

# Импортозамещение — приоритетное направление развития катализаторной промышленности для обеспечения эффективного функционирования нефтеперерабатывающего и нефтехимического комплексов России

академик В.Н. Пармон, проф. А.С. Носков

Институт катализа СО РАН  
г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 5  
<http://catalysis.ru>

# Катализаторы и каталитические технологии — структурообразующий базис химической промышленности и смежных отраслей экономики России

## Решаемые задачи:

- ➔ Качество продукции
- ➔ Сырьевые ресурсы
- ➔ Энергозатраты
- ➔ Экология
- ➔ Производство продукции с высокой добавленной стоимостью



Вклад каталитических технологий в материальную составляющую ВВП:

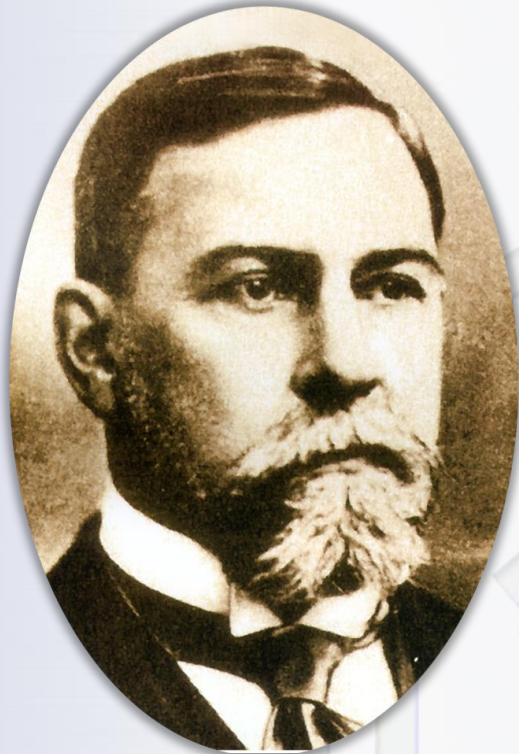
России – 12–15 %

США – 35 %

# Страны, владеющие технологиями производства атомного оружия и базовых катализаторов для **нефтепереработки** и остальных подотраслей химического комплекса

Атомное оружие	Катализаторы для нефтепереработки и химии
США	<b>США</b>
Россия	<b>Франция</b>
Франция	<b>Китай</b>
Великобритания	<b>Япония</b>
Китай	<b>Россия</b>
Индия	<b>Голландия</b>
Пакистан	<b>Германия</b>
КНДР	Дания
Израиль	Великобритания
Иран – ?	Италия

Красным выделены страны, владеющие полным комплексом технологий производства катализаторов **нефтепереработки**



## Академик В.Н. Ипатьев:

**«Прочным и устойчивым может считаться лишь то производство, для которого все без исключения сырые материалы могут быть разысканы внутри страны, а само производство обслуживается русским техническим персоналом»**

[Петроград, **1921**]

**Академик В.Н. Ипатьев (1867–1952) – легенда российской и советской химии:**

- Генерал-лейтенант царской армии
- Лауреат первой Ленинской премии по химии (1927 г.).
- В I мировую войну создал отечественную военную химическую промышленность, обеспечил Россию взрывчатыми веществами и средствами химзащиты
- Восстанавливал химическую промышленность Советской России после Мировой и Гражданской войн
- Во II мировую войну обеспечил высокооктановым бензином военную авиацию США и союзников

Г. Форд: **В. Ипатьев – создатель современной американской цивилизации**

# Производство катализаторов ведущими компаниями в области нефтепереработки и нефтехимии (данные 2012 г.)

№ пп.	Компания	Страна	Собственное производство катализаторов, млн.\$ /год
1.	Exxon Mobil	США	280,0
2.	Chevron	США	235,0
3.	Royal Dutch Shell	Нидерланды	600,0
4.	PetroChina, Sinopec	Китай	115,0
5.	Petrobras	Бразилия	120,0 (Совместные производства с Albemarle Corporation и Evonik Degussa)
6.	BP	Великобритания	Собственное производство отсутствует
7.	Роснефть	Россия	20,0 (2011 г.)
8.	PdVSA	Венесуэла	Собственное производство отсутствует
9.	Total	Франция	н.д.
10.	Газпромнефть	Россия	4-5 (2013 г.)

**Доля России менее 3-х % !!!**



# Потребление отечественных и импортных катализаторов на нефтеперерабатывающих предприятиях России

(по данным опроса нефтяных компаний)

Процесс	Российские катализаторы	
	2013 г. (факт)	2020 г. (цель)
Каталитический крекинг (FCC и движущийся слой)	22%	75%
Риформинг	22%	60%
Гидроочистка дизельного топлива и вакуумного газойля	5%	70%
Гидроочистка бензиновых фракций вторичного происхождения	нет	50%
Гидрокрекинг	нет	25%
Изомеризация бензиновых фракций	54%	55%
Полимеризация олефинов	нет	80%

# Основные производственные мощности по выпуску катализаторов нефтепереработки и нефтехимии в России

№ пп	Предприятие	Собственник	Установленная мощность, тонн/год	Основная номенклатура катализаторов и сорбентов
1.	ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза», г. Ангарск	ОАО «НК «Роснефть»	1000	Катализаторы риформинга и изомеризации; Катализаторы гидроочистки и гидрокрекинга; Катализаторы для нефтехимии; Адсорбенты-осушители; Цеолиты Бета и ZSM
2.	ЗАО «Промышленные катализаторы», г. Рязань	Частный	1600	Катализаторы риформинга и изомеризации; Катализаторы гидроочистки; Катализаторы гидрирования; Адсорбенты-осушители
3.	ЗАО «Новокуйбышевский завод катализаторов», г.Новокуйбышевск	ОАО «НК Роснефть»	600	В настоящее время ведется модернизация завода.
4.	ЗАО «Нижегородские сорбенты», г. Нижний Новгород	Частный	600	Катализаторы гидроочистки; Катализаторы гидрирования; Адсорбенты-осушители; Цеолиты NaX, Бета, ZSM
5.	ООО «Салаватский катализаторный завод», г. Салават	ОАО «Газпром»	6000	Шариковый катализатор крекинга; Адсорбенты-осушители силикагелевые; Цеолиты NaX
6.	ОАО «Газпромнефть-Омский НПЗ», г. Омск	ОАО «Газпромнефть»	3500	Катализаторы крекинга (FCC)
7.	KNT Group, Башкортостан - «Стерлитамакский завод катализаторов», г. Стерлитамак -«Ишимбайский специализированный завод катализаторов», г. Ишимбай	Частный	4000 20000	Катализаторы гидроочистки; Цеолиты(NaX, NaY); Оксид алюминия Катализаторы крекинга (FCC)

# Основные производственные мощности по выпуску катализаторов нефтепереработки и нефтехимии в России

№ пп	Предприятие	Собственник	Установленная мощность, тонн/год	Основная номенклатура катализаторов и сорбентов
8	ООО «НПК «Синтез», г. Барнаул	Частный	2500 1500	Катализаторы дегидрирования на основе оксида алюминия Катализаторы гидроочистки
9	ОАО «Новосибирский завод химических концентратов», г. Новосибирск	ГК «Росатом»	150	Высококремнеземные цеолиты ZSM
10	ОАО «СКТБ «Катализатор», г. Новосибирск	Частный	2500	Катализаторы дегидрирования на основе оксида алюминия; Катализаторы очистки газов; Адсорбенты-осушители на основе оксида алюминия
11	ОАО «Синтез-Каучук», г. Стерлитамак	ОАО «Объединенная нефтехимическая компания»	10000	Катализаторы дегидрирования (ИМ-2201)
12	ООО «Новокуйбышевский катализаторный завод» (ОАО «САНОРС»), г. Новокуйбышевск	ОАО «НК «Роснефть»	10000	Катализаторы дегидрирования (ИМ-2201)
13	ОАО «Менделеевский химический завод», г. Менделеевск	Республика Татарстан	1000	Катализаторы дегидрирования на основе оксида алюминия
14	ООО «Новомичуринский катализаторный завод», г. Новомичуринск	Частный	5000	Катализаторы процесса Клауса и «Сульфрен» (очистка от сероводорода)
15	ООО «НИАП-катализатор», г. Новомосковск	Частный	1000-1500	Катализаторы для азотной промышленности и металлургии



# Оценка состояния обеспечения катализаторами предприятий нефтепереработки и нефтехимии

№ пп.	Катализатор	Надежность обеспечения катализаторами российских заводов
1	Катализаторы риформинга бензиновых фракций: – в стационарном слое – в движущемся слое	<b>Надежное обеспечение российскими катализаторами.</b> <b>Полная зависимость от импорта.</b>
2	Каталитический крекинг вакуумного газойля: – в стационарном слое – в кипящем слое	Возможно обеспечение заводов российскими катализаторами с показателями близкими к среднемировым. <b>Надежное обеспечение российскими катализаторами.</b>
3	Катализаторы изомеризации бензиновых фракций	<b>Надежное обеспечение российскими катализаторами.</b>
4	Катализаторы гидроочистки дизельного топлива, вакуумного газойля и бензина каталитического крекинга	<b>Критическая зависимость от импорта.</b> Возможно обеспечение российскими катализаторами после промышленных испытаний вновьсозданных промышленных катализаторов.
5	Катализаторы гидрокрекинга вакуумного газойля	<b>Полная зависимость от импорта.</b> Необходима разработка российских катализаторов, технологий синтеза и создание производств.
6	Катализаторы гидроизодепарафинизации дизельного топлива	<b>Полная зависимость от импорта.</b> Необходима разработка российских катализаторов, технологий синтеза и создание производств.
7	Полимеризация олефинов	<b>Полная зависимость от импорта.</b> Необходимо создание отечественного производства катализаторов.

# Готовность российских научно-технических разработок к ликвидации импортозависимости в области промышленных катализаторов первоочередной степени важности по предприятиям нефтепереработки и нефтехимии

Ущерб в получении конечной продукции (ВВП) при объявлении эмбарго на поставки катализаторов:

– в краткосрочной перспективе (через 4 месяца) **до 250 млрд.руб./год;**

– в среднесрочной перспективе (2–3 года) **до 500 млрд.руб./год.**

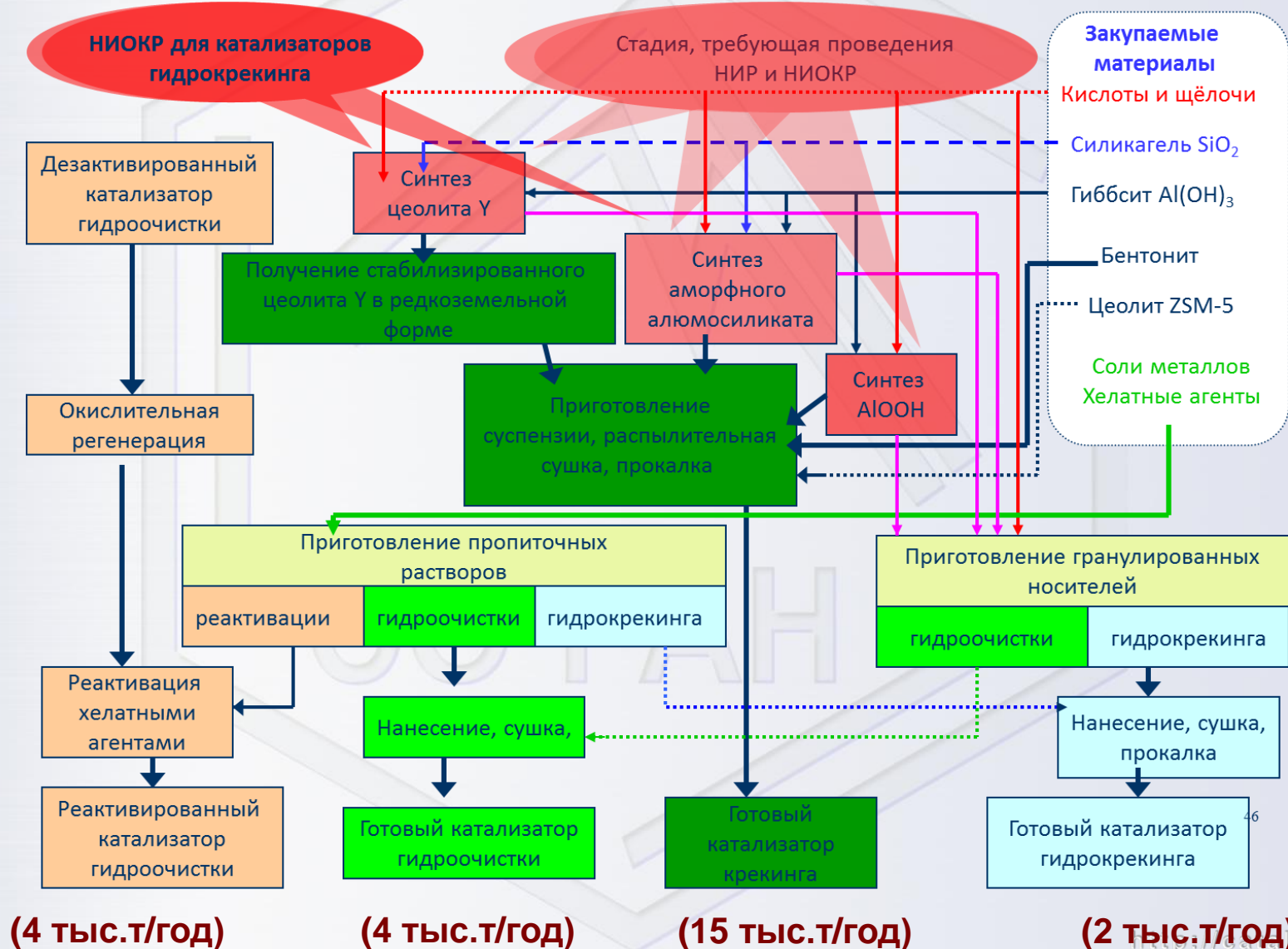
Назначение катализаторов	Предприятия-потребители	Годовая потребность, тонн/год	Разработчики технологии производства катализатора	Срок развертывания производства
Крекинг вакуумного газойля (FCC) *	ОАО «Роснефть», ОАО «Газпромнефть», ОАО «Лукойл» и др. нефтяные компании	10000 – 15000	ИППУ СО РАН ИНХС РАН КНТ Групп	2016 – 2017
Производство полиэтилена и полипропилена ***	ОАО «Сибур» ОАО «Нижнекамскнефтехим» ОАО «Лукойл»	100 – 150	ИК СО РАН, ИНХС РАН	2017 – 2018
Гидрокрекинг для производства дизельного топлива и керосина ***	ОАО «Роснефть», ОАО «Газпромнефть», ОАО «Лукойл» и др. нефтяные компании	2000 – 3000	ИК СО РАН, ИНХС РАН	2017 – 2018
Гидроочистка дизельного топлива **	ОАО «Роснефть», ОАО «Газпромнефть», ОАО «Лукойл» и др. нефтяные компании	3000 – 4000	ИК СО РАН	2015 – 2016
Риформинг с движущимся слоем ***	ОАО «Роснефть», ОАО «Газпромнефть», ОАО «Лукойл» и др. нефтяные компании	200 – 250	ИППУ СО РАН ИК СО РАН	2016 – 2017

\* Необходимо расширение мощностей;

\*\* Имеется техническая документация для производства катализаторов, создана технологическая линия мощностью до 1000 тн/год, необходим госзаказ для производства и применения первой промышленной партии;

\*\*\* Требуется создание новых промышленных производства

# СХЕМА производства катализаторов крекинга, гидроочистки и гидрокрекинга (ОАО «Газпромнефть-Омский НПЗ») Плановая мощность – 25 тыс. тонн/год



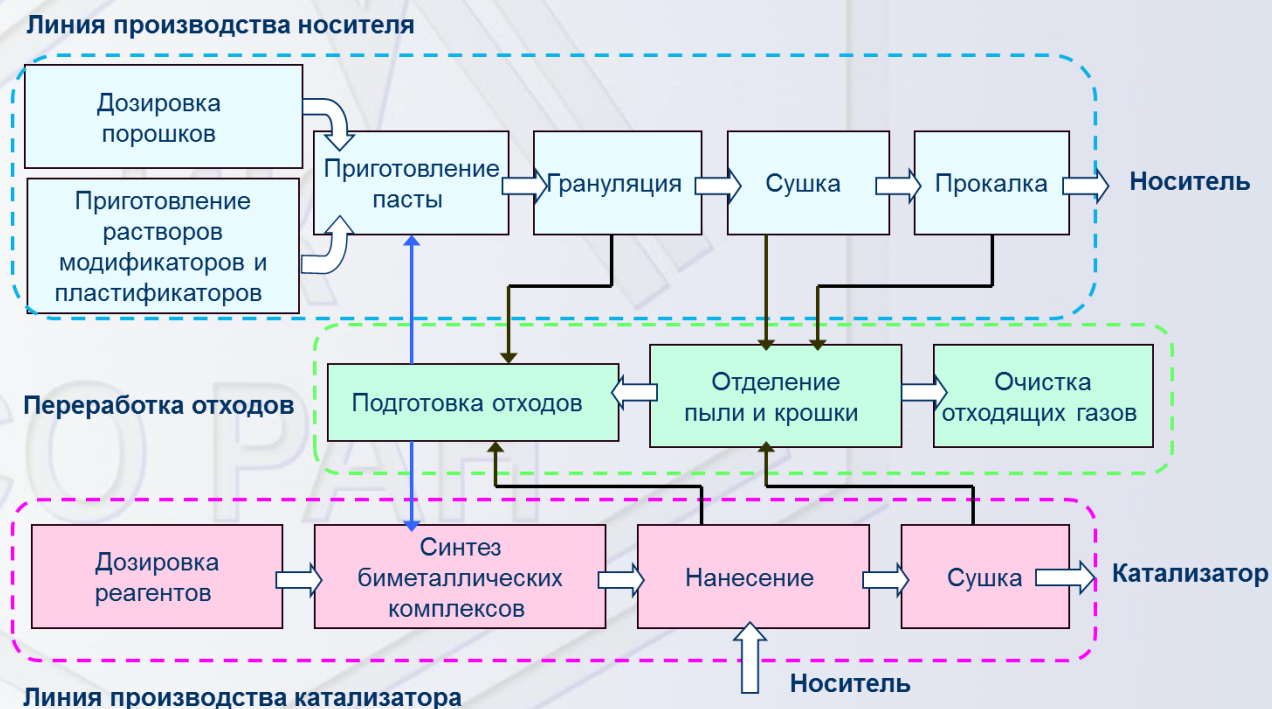
# Опытно-промышленное инновационное производство катализаторов глубокой гидроочистки нефтяных фракций

В Алтайском крае (г. Яровое) на основе исследований и разработок Института катализа СО РАН в 2014 году создано первое в России производство мощностью 1500 тонн/год катализатора гидроочистки нефтяных фракций в соответствии с нормами Евро-4 и Евро -5

**Технические характеристики продукции превосходят известные промышленные образцы**

Назначение катализатора	Остаточное содержание серы, ppm
Гидроочистка дизельного топлива	8-10
Гидроочистка вакуумного газойля	200-300

**Схема промышленной установки**



**Исполнители: ОАО «НПК «Синтез», Институт катализа СО РАН**

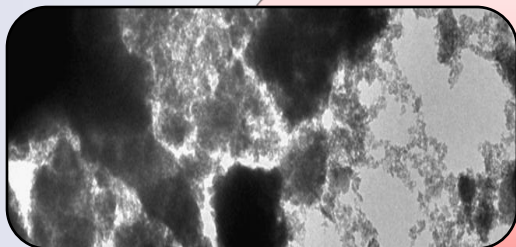
# Алюмосиликатный катализатор гидрокрекинга вакуумного газойля



Содержание Ni и Mo(W) в 1,5 раза ниже, чем в импортном катализаторе.

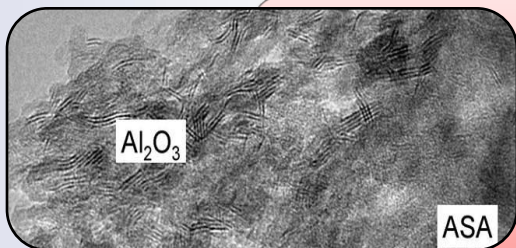
Трилистник Ø 1,5 мм. Механическая прочность >1,5 МПа Shell SMS 1471.

$S_{уд}$  275 м<sup>2</sup>/г,  $\emptyset_{пор}$  90 Å,  $V_{пор}$  0,6 см<sup>3</sup>/г



Частицы ASA декорированы кристаллами  $Al_2O_3$  → оптимальная текстура и высокая прочность.

Отношение Si/Al=0,9 в ASA обеспечивает мягкую кислотность высокую селективность по дизельному топливу.



Активный компонент – высокоактивная NiMo(W)S фаза Тип II, локализована на  $Al_2O_3$ .

Кислотные центры ASA доступны для крекинга тяжёлых молекул.

При равных условиях прохода гидрокрекинга на катализаторе ИК СО РАН **выход дизельной фракции на 4-5% выше**, чем на импортном катализаторе. **Газообразование на катализаторе ИК СО РАН менее 3%.**

Катализатор	Конверсия ВГО, %	Выход ДТ
ИК СО РАН	82,0	67,5
Импортный	75,5	61,5



# Катализатор и процесс селективной гидроочистки бензина каталитического крекинга

## Существующий уровень

- Содержание S <10 ppm
- Раздельная гидроочистка легкой и тяжелой фракции БКК
- Падение ИОЧ на 1,5 пункта

## Подходы к решению:

1. Сульфидный активный компонент – CoMoS фаза без примесей индивидуальных сульфидов; Заданная морфология частиц CoMoS фазы;
2. Наличие в катализаторе «мягких» кислотных центров;
3. Минимизация доли октанопонижающих реакций гидрирования олефинов;
4. Превращение низкооктановых компонентов в высокооктановые.

## Решение:

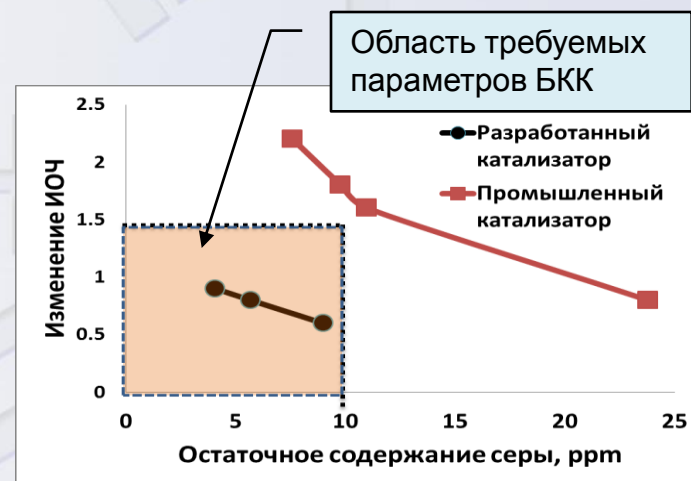
### Катализатор: CoMo/ASA-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Носитель: Алюмосиликат-содержащий

1. Частицы CoMoS фазы >3 nm при среднем количестве слоёв ≈ 2 – максимальная активность в гидрообессеривании;
2. Концентрация мягких ЛКЦ 250-300 мкмоль/г, Сила БКЦ <1190 кДж/моль;
3. Миграция двойной связи в олефинах в среднее положение;
4. Скелетная изомеризация олефинов и н-парафинов

## Достигнутый уровень

- Содержание S <10 ppm
- Гидроочистка всего БКК без фракционирования
- Падение ИОЧ менее чем на 1 пункт

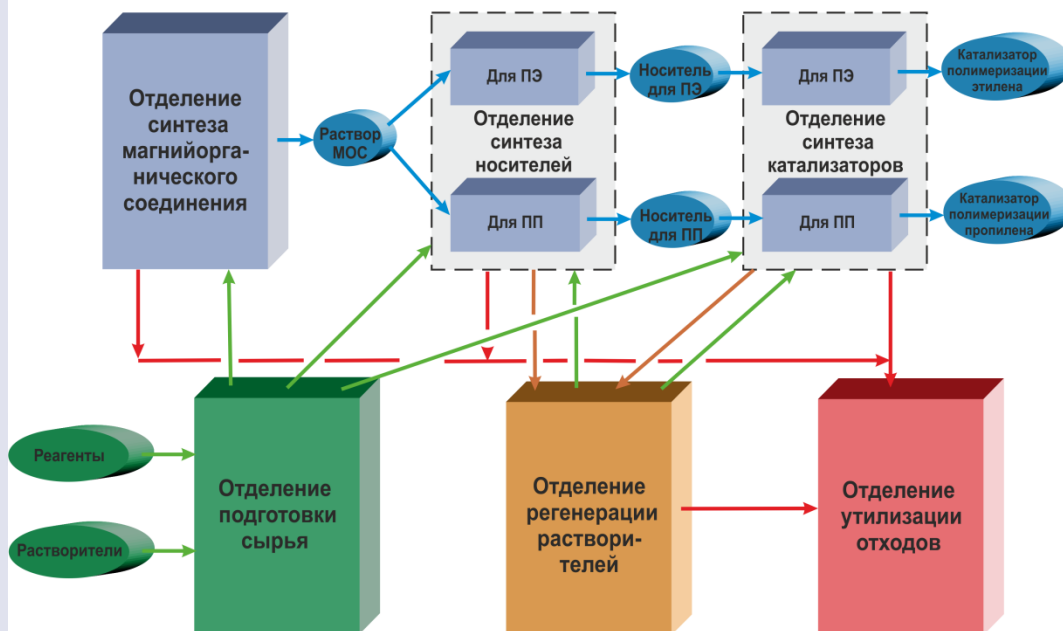


# Российские титанмагниевые катализаторы полимеризации олефинов

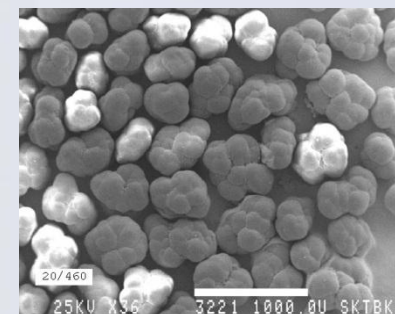
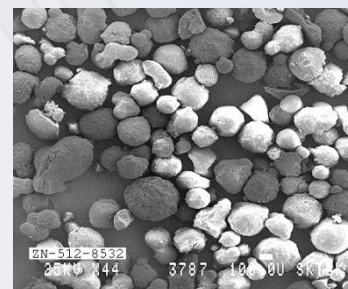
## Результаты:

- Разработана российская технология промышленного производства катализаторов
- Катализаторы по российской технологии производятся за рубежом
- На основе созданных российских катализаторов на ОАО «Томскнефтехим» произведено около 1000 тонн полипропилена

## Блок-схема производства катализаторов



ZN-512



ИК-8-21

Порошки полимеров, полученные на импортном (ZN-512) и российском (ИК-8-21) катализаторах

## Преимущества российских катализаторов:


- Производительность выше на 25%
- Узкий гранулометрический состав
- Большой насыпной вес полимера

## Задача:

Создание в России производства титанмагневых катализаторов полимеризации мощностью 120-150 тонн/год (~2 млрд. руб./год)

## Основные потребители:

- ПАО «Нижнекамскнефтехим»
- ОАО «Сибур Холдинг»
- ОАО «Лукойл»
- ОАО «Газпромнефть-МНПЗ»



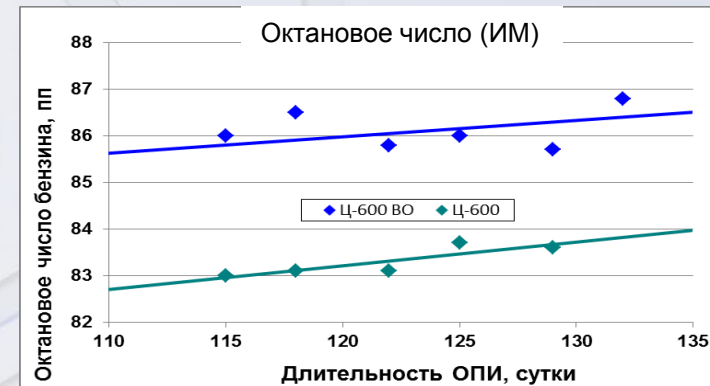
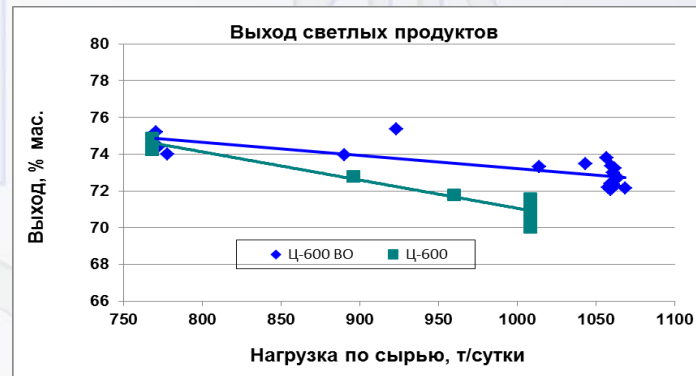
# **Научно-техническое сотрудничество с предприятиями Республики Башкортостан**

# Разработка и освоение на ООО «Салаватский катализаторный завод» (ООО «СкатЗ») производства шарикового катализатора крекинга

В 2013 году на основе высококремнеземных цеолитов ZSM-5 разработано новое поколение отечественных шариковых катализаторов крекинга (Ц-600ВО) для технологии ТСС.

В течение 2013-2014 г.г. освоено промышленное производство катализаторов Ц-600ВО на ООО «СкатЗ» и свыше 400 тонн катализатора эксплуатируется на 2-х установках на ОАО «ГАЗПРОМ нефтехим Салават».

**Показатели промышленной эксплуатации катализатора Ц-600ВО (вновьразработанный) и Ц-600 (катализатор предыдущего поколения)**



**Эффект:** Увеличение выхода светлых нефтепродуктов на 4%,  
повышение октанового числа бензина на 3 пункта (ИМ)

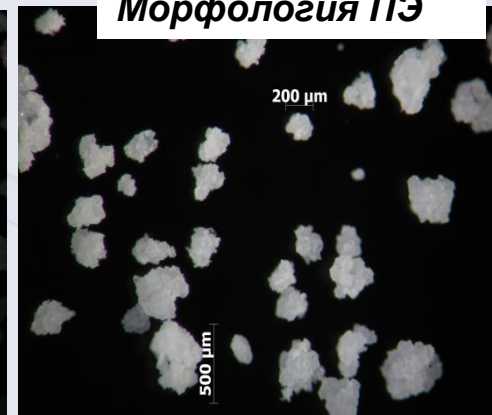


# Разработка и освоение отечественных титанмагниевого катализаторов (ТМК-ИКТ) для производства полиэтилена суспензионным методом на ОАО «Газпром нефтехим Салават»

Катализатор	Avant Z-501 (Basell)	ТМК-ИКТ
Активность, кг ПЭ/г Ti	350	800
ИР, г/10 мин.	6.0	12
1/r <sub>1</sub> (сополимеризация)	0.008	0.016
Насыпная плотность порошка ПЭ, г/л	300	360
SPAN	1.3	0.6



ТМК-ИКТ



Морфология ПЭ

Avant Z-501

Полимеризация при давлении этилена 5 бар, 85°, H<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>=0.25, 2 часа

- ТМК-ИКТ:**
- (1) более высокая активность
  - (2) более эффективное регулирование молекулярной массы (индекса расплава ПЭ (ИР))
  - (3) выше сополимеризующая способность (величина 1/r<sub>1</sub>)
  - (4) выше насыпная плотность порошка ПЭ при более узком распределении частиц по размеру (ниже величина SPAN)

Технология приготовления ТМК-ИКТ отработана в опытных условиях (ИК, ООО Тинол)

## План внедрения отечественных ТМК-ИКТ на ОАО «Газпромнефтехим Салават»

- Монтаж укрупненной опытно-наработочной установки для приготовления ТМК-ИКТ в ООО «НТЦ «Салаватнефтеоргсинтез»»
- Освоение технологии и наработка укрупненной опытной партии ТМК-ИКТ (100-200кг) на этой установке (ноябрь 2015г.);
- Опытно-промышленные испытания ТМК-ИКТ на промышленной линии производства ПЭ на ОАО «Газпромнефтехим Салават» (2015 г., IV кв.);
- Создание производства ТМК-ИКТ на имеющейся в ОАО «Газпромнефтехим Салават» промышленной установке (2016 г.).



# Разработка и промышленное освоение нового поколения катализаторов процесса Клауса

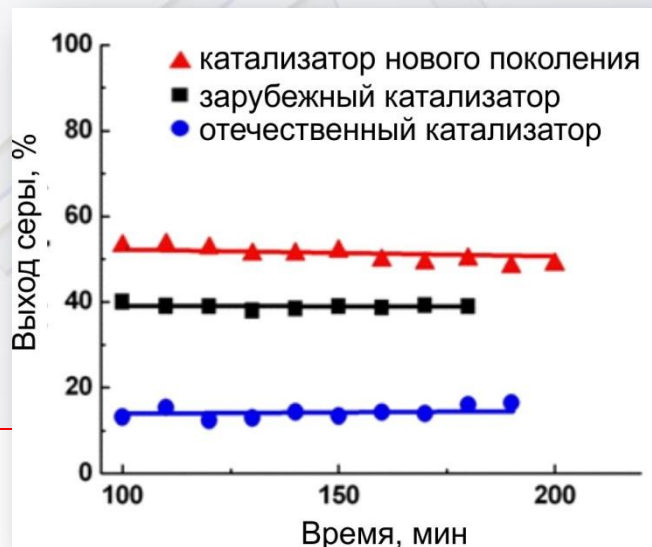


Сравнительная активность катализаторов процесса Клауса

Внешний вид катализатора нового поколения процесса Клауса

Условия испытаний:  
1,5% об.  $\text{H}_2\text{S}$  + 0,75 % об.  $\text{SO}_2$  + 30% об.  $\text{H}_2\text{O}$  + инертный газ.  $T - 220^\circ\text{C}$

**Предложение:**  
Применение данного катализатора на ОАО «Газпром нефтехим Салават»



Катализатор нового поколения эксплуатируется с сентября 2013 г. на ООО «Газпромдобыча Оренбург» (реактор Р1, 180 тонн). Степень очистки газов от  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{COS}$  и  $\text{CS}_2$  соответствует максимально возможной в течение всего срока эксплуатации (более 2,5 лет).

Разработчик катализатора: Институт катализа СО РАН

Промышленное производство: ООО «Новомичуринский катализаторный завод»

# Предлагаемый комплекс мер по преодолению импортозависимости в сфере обеспечения катализаторами предприятий нефтепереработки и нефтехимии

№ пп	Содержание мероприятия
1.	Включение мероприятий по снижению импортозависимости в сфере обеспечения катализаторами нефтепереработки и нефтехимии в Программы инновационного развития компаний с государственным участием и в Государственные программы Российской Федерации
2.	Создание крупного производственного комплекса по выпуску отечественных катализаторов нового поколения для процесса крекинга и гидропроцессов нефтепереработки на базе ОАО «Газпром нефть»
3.	Создание промышленного производства катализаторов полимеризации этилена и пропилена (ООО «Томский завод катализаторов») для обеспечения данными катализаторами ПАО «Сибур», ПАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «Газпромнефтехим Салават» и др.
4.	Создание коллективного инжинирингового Центра по независимым испытаниям и экспертизе качества базовых промышленных катализаторов нефтепереработки и нефтехимии, как производимых и новых разрабатываемых отечественных катализаторов, так и приобретаемых по импорту

# Предлагаемый комплекс мер по преодолению импортозависимости в сфере обеспечения катализаторами предприятий нефтепереработки и нефтехимии

№ пп	Содержание мероприятия
5.	Создание резерва базовых катализаторов нефтепереработки и нефтехимии в объемах, обеспечивающих экономически безопасное функционирование нефтехимического и нефтеперерабатывающего комплекса России
6.	Разработка технологий и промышленное освоение производства импортозамещающих компонентов катализаторов (оксид алюминия, цеолиты, алюмосиликаты, соли металлов, редкоземельные металлы и др.)
7.	Подготовка научно-технической Программы развития катализаторной отрасли и формирование Федерального научно-технического Центра по катализаторам (в ведении ФАНО России?)

# Проблемы взаимоотношения бизнеса и науки

## Интерес крупного бизнеса:

Рост прибыли, в том числе, за счет снижения издержек, расширения производства и захвата новых ниш рынка

## Интерес науки:

Генерация новых идей, их экспериментальная проверка и реализация, в том числе, для расширения финансовой базы поисковых исследований

## Задача:

**Совместить эти интересы!**



**Спасибо за внимание!**



# Катализатор гидроочистки ВГО – сырья каталитического крекинга

**Преимущества по сравнению с современным импортным катализатором:**

- Меньшее содержание активных металлов (*меньшая себестоимость*)
- Повышенная механическая прочность (*увеличенный срок службы*)
- Увеличенный диаметр пор (*лучший доступ сырья к активному компоненту*)
- Повышенная активность и селективность в гидроочистке:
- Снижение температуры достижения заданного остаточного содержания серы в гидрогенизате на 6-12°C*
- Увеличение выхода малосернистой целевой фракции >360°C на 8-12%*

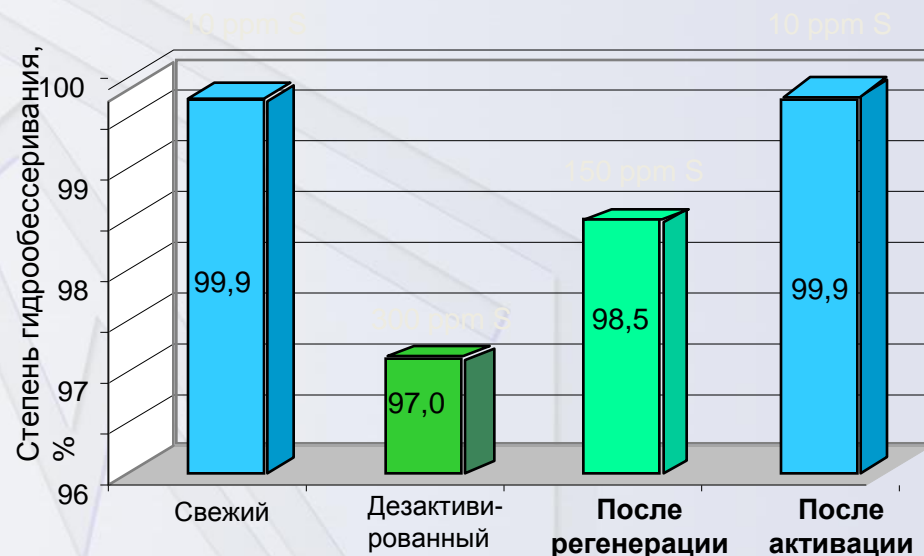
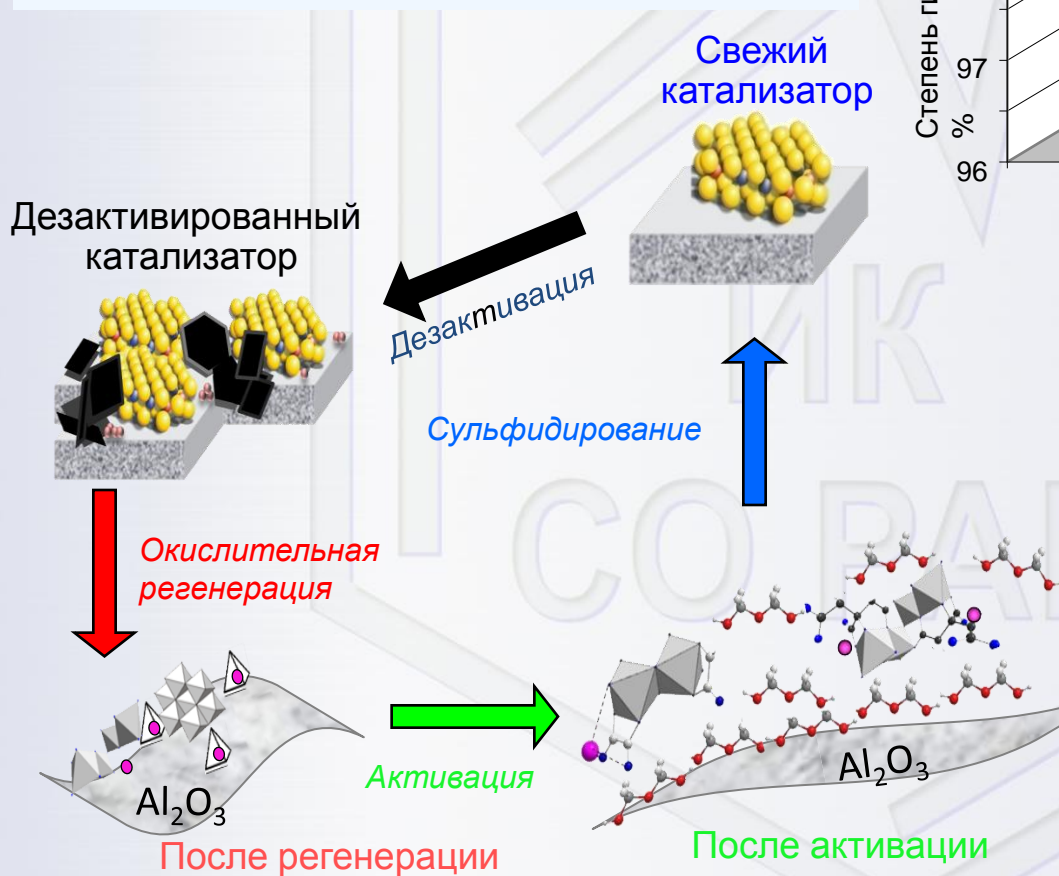
Показатель	CoNiMo (ИК)	CoNiMo (импортный)
Содержание активных металлов, %	Co 1,7; Ni 1,1; Mo 9,7	Co 1,8; Ni 1,2; Mo 10,9
Механическая прочность Shell SMS 1471, МПа	1,55	1,30
Средний диаметр пор, Å	103	95

Катализатор	Т <sub>достижения</sub> 200 ppm S, °C			Выход сырья КК, масс. %		
	4,5 МПа	6,0 МПа	9,0 МПа	4, 5 МПа	6,0 МПа	9,0 МПа
CoNiMo (импортный)	388/+6	387/+12	383/+12	65,1/-8,3	65,9/-12,9	68,8/-10,8
CoNiMo (ИК)	382	375	371	73,4	78,8	79,6

# Технология полного восстановления активности катализаторов глубокой гидроочистки дизельного топлива

1. Окислительная регенерация при минимальном спекании катализатора

2. Реактивация органическими комплексообразователями



Данные для промышленных катализаторов

Температура достижения остаточного содержания серы 10 ppm, °C

Свежий №1	353
Реактивированный №1	357
Свежий №2	360
Реактивированный №2	358

ГО смешеного ДТ (5% газойля кат. крекинга), 2 ч;  
1; 3,8 МПа;  
400 нм<sup>3</sup> H<sub>2</sub>/м<sup>3</sup> сырья

## ШАРИКОВЫЙ КАТАЛИЗАТОР КРЕКИНГА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ТСС

ИК СО РАН совместно с ООО «СКАТЗ» в 2013 году разработали отечественный катализатор крекинга для технологии ТСС с добавкой второго цеолитного компонента ZSM-5 (Ц-600ВО). Технология его приготовления была отработана непосредственно на производственной площадке Салаватского катализаторного завода. В этом же году были проведены опытно-промышленные испытания непосредственно на одной из двух промышленных установок каталитического крекинга вакуумного газойля (типа 43-102) ОАО «ГАЗПРОМ нефтехим Салават». Для сравнения на второй установке в одинаковых условиях использовался катализатор Ц-600.

Новый катализатор вводился в систему сначала постепенно на замену естественного износа, затем при плановом кап. ремонте разовым образом было заменено 40 % равновесного катализатора, а затем снова Ц-600ВО добавлялся на замену естественного износа. После введения в систему более 90 % Ц-600ВО получены следующие результаты. (Для справки – в системе циркулирует около 200 тонн равновесного катализатора).

- Увеличилась степень превращения вакуумного газойля на Ц-600ВО
- При увеличении нагрузки от 750 до 1050 т/сут. выход светлых продуктов на Ц-600ВО на 4 % превышает таковой на Ц-600
- При использовании Ц-600ВО изменился углеводородный состав получаемого бензина, что привело к увеличению ОЧ по ИМ на 3 пункта по данным двух независимых организаций

*В настоящее время обе установки кат. крекинга ОАО «ГАЗПРОМ нефтехим Салават» используют катализатор Ц-600ВО*

