



«Джи-Ти-Си Текнолоджи»  
GT-G<sup>2</sup>A

**GT-G2A – Привлекательная технология производства ароматики  
из природного газа**

6-я Международная конференция по технологиям газа (IGTC)  
Дубай, февраль 2015 г.

## Денежные затраты на производство нефтехимических продуктов



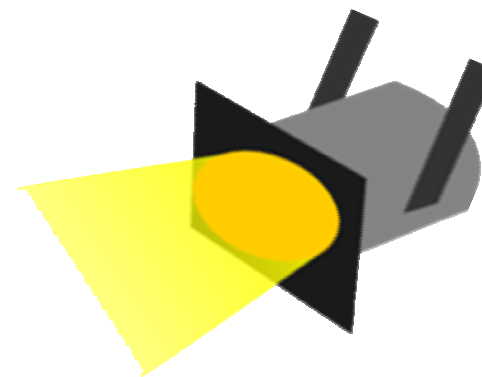
Самой дорогой составляющей стоимости продуктов нефтехимии является себестоимость сырья, которая обычно определяется ценами на нефть.

**Технология GT-G2A<sup>SM</sup>**: Производство ароматических углеводородов из природного газа – революционная технология, в которой сырьем для производства нефтехимической продукции является природный газ.

- Ароматика (GT-G2A)
- Пропилен (GT-G2P)
- Бутадиен (GT-G2BD)
- Этилбензол и стирол (GT-G2EBS)

## Что такое технология GT-G2A<sup>SM</sup>

- Новый способ превращения природного газа в жидкие продукты за счет применения процесса синтеза по механизму дегидроконденсации метана

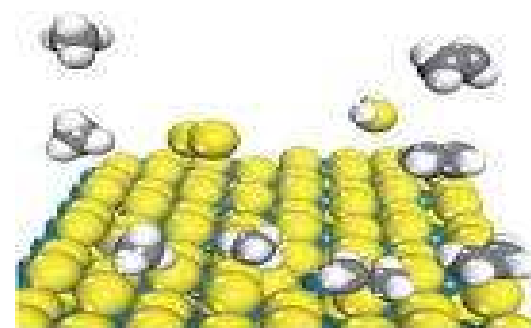


# Активация метана

Активация метана с последующим его превращением в более тяжелые углеводороды происходит под воздействием сорреагента.

В качестве такого сорреагента могут выступать:

1. Кислород
2. Галогены
3. Сера



Применение кислорода в качестве сорреагента — процессы GTL (производство моторных топлив из природного газа), MTO и MTG (производство олефинов и бензина из метанола)

- Активация метана с образованием метанола или олефинов
- Недостатком процесса является образование  $CO_x$ , приводящее к потерям углерода

# Жидкий бром

- Бром представляет собой идеальный реагент для активации метана, обеспечивающий максимальную эффективность конверсии по углероду при синтезе более тяжелых молекул.

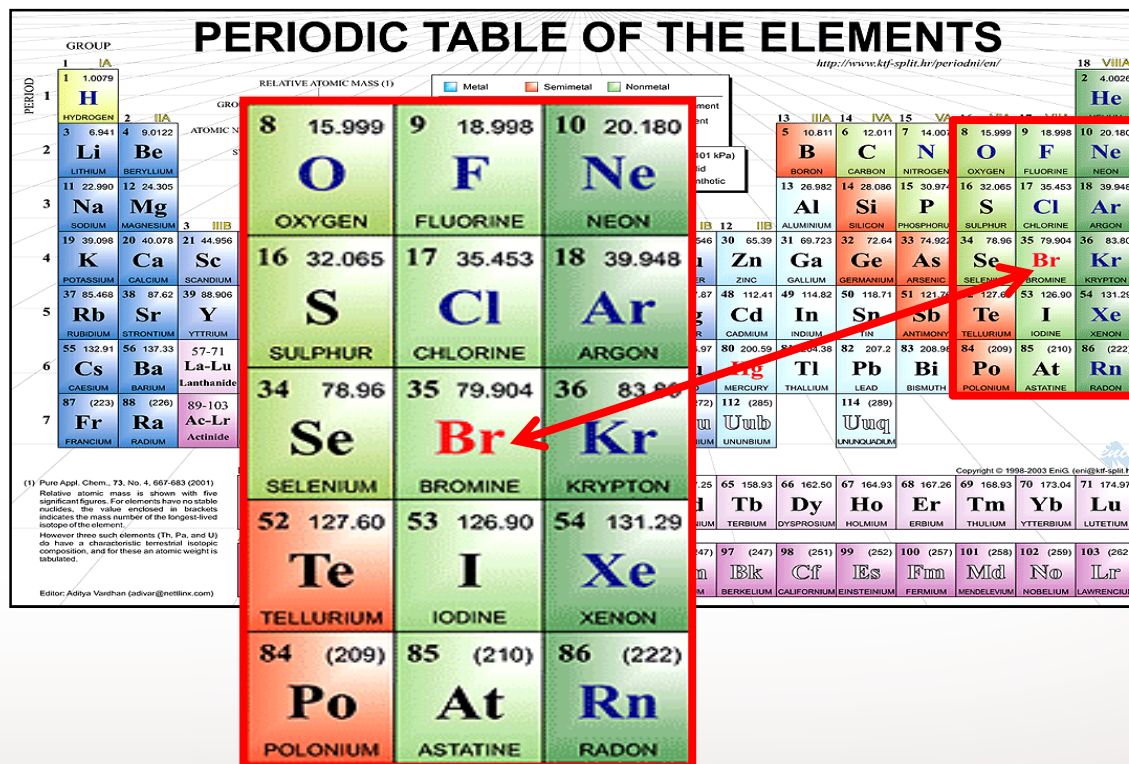


# Галогены в качестве сорреагента

Окислительные потенциалы галогенов и кислорода:

- Кислород **+1,23 В**
- Фтор (+2,93 В)
- Хлор (+1,37 В)
- **Бром** (+1,10 В)
- Иод (+0,64 В)

**PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS**  
<http://www.kjf-split.hr/periodni/en/>



GROUP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
PERIOD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H																	He	
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc										Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y										Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La-Lu										Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac-Lr																

## История разработки процесса

- 2003 – Начало лабораторных исследований
- 2008/2009 – Строительство и начало эксплуатации демонстрационной установки
- 2010 – Продолжение лабораторных и пилотных исследований
- 2010 – Проект первой промышленной установки
- 2014 – Приобретение технологии фирмой «Джи-Ти-Си»



**Все операции апробированы в условиях промышленной эксплуатации или имеют промышленные аналоги**

# Опытно-промышленная установка



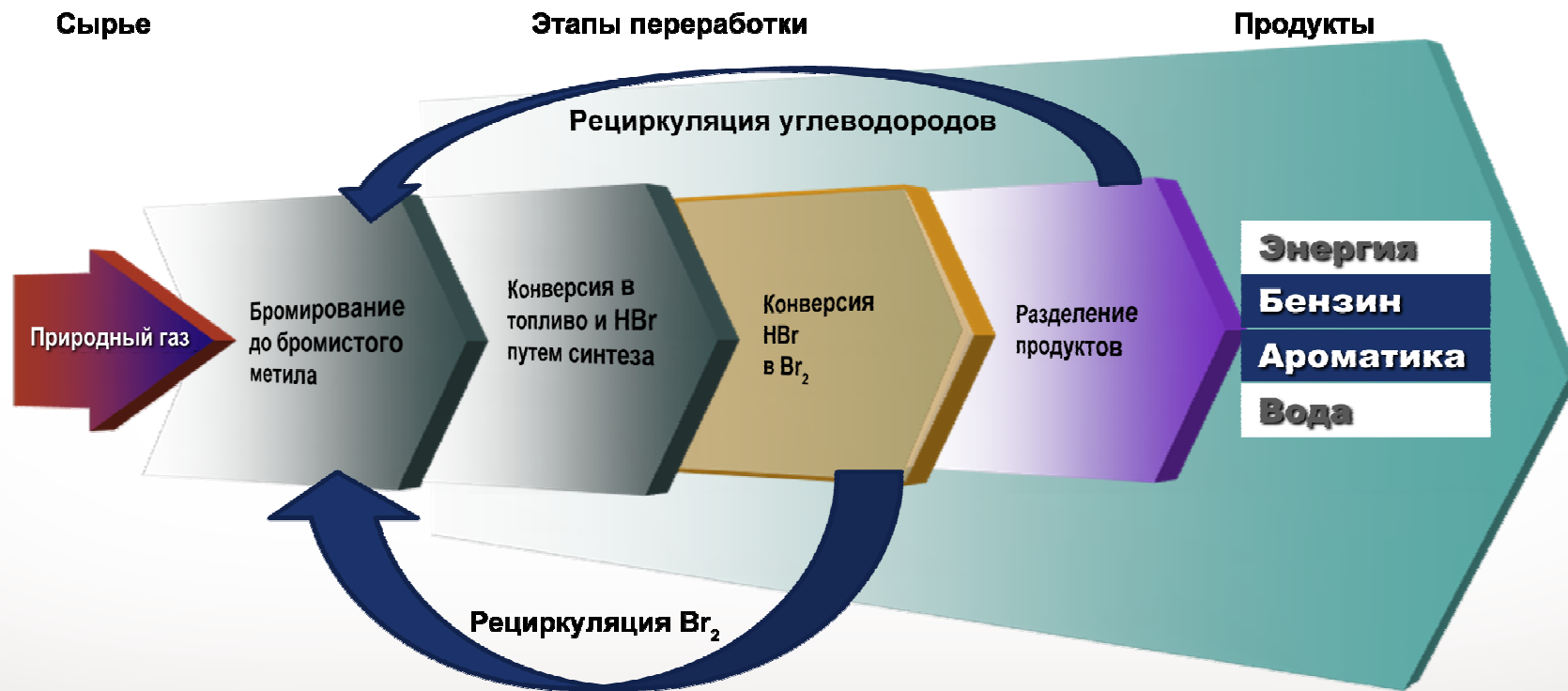
# Демонстрационная установка



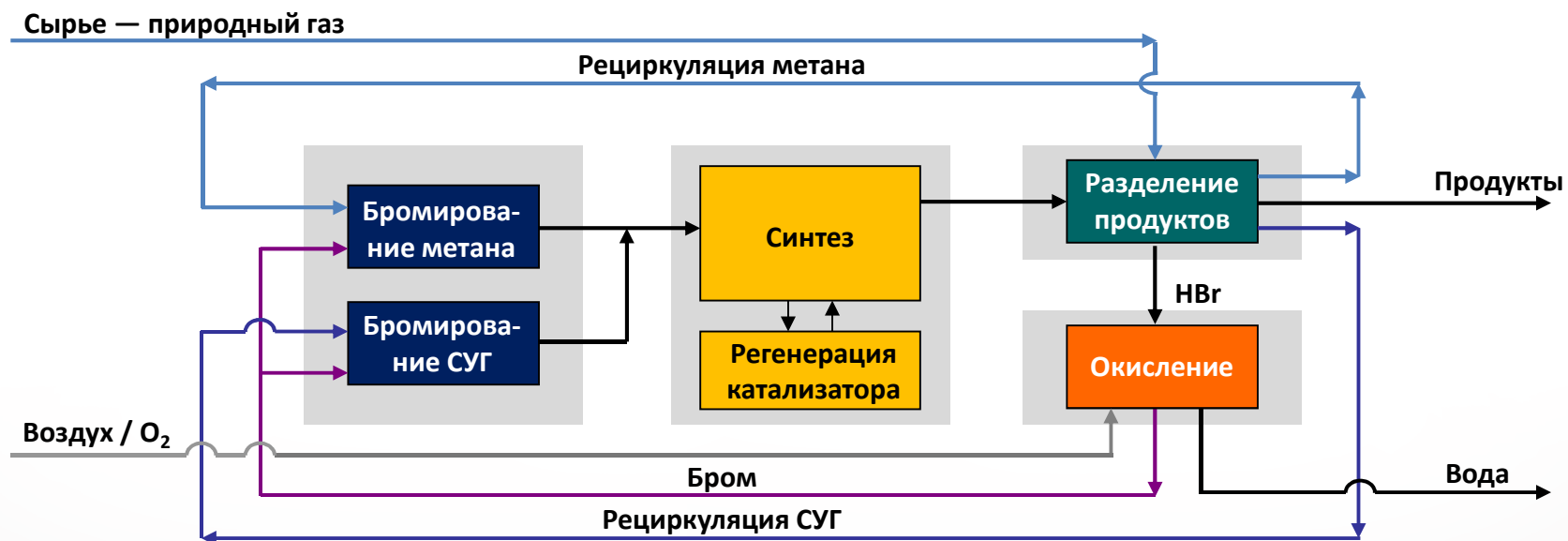
Система улавливания  
продуктов

Бромирование, синтез,  
окисление

# Конверсия природного газа в углеводороды по технологии GT-G2A<sup>SM</sup> протекает в четыре этапа



# Упрощенная схема переработки



- Продукты (углеводороды C5+) представляют собой в основном ароматику
- В качестве реагента применяется бром

## Секция 1 : Бромирование и синтез

### Химия процесса — обобщенные уравнения

#### Бромирование

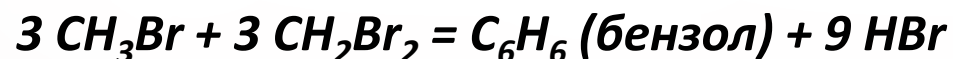
Реакция протекает при температурах от 300 °С до 570 °С

*Основная реакция слегка экзотермическая и самоподдерживающаяся:*



#### Синтез

Реакция протекает при температурах 300 °С – 400 °С



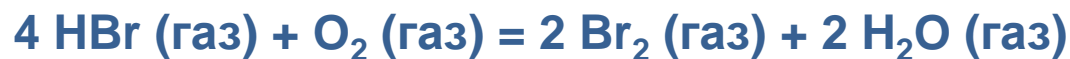
Мягко протекающие экзотермические реакции упрощают ведение процесса.

## Секция 2 : Разделение продуктов

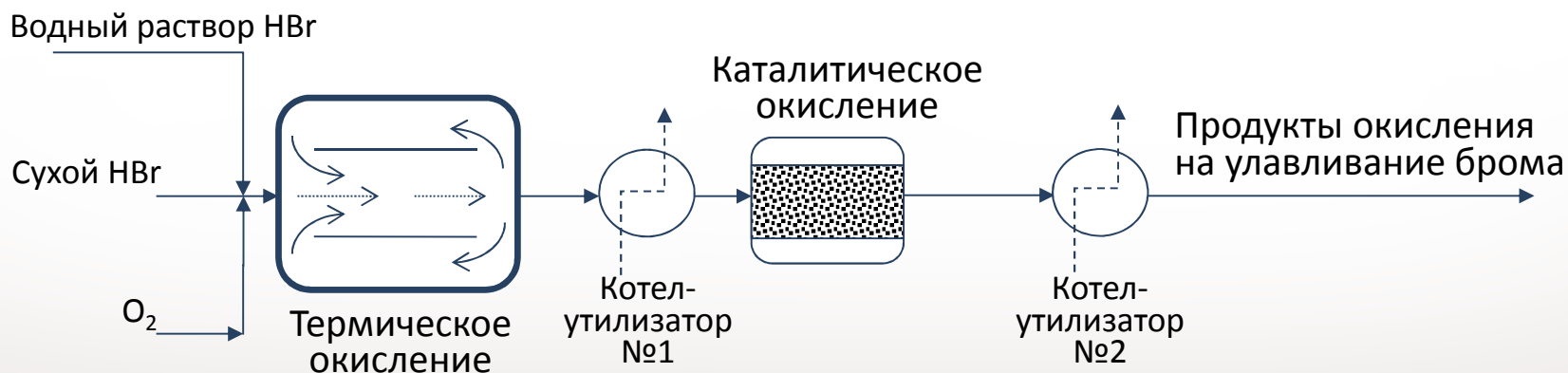
- Продукты, выходящие из реактора синтеза, представляют собой в основном ароматику, бутан, пентан, а также непрореагировавшее сырье и бром.
- Температуры кипения продуктов сильно различаются.
- Продукты легко поддаются разделению простым фракционированием при минимальных энергетических затратах.

## Секция 3 : Окисление HBr

- HBr легко окисляется до элементарного брома кислородом или воздухом. Для повышения эффективности организуется контур рециркуляции брома.



- После конденсации жидкие бром и вода имеют низкую взаимную растворимость и образуют отдельные жидкие фазы.



# Эффективность конверсии по углероду и распределение выходов продуктов

Конверсия природного газа в ароматику: эффективность по углероду = 88–92%

**Основные продукты — бензол, толуол, ксилолы и ароматика C9**

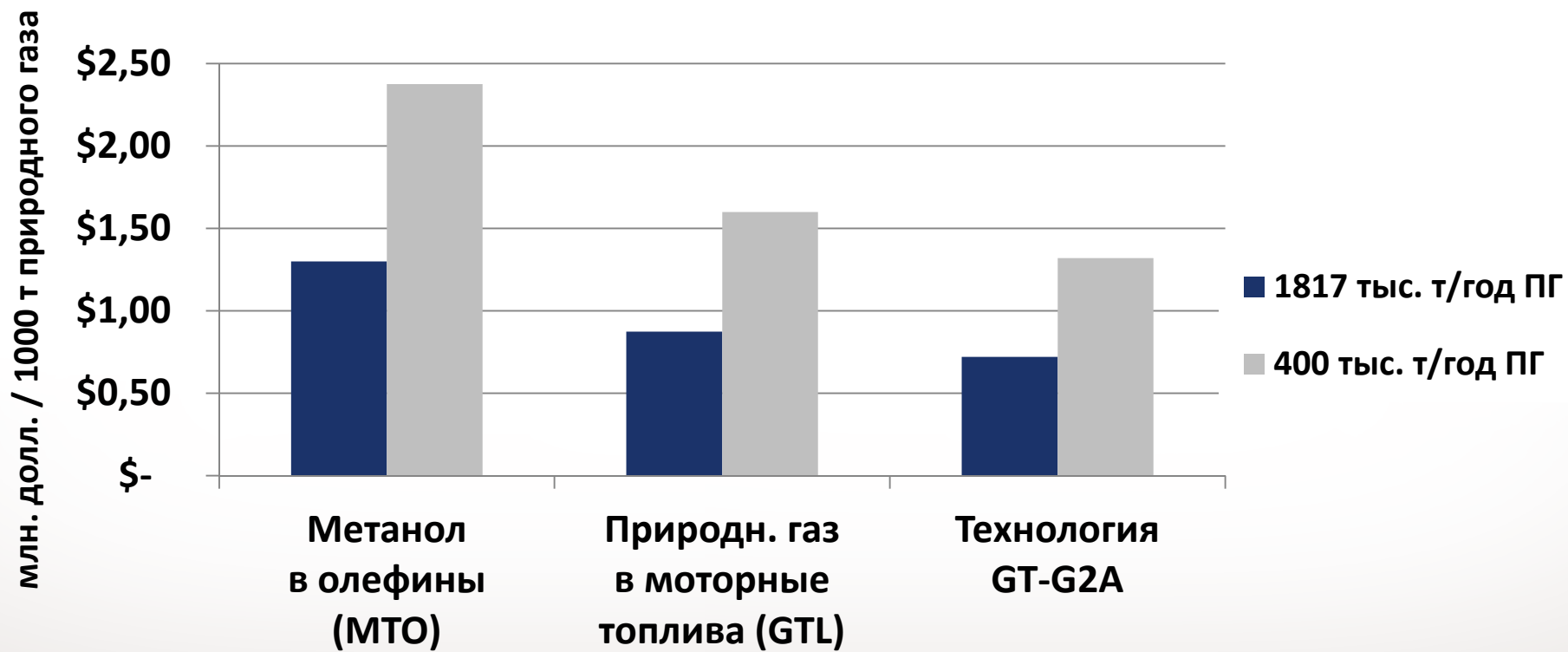
Сырье	100
Углеводородные продукты	100
C2	3%
C5	3%
Бензол	5%
Толуол	22%
Ксилолы	28%
Ароматика C9	14%
C10+ (ароматика)	25%

## Экономические показатели процесса – пример

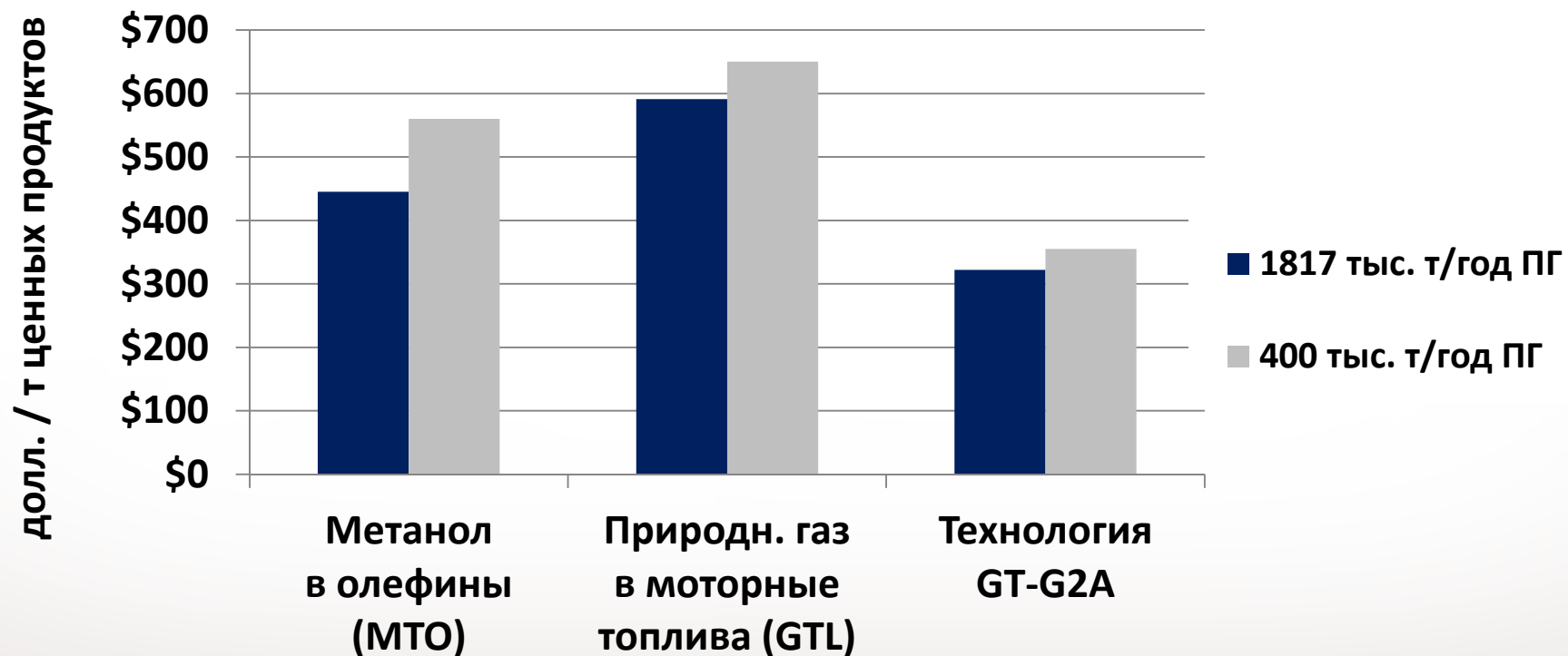
Стандартные выходы продуктов при переработке 900 тыс. т/год природного газа

Стандартные выходы (900 тыс. т/год ПГ)	Ед. изм.	GT-G2A
Сырье — природный газ	млн. ст. фут <sup>3</sup> /сут	142
	тыс. т/год	900
<b>Всего продукты</b>	тыс. т/год	<b>900</b>
<b>Суммарные углеводороды</b>	тыс. т/год	<b>714</b>
Легкие олефины (этилен + пропилен)	тыс. т/год	0
Этан (используется как топливо)	тыс. т/год	20
Пропилен	тыс. т/год	0
Топливный газ, кокс и водород	тыс. т/год	166
C4+	тыс. т/год	126
Бензин	тыс. т/год	0
Ароматика C6-C9	тыс. т/год	415
Ароматика C10+	тыс. т/год	173
<b>Денежная стоимость</b>	<b>долл. США/(т C4+)</b>	<b>335</b>
<b>Общие капитальные затраты</b>	<b>млн. долл. США</b>	<b>860</b>

# Технология «Джи-Ти-Си» GT-G2A<sup>SM</sup> – более низкие капитальные затраты



# Технология «Джи-Ти-Си» GT-G2A<sup>SM</sup> – более низкие эксплуатационные расходы



## Выводы – технология GT-G2A<sup>SM</sup>



- Самая высокая среди всех применяемых в промышленности процессов эффективность конверсии по углероду
- Высокая рентабельность как в небольших, так и в крупных проектах
- Производство ценной ароматической продукции
- Возможна адаптация для производства любых олефиновых и ароматических продуктов нефтехимии
- Низкий объем капиталовложений и высокая норма прибыли
- Простота масштабирования (парофазные реакторы)
- Возможность сотрудничества

**GT-G<sup>2</sup>A**