



ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА
им. Г.К. БОРЕСКОВА

Обеспечение технологического суверенитета России в области катализаторов: состояние и перспективы

Федеральный исследовательский центр «Институт катализа
им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН»,
г. Новосибирск

Носков А.С., Бухтияров В.И.



Новосибирск, 2024

Конференция «Катализаторы 2024»
29 февраля - 1 марта 2024 г.
г. Москва

Общая характеристика потребления промышленных катализаторов в России

- Объем потребления катализаторов в России – 60-70 тыс. тонн/год
- Время жизни катализаторов в реакторах – от нескольких минут до 10 лет
- Доля импортных катализаторов в промышленности России – от 40 до 100%
- Отрасли – потребители катализаторов:
 - нефтепереработка
 - нефтехимия
 - химическая промышленность
 - масло-жировая промышленность (производство маргарина и спецжиров)
 - экология
- Эффективность применения:
 - 1 кг катализатора – до 80 тыс. руб./год продукции
 - 1 кг катализатора полимеризации позволяет получить 30 – 50 тонн полиэтилена (или полипропилена)
 - 1 кг катализатора дегидрирования обеспечивает производство 70 кг сырья для синтетических каучуков

Каталитические процессы в России – это:

- **40 млн.т/год** высокооктанового (ОЧ = 92 и выше) бензина
- более **80 млн.т/год** дизельного топлива марки ЕВРО-4, ЕВРО-5
- **18 млн.т/год** аммиака
- **5,5 млн.т/год** полиэтилена и полипропилена
- **4,5 млн.т/год** метанола
- **1,6 млн.т/год** синтетических каучуков
- более **4 млн.т/год** базовых нефтехимических продуктов
(бензол-толуол-ксилол, гликоли, спирты и т.д.)
- более **1 млн.т/год** масложировых продуктов для пищевой промышленности,
включая **0,5 млн.т/год** маргарина

ИТОГО:

около **155 млн.т/год** высокотехнологичной химической продукции стоимостью **8 трлн. руб./год**
(4% ВВП России - 15% от материальной части ВВП) !!!

Ландшафт основных потребителей катализаторов в России

Нефтеперерабатывающие компании	Нефтехимические компании	Предприятия азотной промышленности
<ul style="list-style-type: none">- ПАО «НК «Роснефть»- ПАО «Лукойл»- ПАО «Газпром нефть»- ПАО «Сургутнефтегаз» (ООО «КИНЕФ»)- ПАО «Татнефть» (АО «ТАНЕКО»)- АО «ФортеИнвест» (ПАО «Орскнефтеоргсинтез»)- ООО "РУСИНВЕСТ" (ООО «Тюменский НПЗ»)- ООО «КНГК-Ильский НПЗ»- Завод стабильного конденсата (г. Сургут)- АО «Новошахтинский ЗНП» и др.	<ul style="list-style-type: none">- ПАО «СИБУР»- ПАО «НК «Роснефть» (ПАО «АНХК», АО «Ангарский завод полимеров»)- ПАО «Лукойл» (ООО «Ставролен», ООО «Саратоворгсинтез»)- АО «Омский каучук»- АО «Саянскхимпласт»- ООО «Газпром нефтехим Салават»- АО «Синтез-Каучук»- ООО ПО «Химпром» и др.	<ul style="list-style-type: none">- АО «ЕвроХим»- ПАО «Акрон»- ПАО «ФосАгро»- ПАО «Тольяттиазот»- АО «ОХК «Уралхим»- СДС «Азот»- ПАО «Метафракс»- ООО «Щекиноазот»- ООО «Сибметахим»- ООО «Томет» и др.

Ландшафт разработок и производства катализаторов нефтепереработки и нефте(газо)химии в России

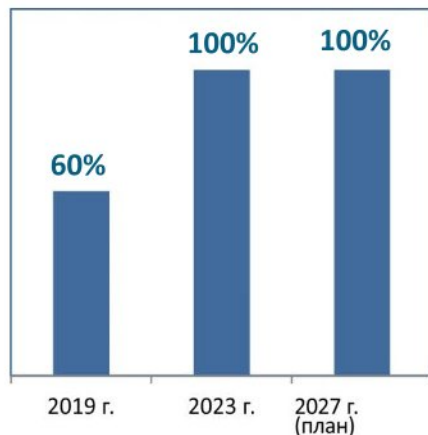
Разработки и производство	Производство
1. ООО «Газпромнефть-Каталитические системы»	1. АО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза»
2. КНТ Групп (г. Ишимбай)	2. ООО «РН-Кат»
3. ООО «НПП «Нефтехим»	3. ЗАО «Нижегородские катализаторы»
4. АО «СКТБ «Катализаторов»	4. ООО «Новомичуринский катализаторный завод»
5. ООО «НПК «Синтез»	5. ООО «Промкатализ» (г. Рязань)
6. ООО «НИАП-катализатор»	6. ООО «Щелковский катализаторный завод»
7. ООО «Салаватский катализаторный завод»	7. ОАО «Синтез-каучук»
8. ЗАО «Нижегородские сорбенты»	8. ООО «Новокуйбышевский завод катализаторов»
9. АО «Редкинский катализаторный завод»	9. ГК «РеалСорб»
10. United Catalyst Technologies	10. АО «Электрокерамика»

Ландшафт разработок и производства катализаторов нефтепереработки и нефте(газо)химии в России

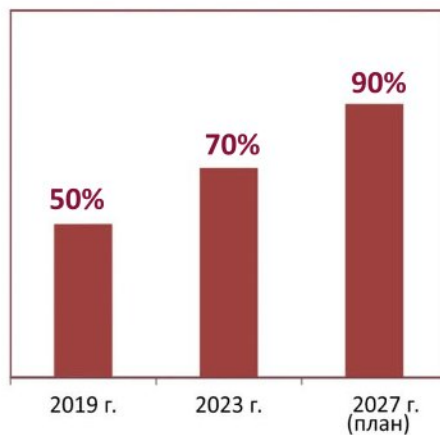
Институты, под научно-методическим руководством Российской Академии Наук	Университеты	Отраслевые организации
1. ФИЦ «Институт катализа СО РАН»	1. Томский государственный университет	1. ООО «Газпромнефть-Промышленные инновации»
2. Институт нефтехимического синтеза РАН	2. Московский государственный университет	2. ООО «РН-ЦИР»
3. Институт органической химии РАН	3. Казанский федеральный университет	3. АО «ВНИИ НП»
4. Уфимский институт нефтехимии и катализа РАН	4. Самарский государственный технический университет	4. ООО «НИОСТ»
	5. Ивановский государственный химико-технологический университет	

Обеспечение отечественными катализаторами базовых процессов нефтепереработки (доля отечественных катализаторов)

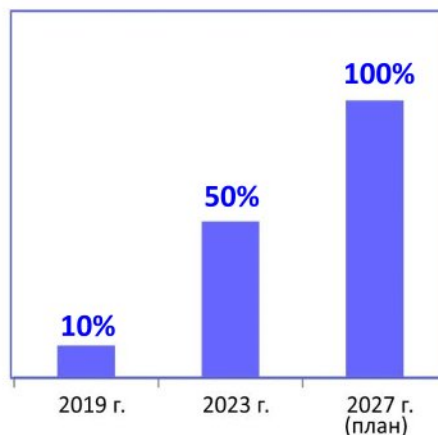
Каталитический крекинг



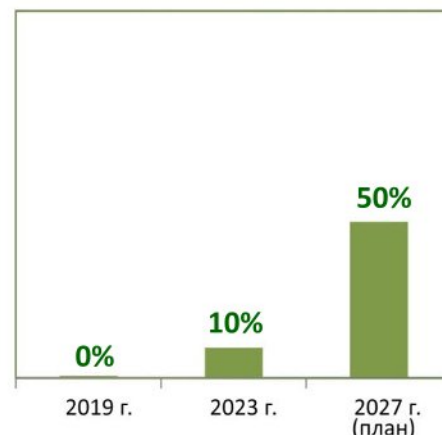
Риформинг бензиновых фракций



Гидроочистка нефтяных фракций



Гидрокрекинг

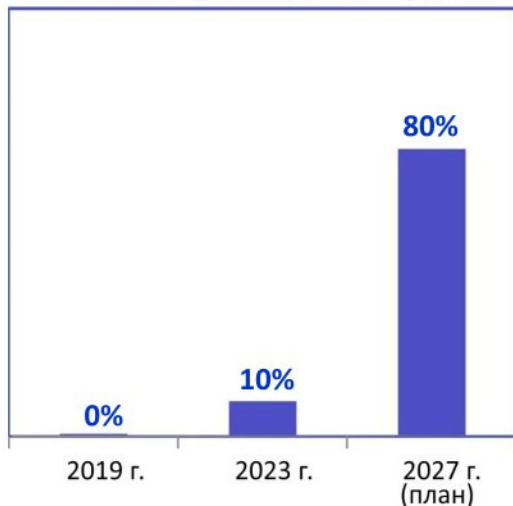


Ключевые производства катализаторов нефтепереработки:

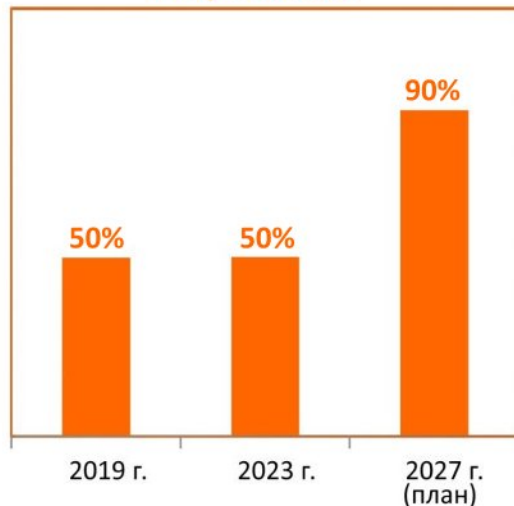
- ООО «РН-кат» (г. Салават)
- КНТ ГРУПП (Башкортостан)
- ООО «Газпромнефть-Каталитические системы» (г. Омск)
- АО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза»

Нефтехимия и азотная промышленность: обеспечение отечественными катализаторами (доля отечественных катализаторов)

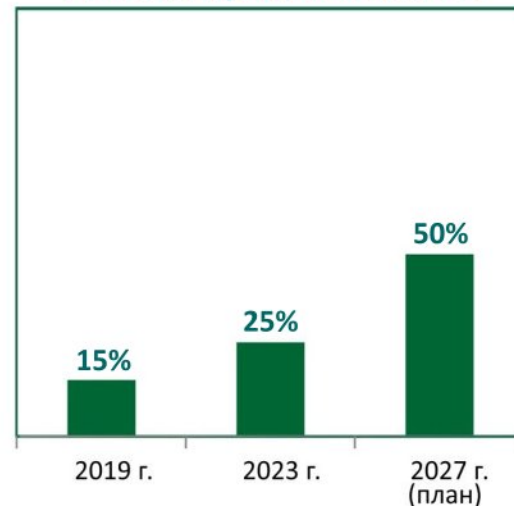
Полимеризация олефинов



Нефтехимия



Азотная промышленность



Ключевые действующие и потенциальные производители катализаторов:

- ПАО «Сибур» (г. Тобольск)
- ООО «НИАП Катализатор» (г. Новомосковск)
- ОАО «Синтез каучук» (г. Стерлитамак)
- АО «СКТБ катализаторов» (г. Новосибирск)
- ООО «НПК «Синтез» (г. Барнаул)
- ООО «СкатЗ» (г. Салават)

Базовые катализаторы нефтепереработки

Катализаторы крекинга тяжелых нефтяных фракций



- первичный крекинг на матрице

$> C_{30}$

- крекинг на цеолите типа Y

$C_{14} \div C_1$

- крекинг на цеолите типа ZSM-5

$C_7 \div C_9$

- легкие олефины

C_3 и C_4

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»

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

Промышленный потенциал и производство

Имеющиеся мощности:

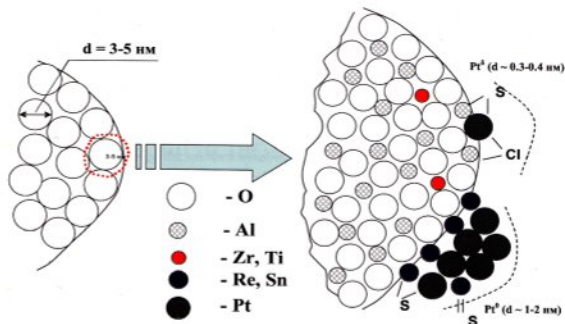
- 3,5 тыс. тонн/год – АО «Газпромнефть-ОНПЗ» (г. Омск)
- до 10 тыс. тонн/год – «КНТ Групп» (г. Ишимбай)
- Вновь строящийся завод АО «Газпромнефть-Каталитические системы» (г. Омск) – до 15 тыс. тонн/год

За последние годы произведено около 60 тыс. тонн катализаторов и переработано с их применением более 120 млн. тонн сырья. Обеспечение отечественными катализаторами – более 70% (2019 г.) (к 2024 г. до 100%)

<http://catalysis.ru>

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 70% (2023 г.) с плановым увеличением до 90% (2027 г.).

Катализаторы гидроочистки и гидрокрекинга 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 2020-2023гг. 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 2026-2027гг.

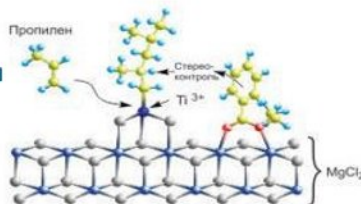
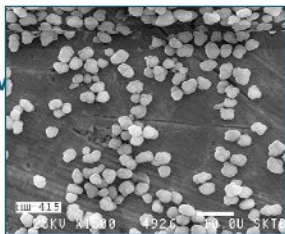
Катализаторы базовых процессов нефтехимии

Катализаторы полимеризации олефинов – этилена и пропилена

К 2026-2027 гг. объем производства полиолефинов в России превысит 11,5 млн. тонн/год (1,5 трлн. руб./год!), а потребность в катализаторах составит около 1400 тонн/год

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
- МГУ
- ПАО «Сибур»

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
- Разработка технологии производства носителей катализаторов на основе диоксида кремния
- Реализуется проект производства отечественных катализаторов к 2026 г.

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»

Сырьевое обеспечение производства катализаторов и сопутствующие химические продукты

Зачем нужен оксид/гидроксид алюминия?

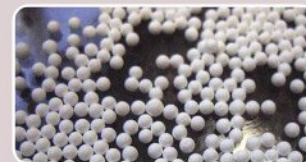
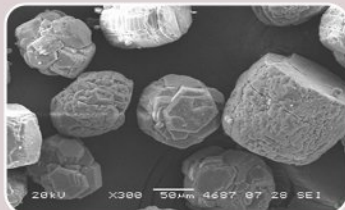
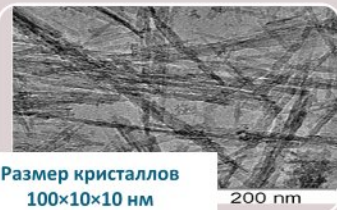
Нанодисперсный
гидроксид алюминия

Микродисперсный
оксид алюминия

Носители для катализаторов

Экструдаты

Сфера



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»

Основные потребители оксида алюминия в России в производстве катализаторов

№пп	Наименование катализаторов	Потребность , тонн/год
1.	Риформинг бензина (порошок/шарик)	300/200
2.	Гидроочистка	
	- бензин/керосин	300
	- дизельное топливо	3500-5000
	- вакуумный газойль	1500
3.	Гидрокрекинг	1500
4.	Крекинг	2000-3000
5.	Катализаторы Клауса и Сульфрена	2500-3000
6.	Адсорбенты-осушители природного газа	10000
7.	Дегидрирование в кипящем слое	3000-4000
8.	Азотная промышленность (паровой риформинг)	1000-1500
	Итого:	25000-30000

**Доля импорта оксида алюминия в производстве катализаторов – 25-30%
(наиболее высокотехнологические марки)**

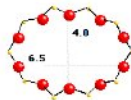
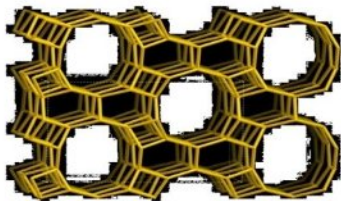
Синтетические цеолиты – высокотехнологические компоненты катализаторов нефтепереработки и нефтехимии

Цеолиты – неорганические материалы с регулярной пористой структурой

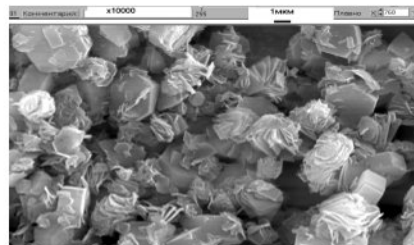
Научный задел и компетенции

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. Производства 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 600 тонн/год и освоение производства широкой номенклатуры синтетических цеолитов

Задачи обеспечения отечественными катализаторами химического комплекса России



Резюме

1. На основе научных разработок Институтов РАН, вузов и исследовательских центров крупных компаний создана технологическая база для импортнезависимости России области массовых базовых катализаторов нефтепереработки
2. В области катализаторов нефтехимии (прежде всего, катализаторов полимеризации) имеющиеся научные разработки Институтов РАН и отдельных вузов (МГУ) позволяют обеспечить импортозамещение ряда катализаторов при создании промышленных мощностей на основе данных разработок. Начато создание российского производства катализаторов полимеризации
3. Первоочередной задачей по обеспечению стабильности и экономической безопасности российского химического комплекса в настоящее время является разработка и развертывание производства отечественных ресурсоэффективных катализаторов для нефтехимии и азотной промышленности (крупнотоннажные производства аммиака и метанола)
4. Для выполнения крупных проектов, обеспечивающих технологический суверенитет России, целесообразно создание межотраслевых научно-технологических консорциумов с введением функции головного ответственного исполнителя – координатора из числа организаций, имеющих опыт выполнения крупных проектов государственного значения
5. Эффективной формой создания научно-технологического задела в важнейших отраслях экономики, являются проекты, реализуемые Российским научным фондом по ориентированным (прикладным) научным исследованиям (Стратегические инициативы Президента Российской Федерации в научно-технологической сфере). Предлагается инициировать расширение таких конкурсов для отраслей экономики, обеспечивающих технологический суверенитет в России.

Спасибо за внимание!

Дополнительные слайды

Катализаторы процессов в азотной промышленности: синтез аммиака и метанола

Природный газ

Катализаторы гидрирования и поглотители H_2S

$T = 300-400^{\circ}C$
 $P = 25-30$ атм.



Катализаторы парового риформинга

$T = 500-900^{\circ}C$
 $P = 25-35$ атм.



Средне-температурная конверсия CO

$T = 300-400^{\circ}C$
 $P = 25-35$ атм.



Низкотемпературная конверсия CO

$T = 220-280^{\circ}C$
 $P = 25-35$ атм.



Катализатор синтеза метанола

$T = 250-270^{\circ}C$
 $P = 70-90$ атм.



Катализатор метанирования

$T = 300-400^{\circ}C$
 $P = 25-35$ атм.



ВОЗДУХ

Метанол

Формальдегид

Азот

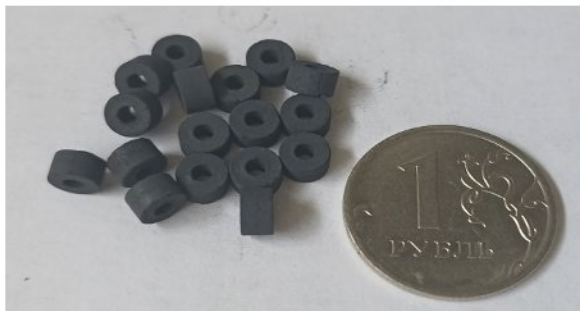
H_2

Катализатор синтеза аммиака

$T = 400-500^{\circ}C$
 $P = 200-300$ атм.

Аммиак

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 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.тн АК/год
- ОАО «Акрилат» (СИБУР), мощность 40 тыс. тн 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 тн/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»
- ПАО «Сибур»
- ООО «НПК «Синтез»
- ООО «Салаватский катализаторный завод»

Какой силикагель нужен для катализаторов?

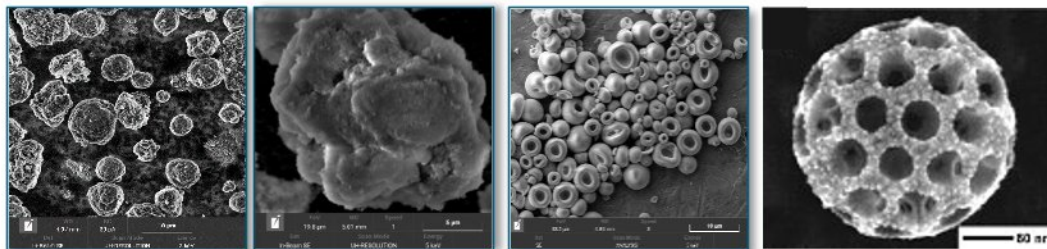
Текстурные характеристики силикагелей

$S_{вд}, м^2/г$	$V_{пор}, см^3/г$	$D_{ср}, \text{Å}$
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

Области применения

- Носители для катализаторов полимеризации
- Компоненты катализаторов гидрирования жиров
- Компоненты катализаторов окисления SO_2 в SO_3
- Осушители и др.

Оценка годовой потребности в синтетических силикагелях – 2000-2500 тонн



Микрофотографии СЭМ образцов силикагелей