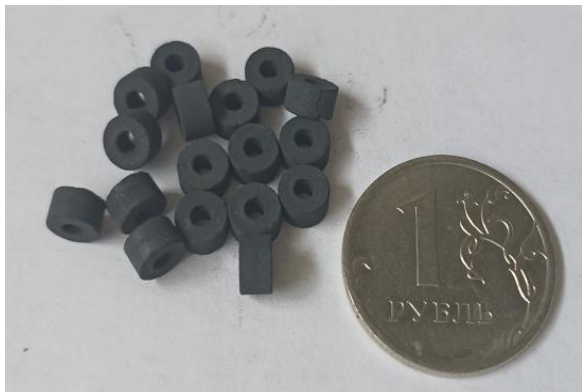
Первоочередные задачи:

1. Обеспечение производства катализаторов отечественным сырьем (гидроксидом алюминия, шариковым носителем на основе Al_2O_3)
2. Проведение опытно-промышленных испытаний отечественных катализаторов. Возможный срок – 2023 – 2024 гг.

Потенциальные производственные площадки:

- ООО «НПК «Синтез»
- АО «СКТБ катализаторов»
- ООО «НПП «Нефтехим»
- ЗАО «Нижегородские катализаторы»

Катализаторы получения акриловой кислоты



Научный задел и компетенции

1. Разработаны и испытаны в лабораторных условиях методы синтеза многокомпонентных оксидных катализаторов для первой и второй стадий получения акриловой кислоты.
2. Проведены испытания отечественных катализаторов получения акриловой кислоты в лабораторных условиях и показано достижение показателей, соответствующих зарубежным и промышленным аналогам.

Промышленный потенциал и производство

Акриловая кислота (АК) является сырьем для производства лаков, дисперсий, красок, суперабсорбентов. Основной способ получения АК – двухстадийное окисление пропилена кислородом воздуха.

Основные производители в России:

ООО «Газпром Нефтехим Салават», мощность 80 тыс. т. АК/год

ОАО «Акрилат» (СИБУР), мощность 40 тыс. т. АК/год

Производство акриловой кислоты полностью базируется на импортных катализаторах.

Суммарный рыночный потенциал реализации АК – 24÷28 млрд.руб./год.

Потребность в катализаторах синтеза АК - 40÷50 тонн/год.

ПРОГРАММА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ:

1. Разработка технологии промышленного производства отечественных катализаторов получения акриловой кислоты окислением пропилена – (2024-2025 гг.).
2. Разработка и создание опытно-промышленной линии по производству катализаторов получения акриловой кислоты (2025-2026 гг.)

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ:

- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- ООО «Салаватский катализаторный завод»
- АО «СКТБ катализаторов»

Катализаторы производства акрилонитрила



Научный задел и компетенции

1. Разработаны научные основы синтеза конкурентоспособных многокомпонентных оксидных катализаторов получения акрилонитрила (НАК) окислительным аммонолизом пропилена с показателями не уступающими зарубежным промышленным аналогам
2. Разработаны и апробированы на лабораторном уровне методы синтеза данных катализаторов с использованием отечественного сырья
3. Создана лабораторная испытательная база по тестированию катализаторов НАК и проведены испытания катализаторов

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

Промышленный потенциал и производство

Акрилонитрил (НАК) – важнейший полупродукт органического синтеза, используется для получения стратегически важных полимеров, пластиков, синтетических каучуков, углеродных волокон.

Производитель НАК в России – ООО «Саратоворгсинтез» («ЛУКОЙЛ»). Мощность производства 170 тыс. тонн/год

Производитель НАК в Республике Беларусь – ОАО «Нафтан» – 85 тыс.тонн/год

Суммарный рыночный потенциал реализации НАК - 30÷35 млрд. руб./год. Суммарная потребность в катализаторах России и Беларуси составляет – до 100 тонн/год

Производство полностью базируется на импортных катализаторах

ПРОГРАММА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ:

1. Разработка технологии промышленного производства отечественного катализатора получения акрилонитрила окислительным аммонолизом пропилена (2025 г.)
2. Разработка и создание опытно-промышленной линии по производству катализатора получения акрилонитрила (2026 г.)

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ:

ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
АО «СКТБ катализаторов»
ООО «Саратоворгсинтез»
ООО «Салаватский катализаторный завод»
ОАО «Нафтан»

<http://catalysis.ru>

Катализаторы гидрирования растительных масел в маргарин и спецжиры



Катализатор – Ni/кизельгур



В России производство жиров из растительного масла достигает 1,5 млн. тонн/год. Производство полностью базируется на импортных катализаторах

Научный задел и компетенции

1. Разработаны методы синтеза катализаторов гидрирования растительных масел на основе палладия
2. Разработаны методы синтеза гетерогенных никельсодержащих катализаторов гидрирования углеводородов
3. Разработана технология регенерации никелевых катализаторов гидрирования растительных масел и проведены их пилотные испытания в условиях промышленного предприятия

КОМПЕТЕНЦИИ:

- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- Научно-производственная лаборатория ООО «ЭФКО - пищевые ингредиенты»

Промышленный потенциал и производство

Программа импортозамещения предусматривает:

Разработку технологии и создание производства отечественного катализатора Ni/SiO₂ (диоксид кремния) мощностью до 400 тонн/год.
Срок выполнения – 1,5 – 2,0 года

Промышленные партнеры:

- ГК «ЭФКО»
- ООО «Салаватский катализаторный завод»
- ООО «Нижегородские сорбенты»

Технологические проблемы производства катализаторов нефтехимии



Катализаторы окисления пропилена в акриловую кислоту



Катализаторы окисления этилена в этилен оксид



Катализаторы окисления метанола в формальдегид



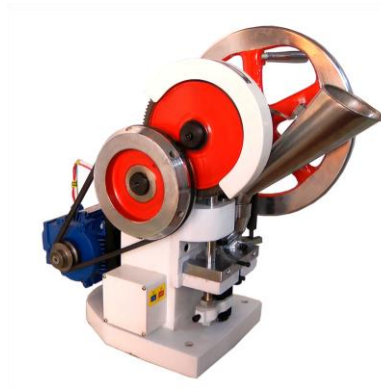
Катализаторы окисления бутана в малеиновый ангидрид (V/P/графит)

Задача:

Развитие научных основ и технологии таблетирования дисперсных материалов

Основа:

Наличие необходимой техники в Институте катализа СО РАН



Предложение:

Создание научно-технологического коллектива для ускоренной разработки технологии таблетирования дисперсных материалов на основе интеграции специалистов и оборудования в рамках НТИ «Водород»

Сырьевое обеспечение производства катализаторов и сопутствующие химические продукты

Зачем нужен оксид/гидроксид алюминия?

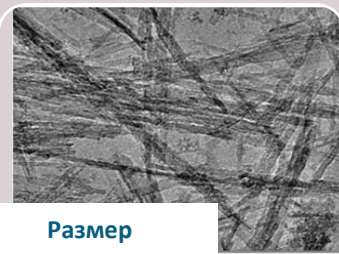
**Нанодисперсный
гидроксид алюминия**

**Микродисперсный
оксид алюминия**

Носители для катализаторов

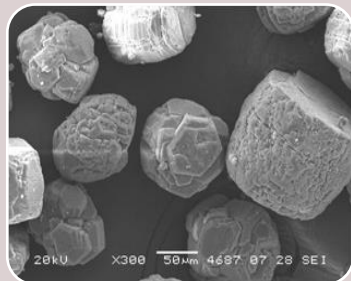
Экструдаты

Сфера



Размер
кристаллов
100×10×10 нм

200 nm



20kV X300 50um 4687 07 28 SE1



Синтез носителей
для
катализаторов,
кабельная
промышленность,
светотехника,
бумажная
промышленность
и др.

Катализаторы
нефтехимии

Катализаторы
нефтепереработки,
нефтехимии и
газопереработки

ПАО «НК «Роснефть»
ПАО «Газпром»
ПАО «Газпром нефть»
и др.

Катализаторы
дегидрирования
и риформинга

ПАО «НК «Роснефть»
ПАО «Газпром нефть»
ПАО «Сибур
Холдинг»

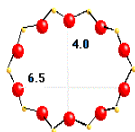
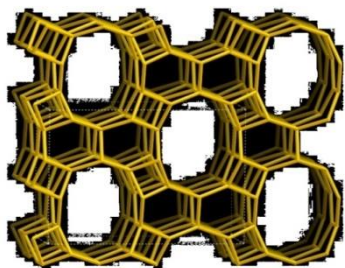
Синтетические цеолиты – высокотехнологические компоненты катализаторов нефтепереработки и нефтехимии

Цеолиты – неорганические материалы с регулярной пористой структурой

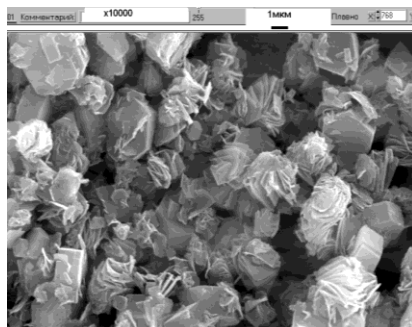
Научный задел и компетенции

1. Разработаны научные основы методов синтеза ряда марок цеолитов: ZSM-5; SAPO; ZSM-22 и др.

Силикоалюмофосфаты



AEL – SAPO-11 AlPO4-11 (eleven)



2. Разработан новый бессточный метод синтеза цеолитов
3. Разработана и промышленно освоена технология производства цеолитов ZSM-5

КОМПЕТЕНЦИИ:

- ИНХС РАН
- МГУ
- ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
- Башкирский научный центр РАН
- ООО «Цеолитика»

Промышленный потенциал и производство

1. Производство цеолитов типа ZSM-5 эксплуатируется - на ООО «Салаватский катализаторный завод», ЗАО «Нижегородские сорбенты», «КНТ Групп»

Суммарная мощность всех технологических линий составляет около 200 тонн/год

2. Необходимо выполнение программы НИОКР и расширение мощностей до 800 тонн/год и освоение производства широкой номенклатуры синтетических цеолитов

Какой силикагель нужен для катализаторов?



Лабораторный уровень
до 200 г/синтез

Опытные партии
до 5 кг/синтез

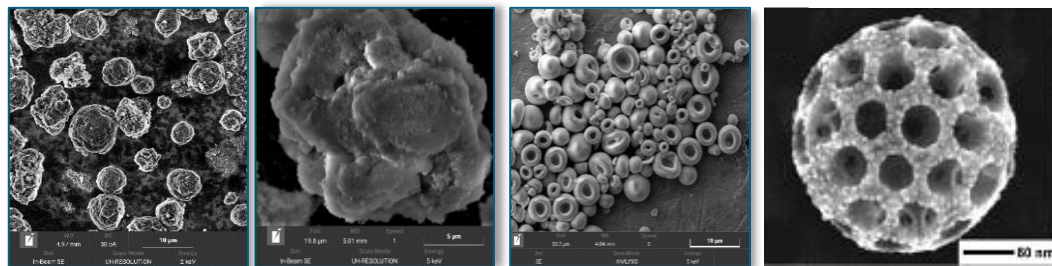
Опытно-промышленные партии
от 1 тонны



Парк сушильного оборудования ИК СО РАН для производства опытных партий силикагелей

Текстурные характеристики силикагелей, разработанных в ИК СО РАН

$S_{уд}$, м ² /г	$V_{пор}$, см ³ /г	D_{cp} , Å
800+	0,5-1,0	20-100
700-800	0,7-1,2	20-100
600-700	0,7-1,2	20-100
500-600	1,0-2,5	50-200
400-500	1,0-2,5	50-200
300-400	1,0-2,5	100-250
200-300	0,5-2,0	100-300
100-200	0,5-1,5	100-300
10-100	0,5-1,5	100-300



Микрофотографии СЭМ образцов силикагелей

Планируемые результаты реализации КНТП «Катализаторы»

Производственные показатели :

- объем реализованной продукции (катализаторов)
в период 2026-2028 годы – 18 млрд. руб.;
- объем реализации высокотехнологической продукции, произведенной
с использованием вновь разработанных катализаторов начиная
с 2028 г. превысит 2 трлн. руб. в год;

Наукометрические показатели :

- в ходе реализации программы будет получено до 50 патентов,
разработано и передано для внедрения в производство не менее
15 новых технологий синтеза катализаторов и сопутствующих
химических продуктов

РЕЗЮМЕ

1. Механизм участия в выполнении крупных проектов государственного значения по разработке и организации производства отечественных катализаторов разработан в Институте катализа в период функционирования МНТК «Катализатор».
2. Данный механизм развит и адаптирован в современных условиях при выполнении Мега-проекта «Моторное топливо».
3. Выполнение крупных проектов государственного значения не только обеспечивает создание производства новых отечественных катализаторов, но и закладывает основы дальнейшего научно-технического и производственного развития как Института катализа, так и других исследовательских, производственных структур.
4. Институт катализа имеет инфраструктурные возможности и кадровый потенциал для обеспечения в современных условиях импортонезависимости российского химического комплекса в области катализаторов.

Спасибо за внимание!