

**ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫЕ**

**ПРОЦЕССЫ**

**НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

# ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ


Процессы	Глубина переработки сырья, %
Гидроочистка	$\approx (1-2)$
Гидрооблагораживание	до $\sim 10$
Гидрокрекинг	$> 50$
Мягкий (легкий) гидрокрекинг	10–50



# **ПРОЦЕССЫ ГИДРООЧИСТКИ**

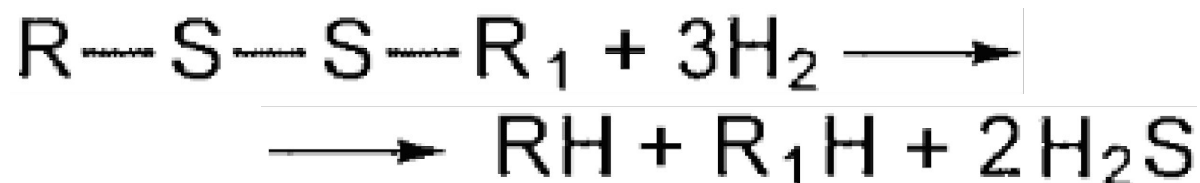
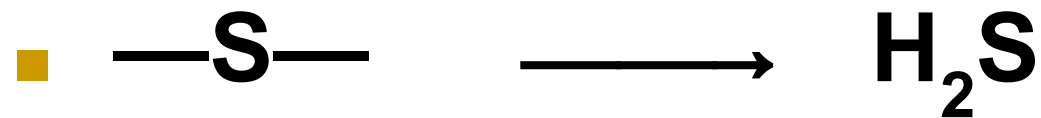
# ЦЕЛИ И ВИДЫ ГИДРООЧИСТКИ

- **СЕРООЧИСТКА**
  - очистка сырья и продукции от **неуглеводородных элементов**
- **СЕЛЕКТИВНАЯ ГИДРООЧИСТКА**
  - **в нефтехимии** очистка ненасыщенных газов от **высоконенасыщенных компонентов**

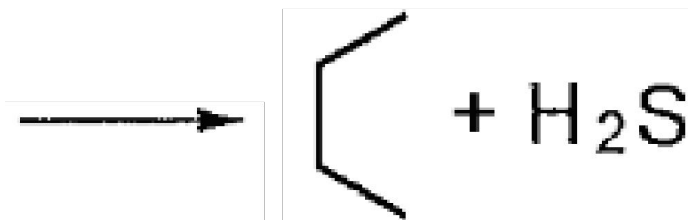
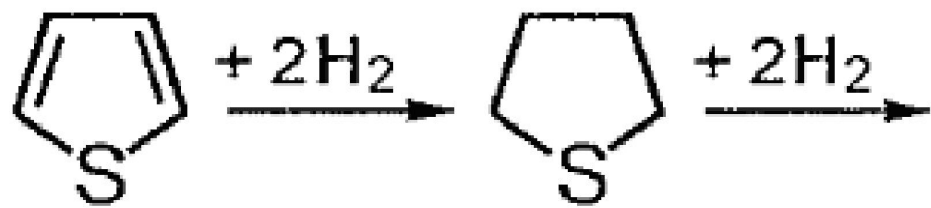


**СЕРООЧИСТКА**

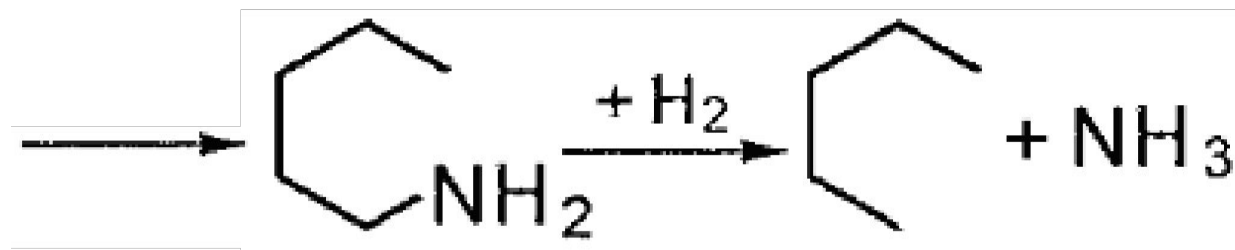
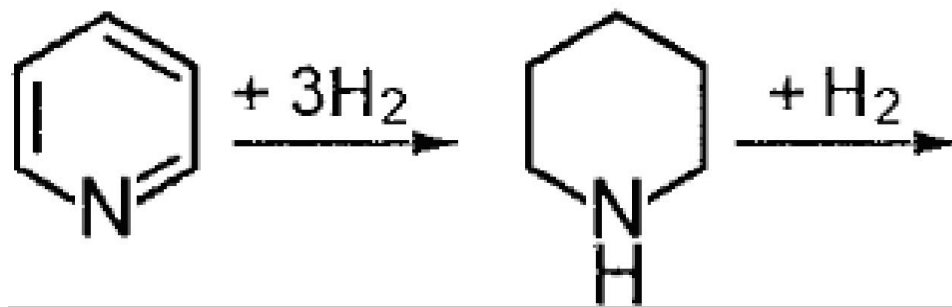
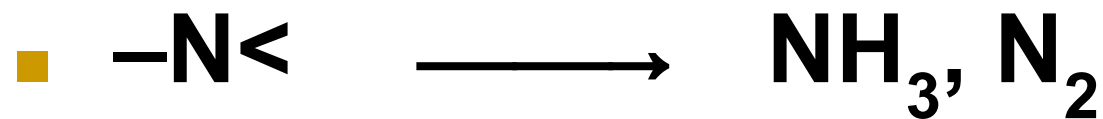
# [ РЕАКЦИИ СЕРООЧИСТКИ ]



# РЕАКЦИИ СЕРООЧИСТКИ

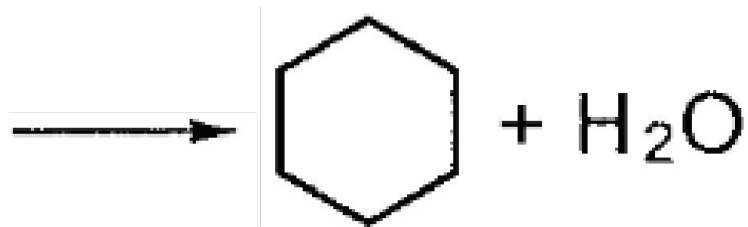
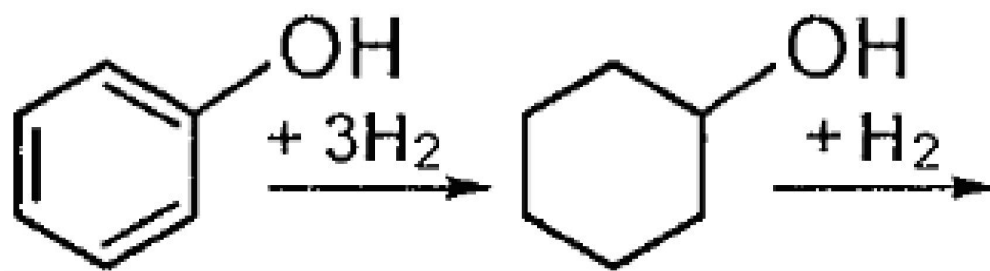
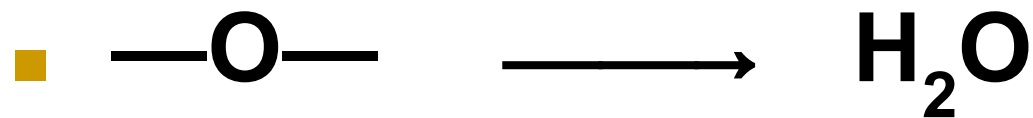


# РЕАКЦИИ СЕРООЧИСТКИ



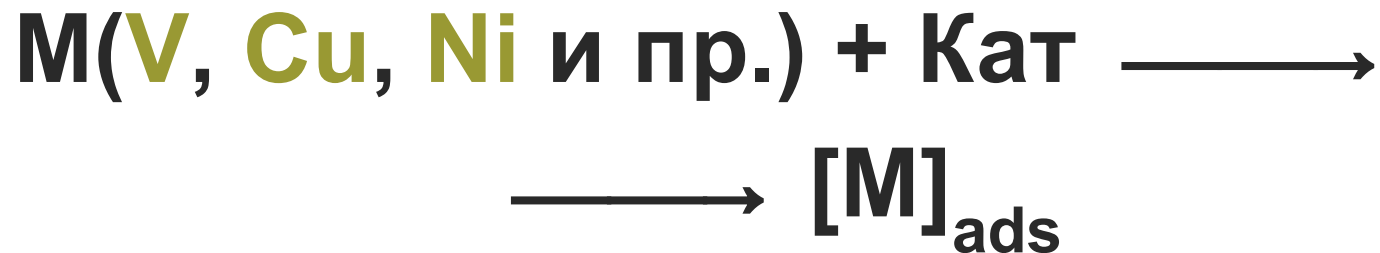


# РЕАКЦИИ СЕРООЧИСТКИ



# [ РЕАКЦИИ СЕРООЧИСТКИ ]

- Очистка от примесей металлов — адсорбция





**ГИДРОКРЕКИНГ**

# ЦЕЛИ И ВИДЫ ГИДРОКРЕКИНГА

- **(ЖЕСТКИЙ) ГИДРОКРЕКИНГ**  
— получение  
**фракций моторных топлив**  
**с нормативными показателями**  
**по содержанию примесей:**
  - **сернистых соединений** и
  - **ненасыщенных углеводородов**  
(в т.ч. — **ароматических**)

# ЦЕЛИ И ВИДЫ ГИДРОКРЕКИНГА

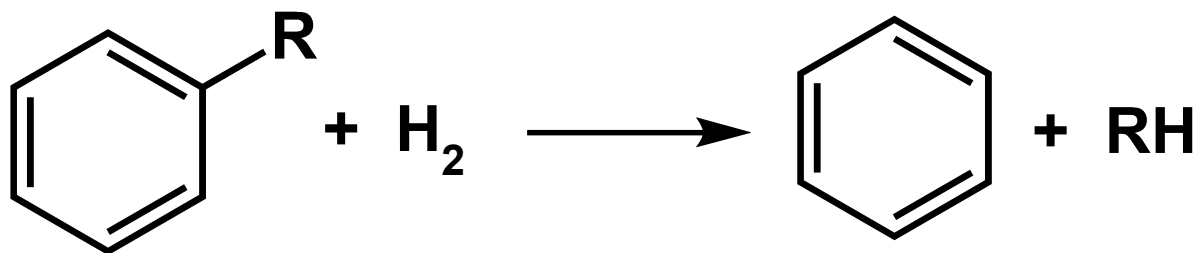
## ■ МЯГКИЙ ГИДРОКРЕКИНГ

— получение гидроочищенного

- дизельного топлива и
- сырья для каталитического крекинга

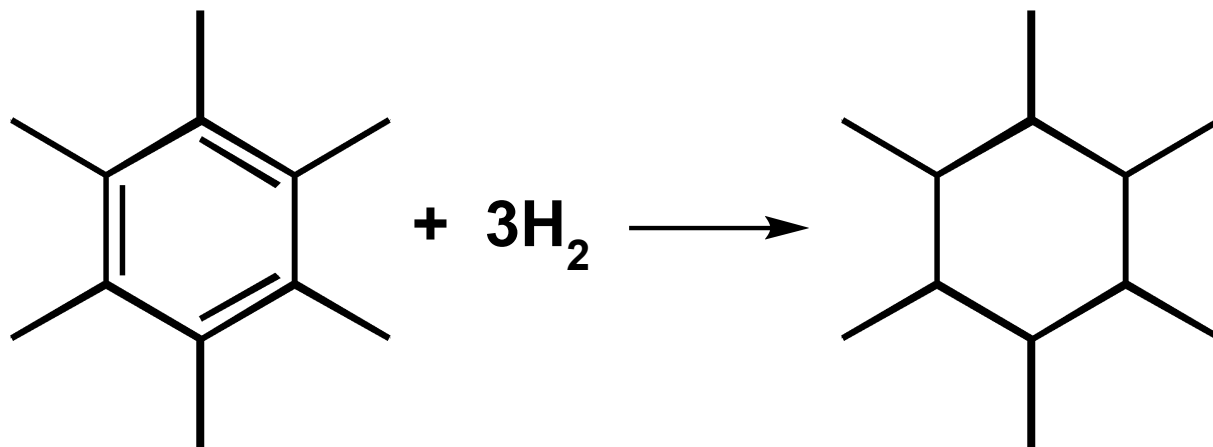
# [ РЕАКЦИИ ГИДРОКРЕКИНГА ]

- Реакции сероочистки
- Реакции аренов
  - Гидродеалкилирование



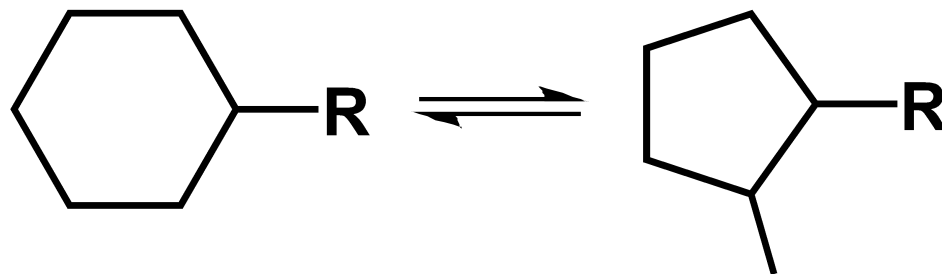
# [ РЕАКЦИИ ГИДРОКРЕКИНГА ]

- Реакции аренов
  - Гидродеароматизация



# РЕАКЦИИ ГИДРОКРЕКИНГА

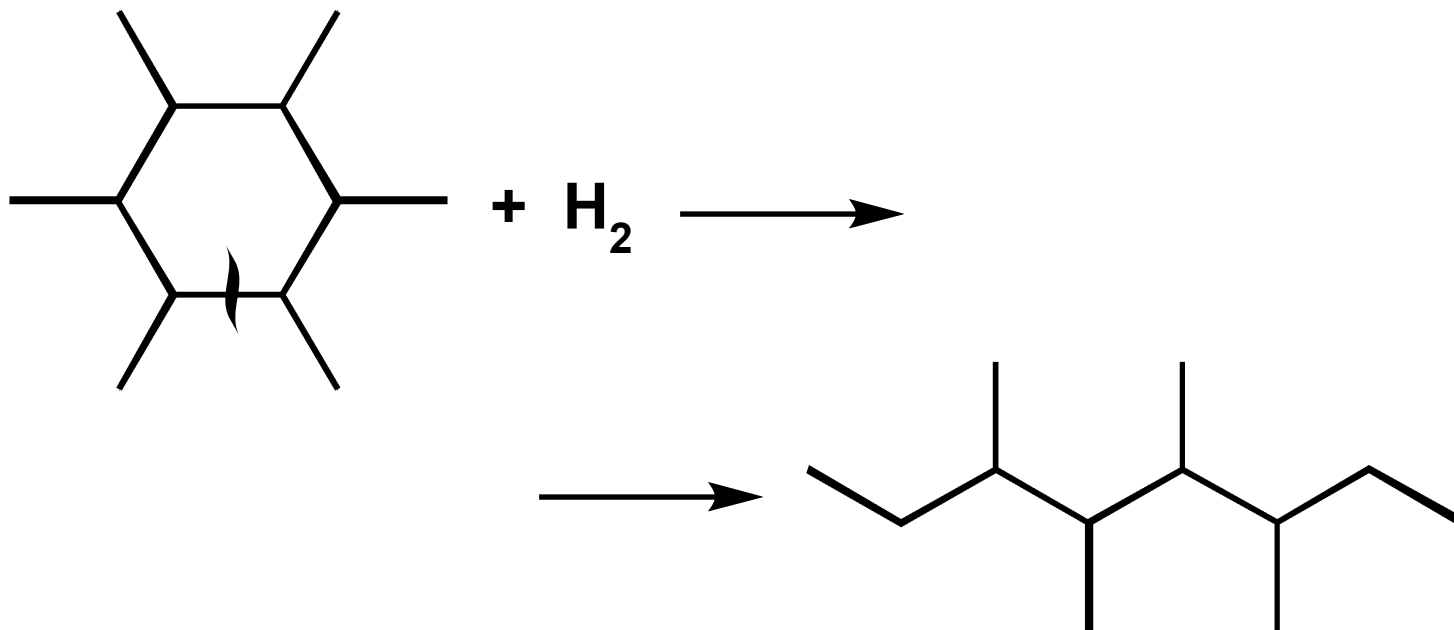
- Реакции нафтенов
  - Изомеризация





# РЕАКЦИИ ГИДРОКРЕКИНГА

- Реакции нафтенов
  - Гидродециклизация

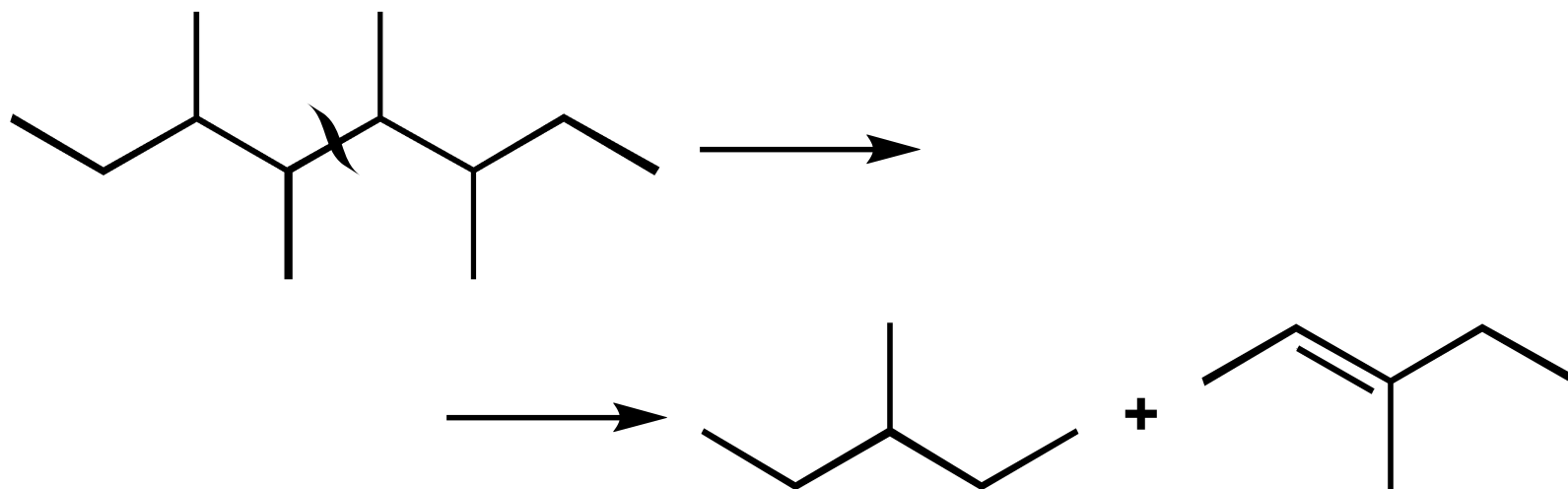


# РЕАКЦИИ ГИДРОКРЕКИНГА

- Реакции алканов

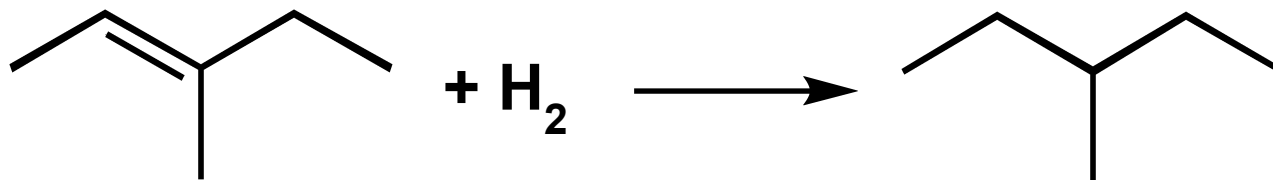
- Гидрокрекинг

(Крекинг + Гидрирование)



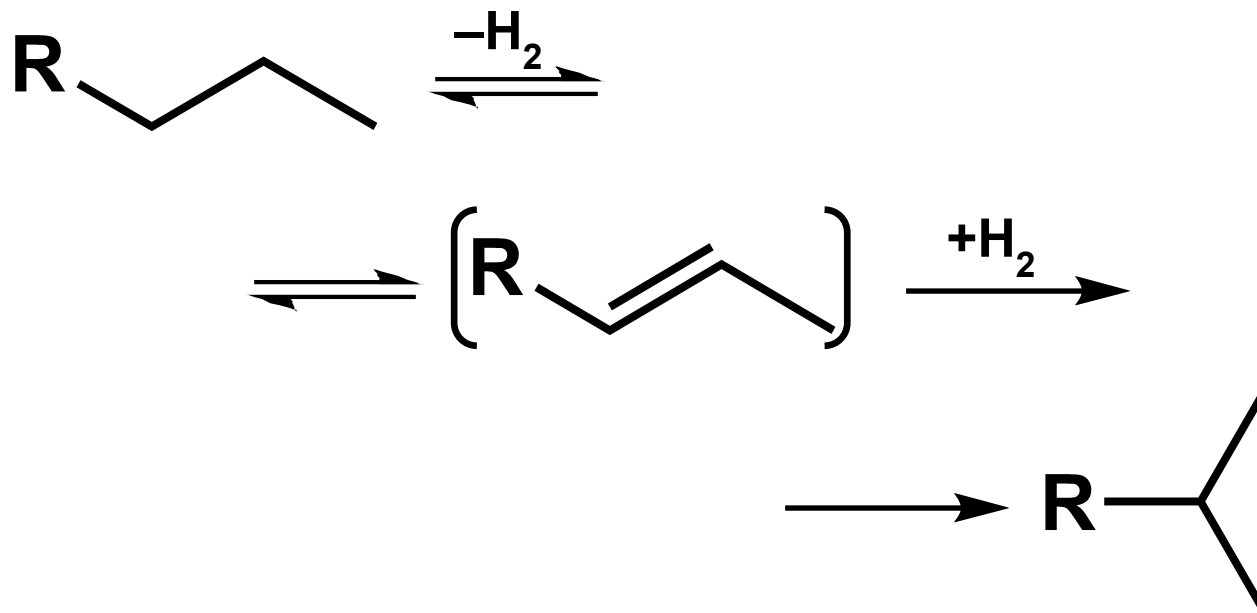
# РЕАКЦИИ ГИДРОКРЕКИНГА

- Реакции алканов
  - Гидрокрекинг  
(Крекинг + Гидрирование)



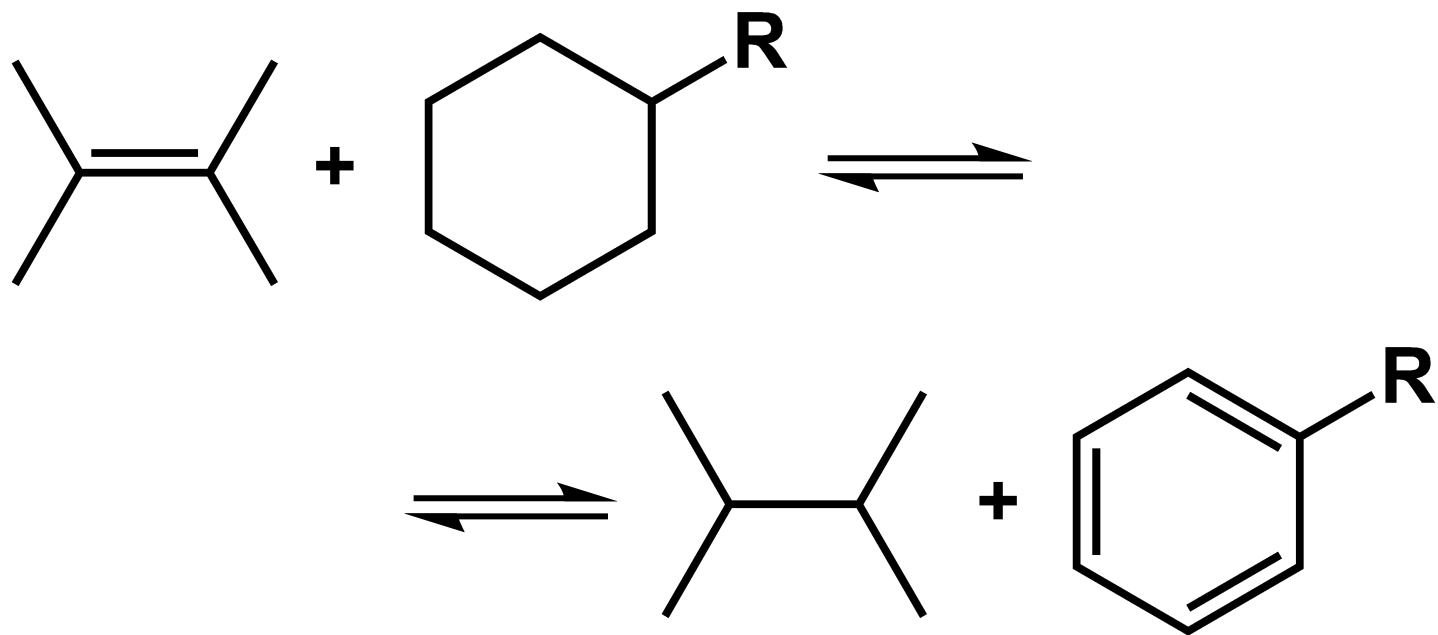
# РЕАКЦИИ ГИДРОКРЕКИНГА

- Реакции алканов
  - Изомеризация



# [ РЕАКЦИИ ГИДРОКРЕКИНГА ]

- Перераспределение водорода





**ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЕ**

# ЦЕЛИ И ВИДЫ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЯ

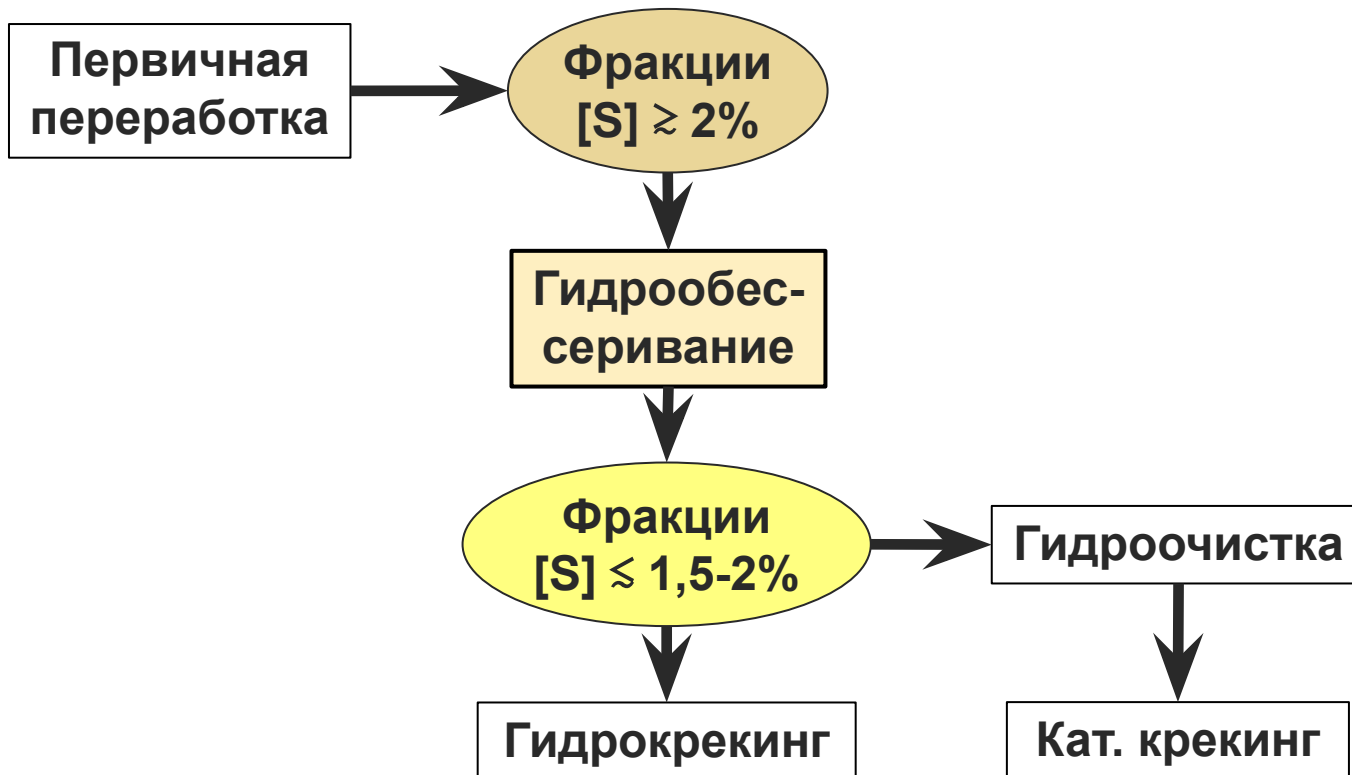
## ■ ГИДРООБЕССЕРИВАНИЕ СЫРЬЯ

— обработка  
высокосернистого сырья  
перед:

- более глубокой *сероочисткой*
- или *гидрокрекингом*

# ЦЕЛИ И ВИДЫ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЯ

## ■ ГИДРООБЕССЕРИВАНИЕ СЫРЬЯ





# ЦЕЛИ И ВИДЫ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЯ

## ■ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЕ ТОПЛИВ

— обработка

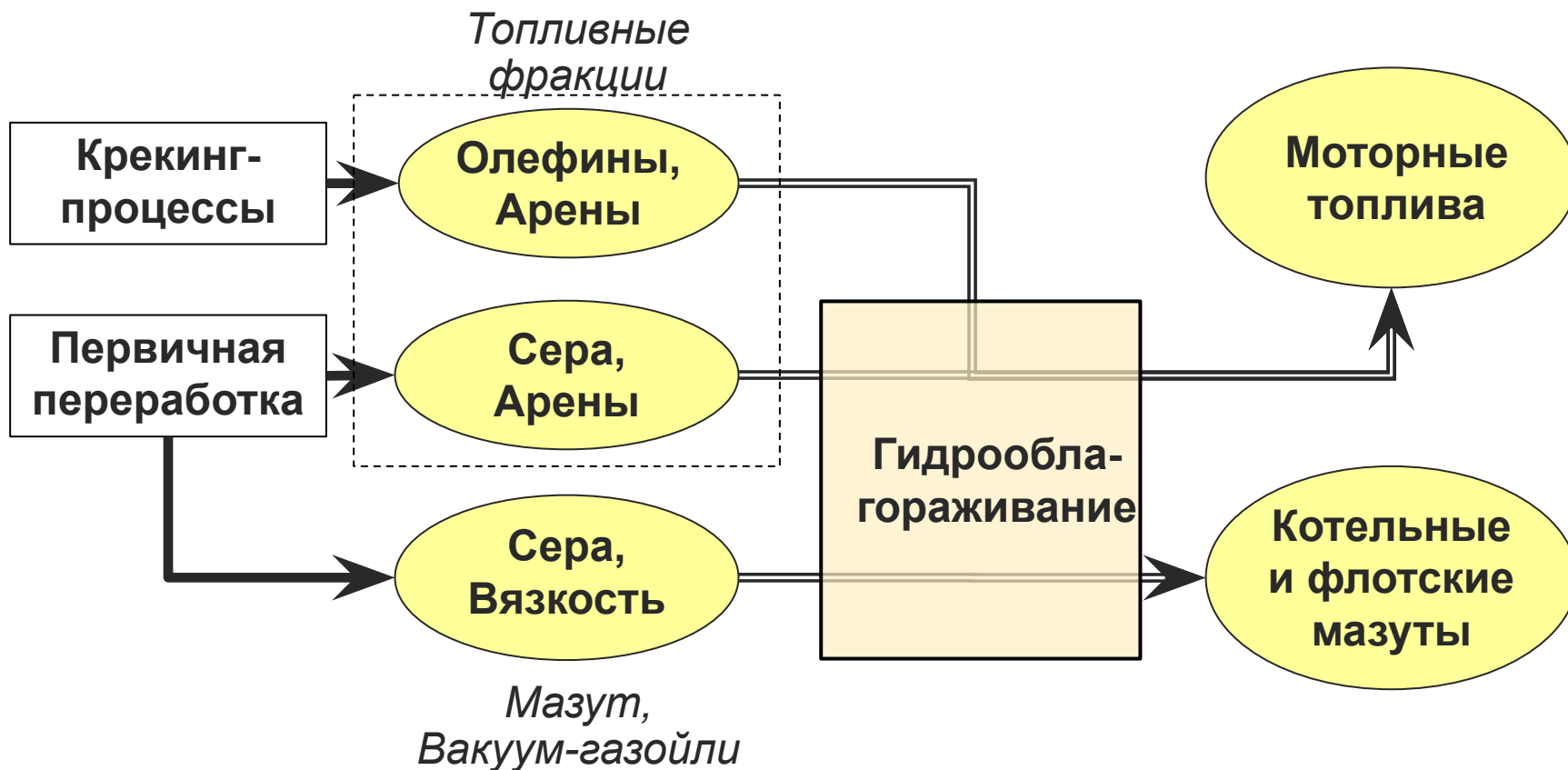
**топливных фракций**

до нормативных показателей  
по содержанию примесей:

- **сернистых** соединений и
- **ненасыщенных** углеводородов  
(в т.ч. — **ароматических**)

# ЦЕЛИ И ВИДЫ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЯ

## ■ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЕ ТОПЛИВ



# **РЕАКЦИИ ГИДРООБЛАГОРАЖИВАНИЯ**

- **Реакции сероочистки**
- **Реакции гидрокрекинга**

# УСЛОВИЯ

## ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Катализаторы
  - оксидно-сульфидные
  - (Co-Mo-Al)-(O,S)
  - (Ni-Mo-Al)-(O,S)

# УСЛОВИЯ

# ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Процесс	Температура, °С	Давление, МПа	Объемное отношение ВСГ:сырье
---------	--------------------	------------------	------------------------------------

# УСЛОВИЯ

# ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Процесс	Температура, °С	Давление, МПа	Объемное отношение ВСГ:сырье
Гидроочистка	330–400	2–4 (до 10)	100–500

# УСЛОВИЯ

# ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Процесс	Температура, °С	Давление, МПа	Объемное отношение ВСГ:сырье
Гидроочистка	330–400	2–4 (до 10)	100–500
Гидрооблагораживание	360–430	10–20	600–1000

# УСЛОВИЯ

# ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

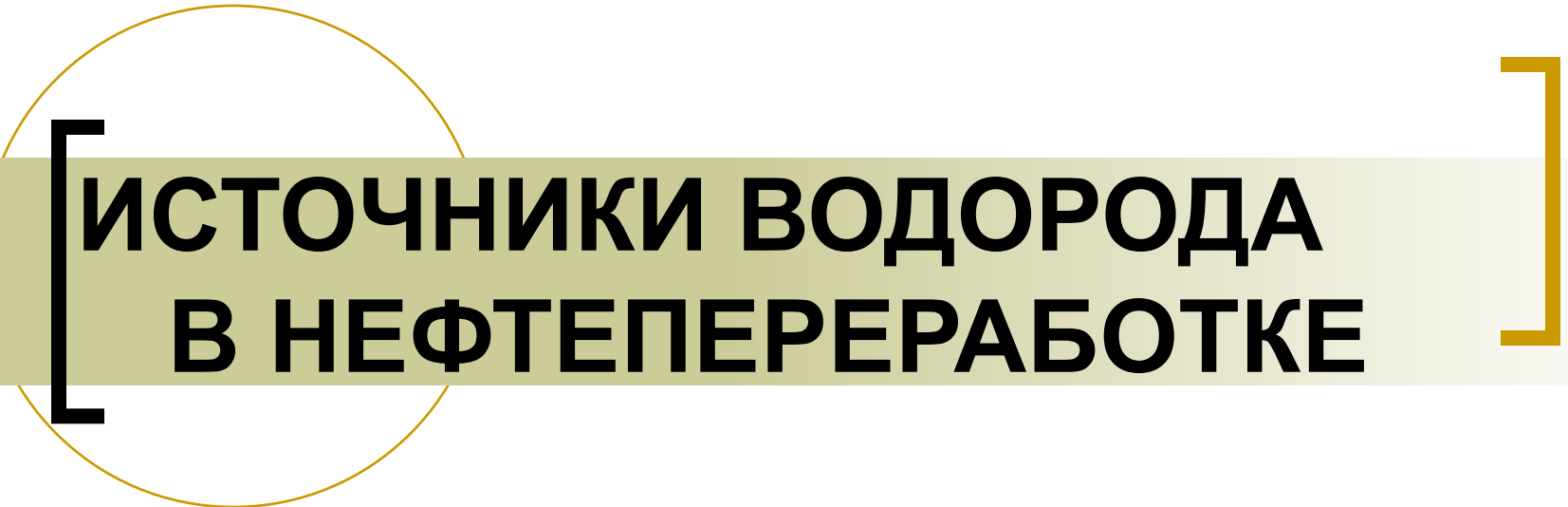
Процесс	Температура, °С	Давление, МПа	Объемное отношение ВСГ:сырье
Гидроочистка	330–400	2–4 (до 10)	100–500
Гидрооблагораживание	360–430	10–20	600–1000
Гидрокрекинг	375–440	10–30	1000–2000



# УСЛОВИЯ

# ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Процесс	Температура, °С	Давление, МПа	Объемное отношение ВСГ:сырье
Гидроочистка	330–400	2–4 (до 10)	100–500
Гидрооблагораживание	360–430	10–20	600–1000
Гидрокрекинг	375–440	10–30	1000–2000
Мягкий гидрокрекинг	330–410	5–10	600–1000



# **ИСТОЧНИКИ ВОДОРОДА В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ**

# ВТОРИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

- Основной источник
  - РИФОРМИНГ
- Дополнительные источники
  - ТЕРМОДЕСТРУКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ
  - КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ

# СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

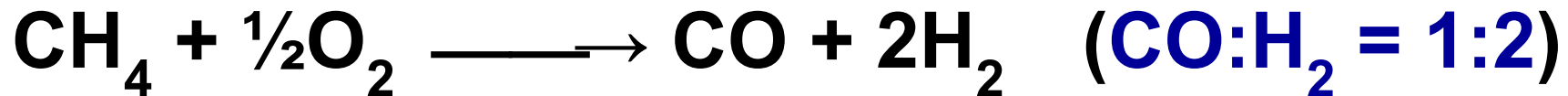
- Парциальное окисление газов и тяжелых остатков
- Паровая каталитическая конверсия газов и легкой нефти
- Паровая конверсия оксида углерода (*реакция водяного газа*)

# Парциальное термическое окисление

- Парциальное окисление *жидких нефтяных фракций и тяжелых остатков*



- Парциальное окисление *газа*



# Парциальное термическое окисление

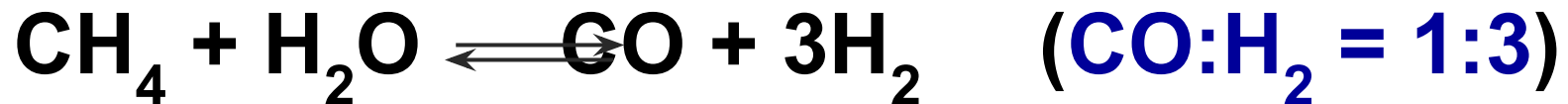
(Высокотемпературная  
конверсия)

- Окислитель — технический **кислород**  
( $\text{CH}_4:\text{O}_2 = 1:0,7$ )
- Давление — **6–8 МПа**
- Температура пламени — **1600–1350°C**
- Время пребывания — **1–3 с**

# Каталитическая конверсия углеводородов

## (Паровой риформинг)

- Конверсия *газа*



$$-\Delta H = \ll 0$$

- Конверсия *жидких углеводородов*



# Каталитическая конверсия углеводородов

## ■ Термическая конверсия

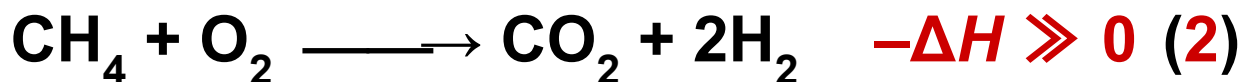
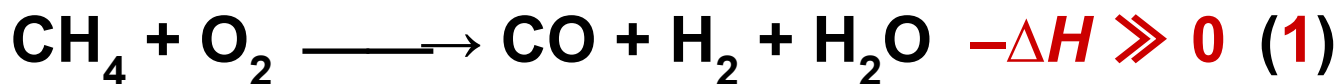
- Катализатор —  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$
- Температура —  $800\text{--}900^\circ\text{C}$
- Подвод тепла — внешний
- Давление —  $2\text{--}3,5\text{ МПа}$
- Избыток пара —  $\text{C}:\text{H}_2\text{O} = 1:(2,5\text{--}4)$



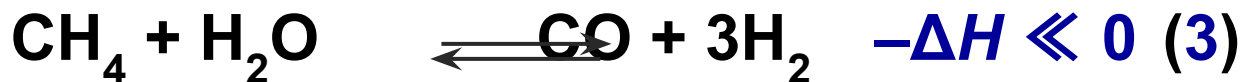
# Каталитическая конверсия углеводородов

## ■ Автотермическая (окислительная) конверсия

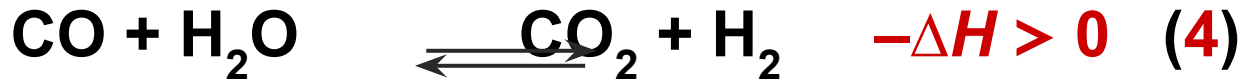
### ○ Окисление



### ○ Конверсия



### ○ Конверсия CO (реакция водяного газа)



# Каталитическая конверсия углеводородов

## ■ Автотермическая (окислительная) конверсия

- Катализатор —  $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$
- Подвод тепла — **внутренний**
- Температура
  - на входе — **1100–1200°C**
  - на выходе — **800–900°C**
- Давление — **8→3 МПа**
- Кислород —  $\text{CH}_4:\text{O}_2 = 1:0,55$
- Избыток пара —  $\text{C}:\text{H}_2\text{O} = 1:(1-3)$