

# Процессы глубокой переработки нефти

Доц. БКХТПЭ и УМ,  
к.х.н., Сафин Владимир Александрович

К. №3\_13

# Классификация нефтеперерабатывающих заводов

## По ассортименту:

- НПЗ топливного профиля;
- НПЗ топливно-масляного профиля;
- НПЗ (нефтехимкомбинаты) топливно-нефтехимического профиля;
- НПЗ (нефтехимкомбинаты) топливно-масляно-нефтехимического профиля.



# Классификация нефтеперерабатывающих заводов

**По глубине переработки нефти (ГПН):**

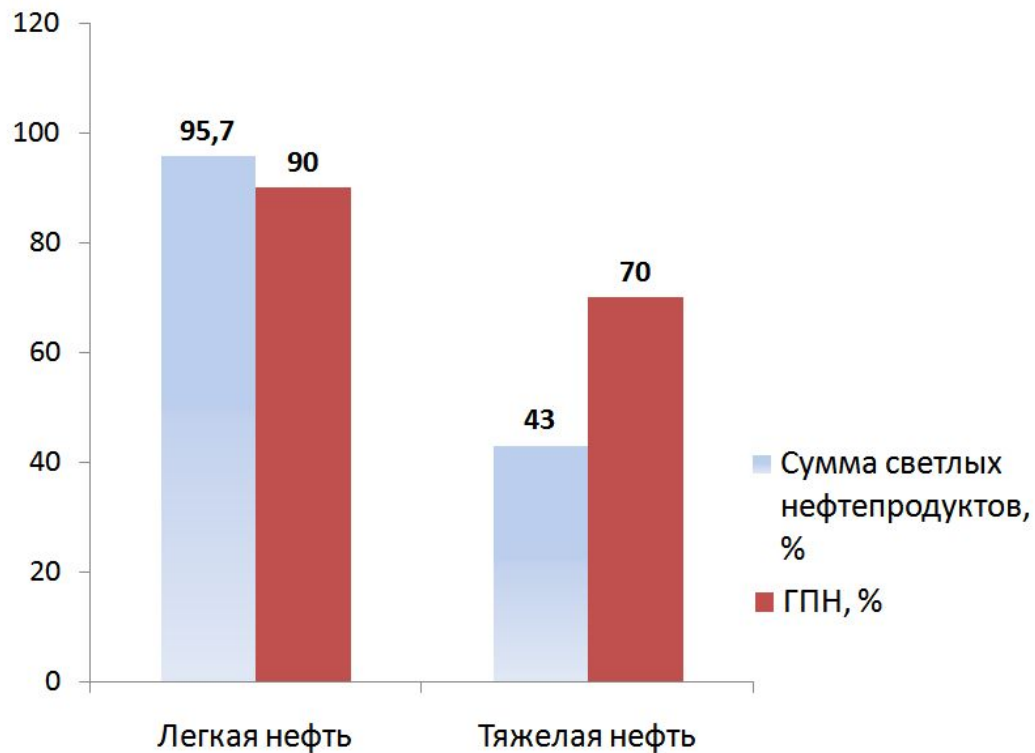
$$\text{ГПН} = 100 - \text{КТ} - (\text{T} + \text{П}),$$

где *T* и *П* — соотв. удельные затраты топлива на переработку и потери нефти на НПЗ в % на сырье.

- НПЗ НГП (неглубокая переработка);
- НПЗ УПН (углубленная переработка);
- НПЗ ГПН (глубокая переработка нефти);
- НПЗ БОП (без остатка переработки).

Показатель нефтепереработки	Тип НПЗ			
	НГП	УПН	ГПН	БОП
Тип остатка	Мазут	Гудрон	Тяжелый гудрон	Нет остатка
Выход остатка, % на нефть ср. сортности	40 - 55	20 - 30	10 - 15	0
ГПН, % мас. (без учета T и П)	45 - 60	70 - 80	85 - 95	100

# Глубина переработки нефти



# Магистральные нефтепроводы

ОСНОВНЫЕ ПЛАНИРУЕМЫЕ И ДЕЙСТВУЮЩИЕ НЕФТЯНЫЕ И ГАЗОВЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ В РОССИИ



# Нефтеперерабатывающие мощности России



## Крупнейшие заводы по переработке нефтяного сырья

Центральный ФО	год*	мощность млн.т
Рязанская НПК	1960	15,0
ЯрославНОС	1961	13,5
Московский НПЗ	1938	12,2
мини-НПЗ (8 ед.)		1,1

Северо-Западный ФО	год*	мощность млн.т
КиришиНОС	1966	22,0
УхтаНП	1933	3,2
мини-НПЗ (3 ед.)		0,3

Южный ФО	год*	мощность млн.т
ВолгоградНП	1957	11,0
Туапсинский НПЗ	1949	5,2
Астраханский ГПЗ	1981	3,3
Краснодарский НПЗ	1911	2,2
Афипский НПЗ	1984	3,7
Новошахтинский НПЗ	2009	2,5
мини-НПЗ (21 ед.)		2,0

Приволжский ФО	год*	мощность млн.т
НижегородНОС	1956	19,0
ПермНОС	1958	12,4
Уфимский НПЗ	1938	9,6
Новокуйбышевский НПЗ	1946	9,6
Уфанефтехим	1957	9,5
СалаватНОС	1952	9,1
Сызранский НПЗ	1959	8,9
ТАИФ-НК	1980	8,0
Ново-Уфимский НПЗ	1951	7,1
Куйбышевский НПЗ	1943	7,0
ОрскНОС	1935	6,6
Саратовский НПЗ	1934	6,5
Марийский НПЗ	1998	1,3
мини-НПЗ (16 ед.)		1,7

Уральский ФО	год*	мощность млн.т
Сургутский ЗСК	1985	4,0
мини-НПЗ (12 ед.)		4,0

Сибирский ФО	год*	мощность млн.т
ОмскНОС	1955	19,5
Ангарская НХК	1955	11,0
Ачинский НПЗ	1981	7,0
мини-НПЗ (17 ед.)		1,4

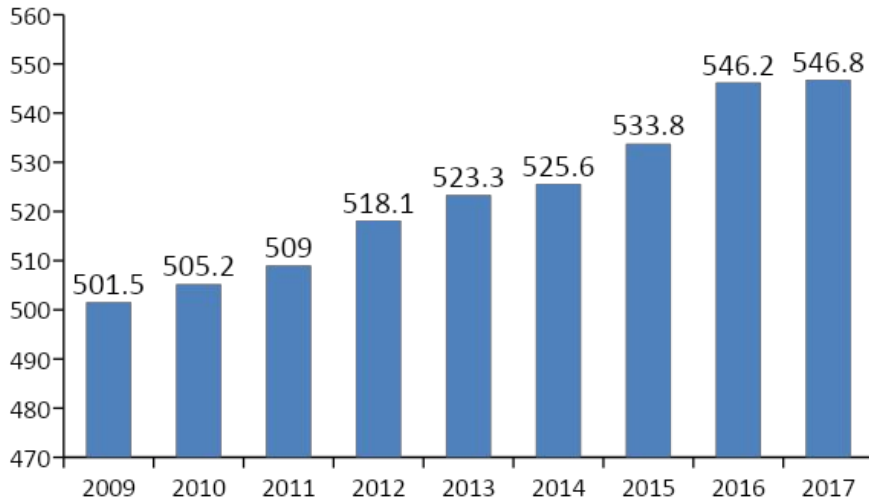
Дальневосточный ФО	год*	мощность млн.т
Комсомольский НПЗ	1942	7,3
Хабаровский НПЗ	1936	4,4
мини-НПЗ (3 ед.)		0,8

\* год ввода в эксплуатацию

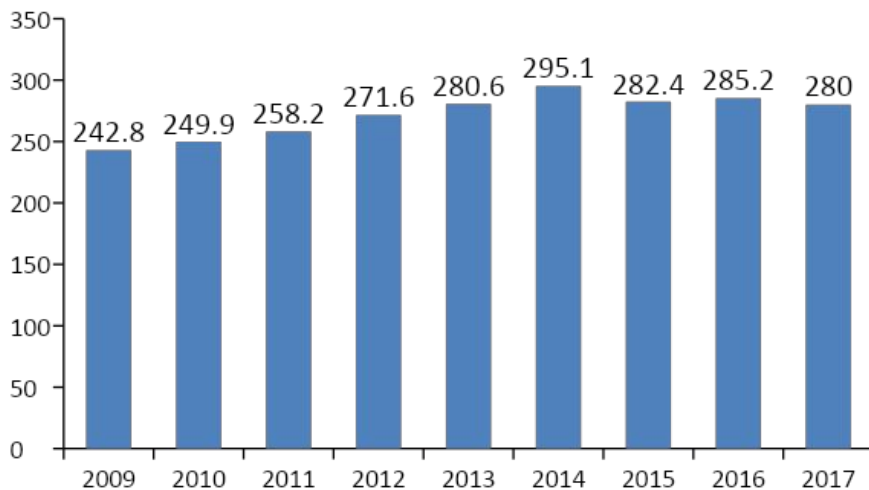


# Отечественная добыча и нефтепереработка

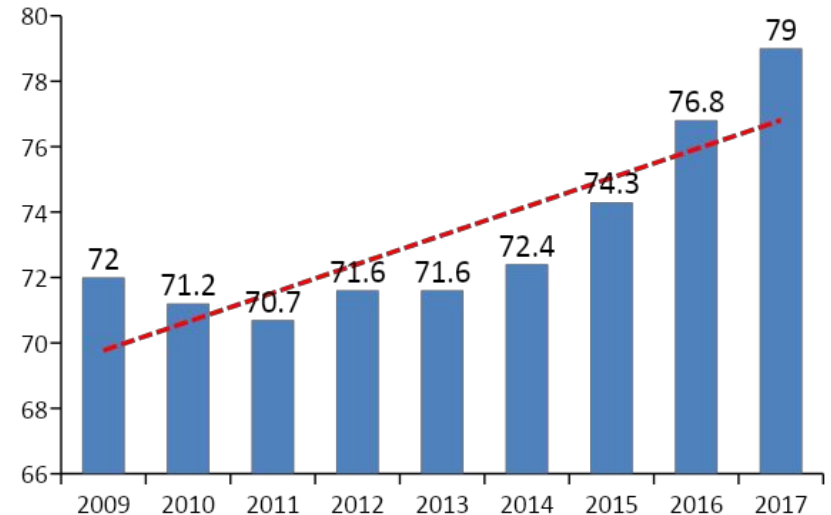
**Добыча, млн. т**



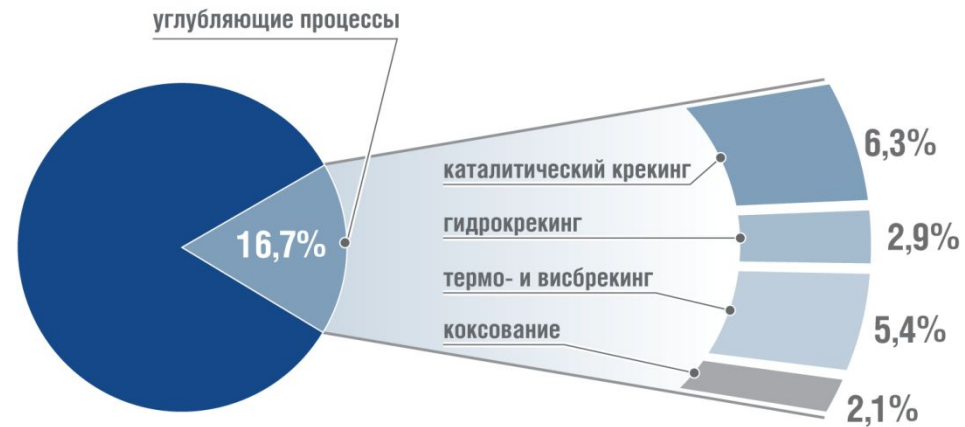
**Объем первичной переработки, млн. т**



**Глубина переработки**



**Доля углубляющих процессов в мощностях по первичной переработке**

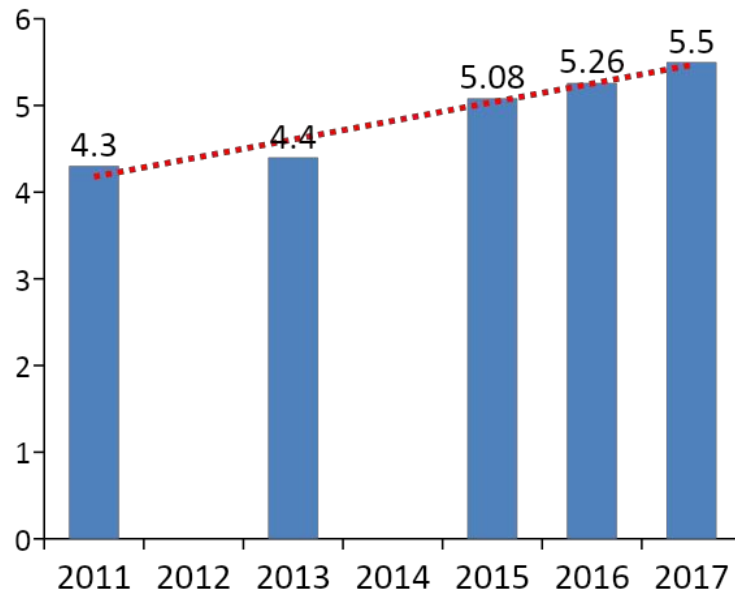


# Индекс комплексности Нельсона

Индекс сложности Нельсона был разработан У. Нельсоном в 1960-61 гг. Индекс Нельсона оценивает уровень вторичной мощности преобразования на НПЗ по отношению к первичной мощности дистилляции.

Установки НПЗ	Доля процесса	Индекс Нельсона	Рейтинг
Установка АВТ	1	1	1
Каталитический риформинг	0,144	5	0,72
Каталитическая изомеризация	0,0632	15	0,948
Гидроочистка дизельных фракций	0,2758	2	0,5516
Блок гидроочистки	0,2474	2	0,4948
Блок каталитического крекинга	0,231	6	1,386
Установка коксования	0,1074	6	0,6444
Производство битумов	0,0277	1,5	0,04155
ГФУ непредельных газов	0,0492		
Алкилирование бутан-бутиленовой фракции изобутаном	0,0162	10	0,162
Производство водорода	0,0201	1	0,0201
ИТОГО			5,9684

## Совокупный индекс комплексности Нельсона НПЗ РФ:





# Основные выводы по текущему состоянию нефтепереработки в Российской Федерации



## Позитивные факторы

- ▶ Высокий производственный потенциал нефтеперерабатывающих заводов по первичной переработке нефтяного сырья, позволяющий поддерживать опережающие темы роста объемов производства нефтепродуктов и полностью обеспечивать растущие потребности в топливе российского внутреннего рынка.
- ▶ Территориальное распределение нефтеперерабатывающих мощностей в основном соответствует масштабам региональных потребительских рынков.



## Негативные факторы

- ▶ Слабый уровень технологической оснащенности нефтеперерабатывающих заводов и как следствие: низкая эффективность переработки нефтяного сырья сопровождающаяся вынужденным выпуском значительных объемов мазута, вакуумного газойля и прямогонного бензина, направляемых преимущественно как сырье для переработки на зарубежных нефтеперерабатывающих заводах.
- ▶ Низкие потребительские свойства моторных топлив по степени соответствия мировым стандартам по экологической безопасности.
- ▶ Низкий налог на экспорт темных нефтепродуктов.
- ▶ Слабо развитые рыночные механизмы ценообразования нефтепродуктов на внутреннем рынке.

# Классификация процессов глубокой переработки нефти

## 1. Термические процессы



## 2. Термокаталитические процессы



## 3. Гидрогенизационные процессы



# Термические процессы в переработке нефти

## Термодинамика

$$\sum_{n=1}^m \nu_{ni} A_n = 0 \quad (n = 1 \dots s)$$

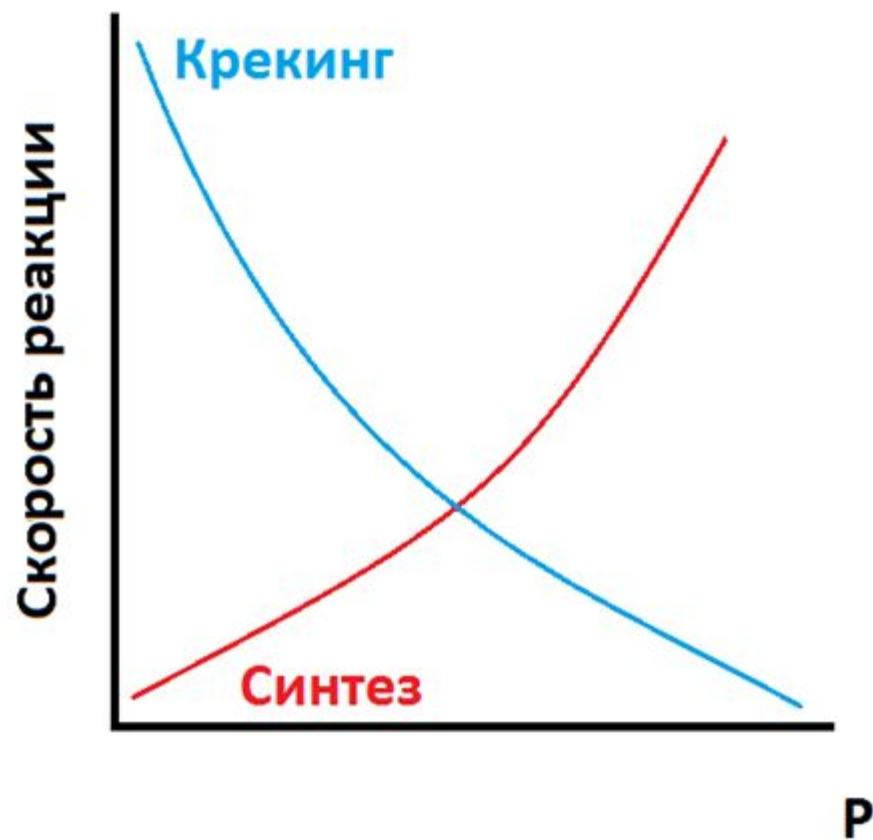
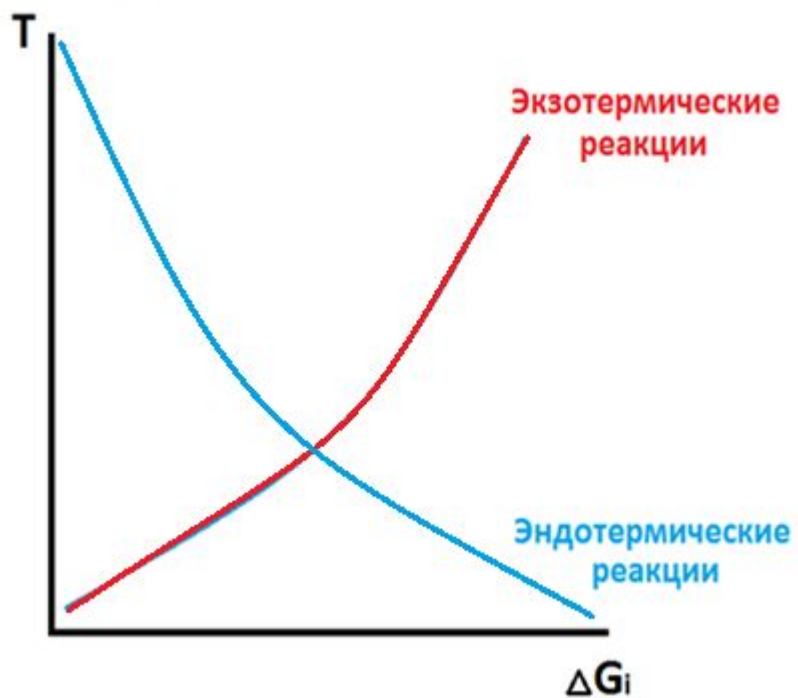
где  $n$  - номер химического вещества  $A$ ;  $i$  - номер реакции;  $m$  - общее число участвующих в реакции химических веществ  $A$ ,  $s$  - число независимых реакций;  $\nu$  - стехиометрический коэффициент при  $A$  в  $i$ -той реакции

$$\Delta G_i = \sum_{n=1}^m \nu_i \Delta G_{An}$$

где  $\Delta G_{An}$  - свободная энергия образования  $A_n$  вещества из элементов ( $\Delta G^\circ$ ).

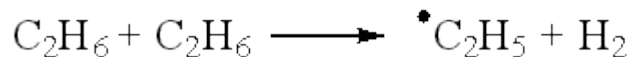
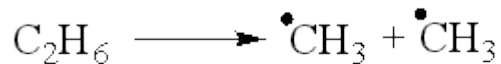
$$\ln K_p = - \Delta G^\circ / (RT)$$

# Термодинамика



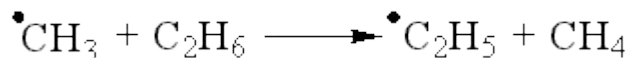
# Радикально-цепной механизм термической деструкции

## 1) Инициирование



## 2) Продолжение цепи

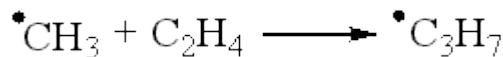
а) замещение:



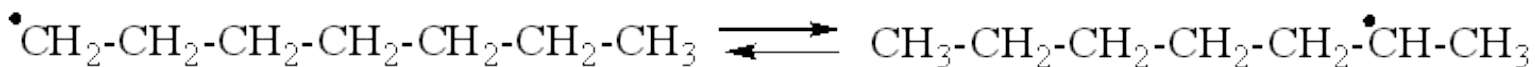
б) распад радикалов с образованием ненасыщенных молекул:



в) присоединение радикалов по кратной связи:

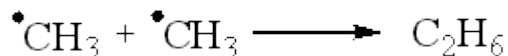


г) изомеризация свободных радикалов:

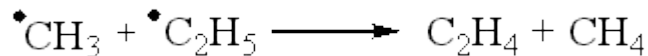


## 3) обрыв цепи:

а) реакции рекомбинации:

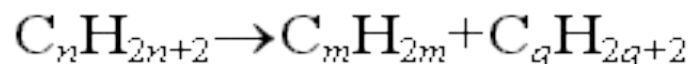


б) диспропорционирование:

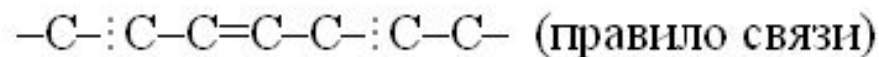


# Основные типы реакций для углеводородов различных классов

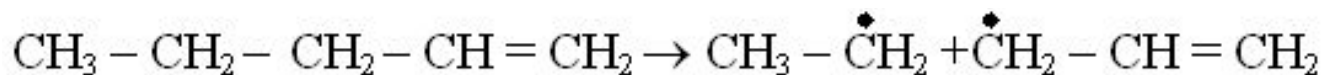
## Преобразование алканов



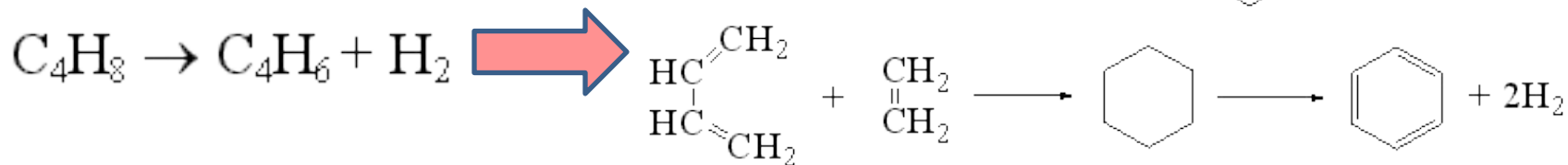
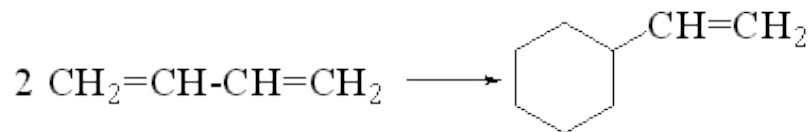
## Преобразование алкенов



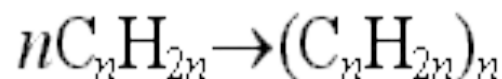
1 Распад алкенов



2 Дегидрирования алкенов



3 Конденсация

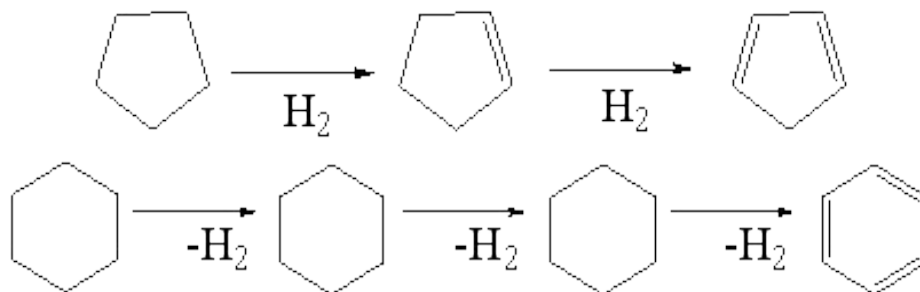


# Основные типы реакций для углеводородов различных классов

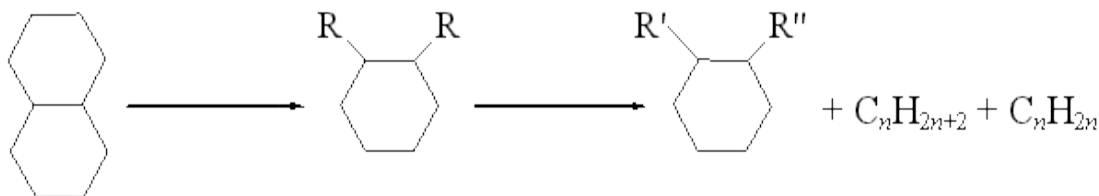
## Превращение циклоалканов

1 Деалкилирование

2 Дегидрирование кольца с образованием циклоалкенов и аренов



3 Частичная или полная дегидроциклизация



4 Распад моноциклических циклоалканов



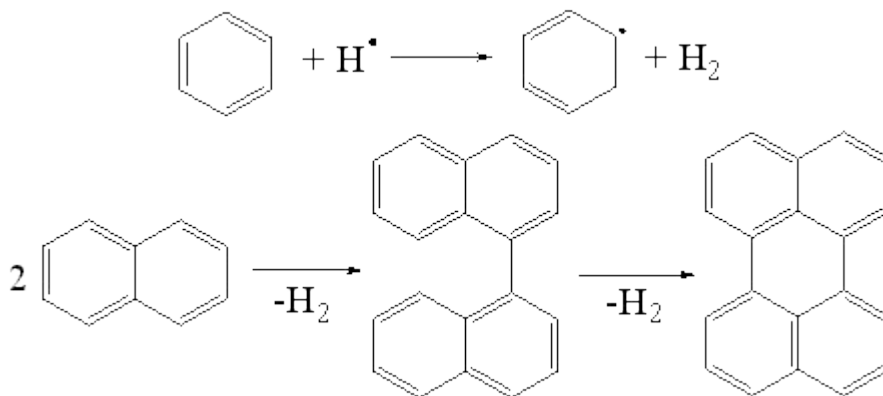
# Основные типы реакций для углеводородов различных классов

## Превращение ароматических углеводородов

- 1 Ароматические углеводороды с длинными боковыми цепями могут деалкилироваться



- 2 Конденсация



---

## Превращение смолисто-асфальтеновых веществ

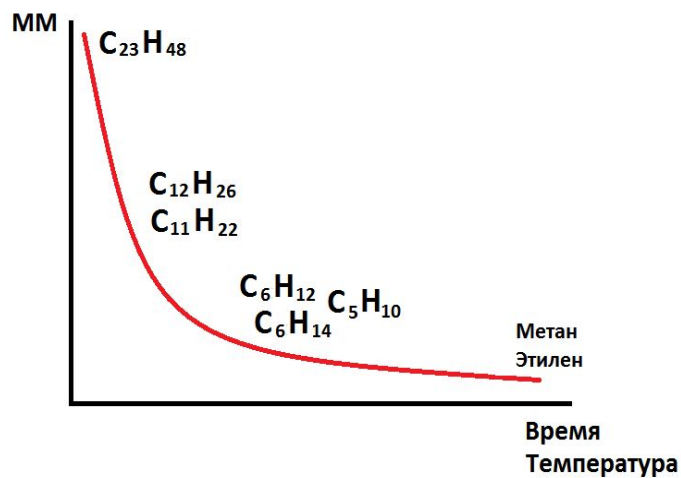
Основная реакция – дегидроконденсация. В результате образуется нефтяной кокс и углеводородные газы.



# Основные закономерности термических процессов переработки нефти

## Основные выводы по химизму газофазного термолиза

### Преобразование алканов



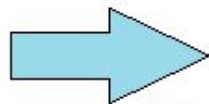
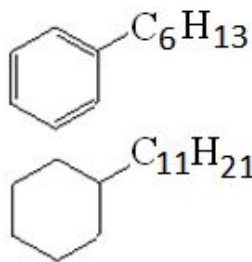
### Преобразование алкенов



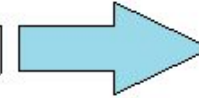
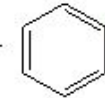
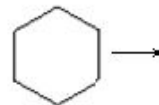
Деструктивная полимеризация

Циклизация

### Преобразование циклоалканов, аренов



Замещенные циклические соединения с короткими (преим. метильными) заместителями



Высокомолекулярные жидкие продукты

# Основные закономерности жидкофазного термолиза нефтяных остатков

1. Протекает через последовательные или параллельно-последовательные стадии образования и расходования промежуточных продуктов

**легкие масла → полициклические арены → смолы → асфальтены → карбены → карбоиды → кокс**

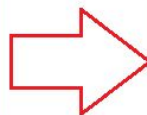
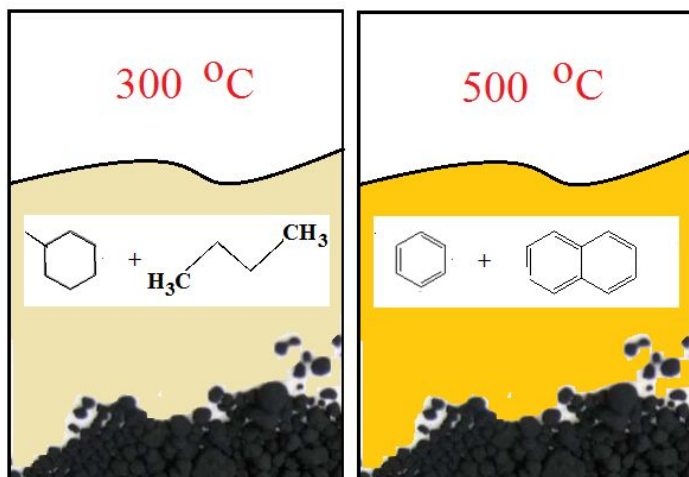
2. При термолизе ТНО имеют место фазовые превращения групповых компонентов.



# Основные закономерности жидкофазного термолиза нефтяных остатков

3. На интенсивность (скорость) термодеструктивных превращений ТНО существенное влияние оказывает растворяющая способность дисперсионной среды, которая определяет значение т. н. «пороговой» концентрации асфальтенов.

## «Агрегативная устойчивость» сырья



# Основные закономерности жидкофазного термолиза нефтяных остатков

4. При термолизе ТНО растворитель не только служит дисперсионной средой, но и является реагирующим компонентом.



Останавливая процесс термолиза на любой стадии, можно получить продукты требуемой степени ароматичности или уплотнения, например, крекинг - остаток с определенным содержанием смол и асфальтенов, кокс с требуемой структурой и анизотропией.