

ВЫДЕЛЕНИЕ НИЗШИХ ОЛЕФИНОВ

**Разделение
непредельных газов**

Состав непредельных газов

Фракции

Состав непредельных газов

Фракции

H_2

Состав непредельных газов

Фракции



Состав непредельных газов

Фракции



Состав непредельных газов

Фракции

H_2

CH_4

C_2

C_3

Состав непредельных газов

Фракции
H₂
CH₄
C₂
C₃
C₄

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, \text{ }^\circ\text{C}$
H_2	
CH_4	
C_2	
C_3	
C_4	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
H_2	
CH_4	
C_2	
C_3	
C_4	
Классы	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
H_2	
CH_4	
C_2	
C_3	
C_4	
Классы	Олефины

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК
H_2		
CH_4		
C_2		
C_3		
C_4		
Классы		Олефины

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз
H_2			
CH_4			
C_2			
C_3			
C_4			
Классы		Олефины	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз
H_2			
CH_4			
C_2			
C_3			
C_4			
Классы	Олефины	Ацетилены	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2					
CH_4					
C_2					
C_3					
C_4					
Классы		Олефины		Ацетилены	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2					
CH_4					
C_2					
C_3					
C_4					
Классы		Олефины	Ацетилены	Диены	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2							
CH_4							
C_2							
C_3							
C_4							
Классы		Олефины		Ацетилены		Диены	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4							
C_2							
C_3							
C_4							
Классы		Олефины		Ацетилены		Диены	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2							
C_3							
C_4							
Классы		Олефины	Ацетилены	Диены			

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2	-103,7						
	-83,8						
C_3							
C_4							
Классы		Олефины		Ацетилены		Диены	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2	-103,7						
	-83,8						
C_3	-47,6						
	-42,1						
C_4							
Классы		Олефины	Ацетилены	Диены			

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2	-103,7						
	-83,8						
C_3	-47,6						
	-42,1						
C_4	-11,7						
	+3,7						
Классы		Олефины		Ацетилены		Диены	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2	-103,7 -83,8						
C_3	-47,6 -42,1						
C_4	-11,7 +3,7						
Классы		Олефины		Ацетилены		Диены	

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2	-103,7	Мало	+				
	-83,8						
C_3	-47,6	+	+				
	-42,1						
C_4	-11,7						
	+3,7						
Классы		Олефины	Ацетилены	Диены			

Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2	-103,7 -83,8						
C_3	-47,6 -42,1	+	+				
C_4	-11,7 +3,7	+	+				
Классы		Олефины		Ацетилены		Диены	

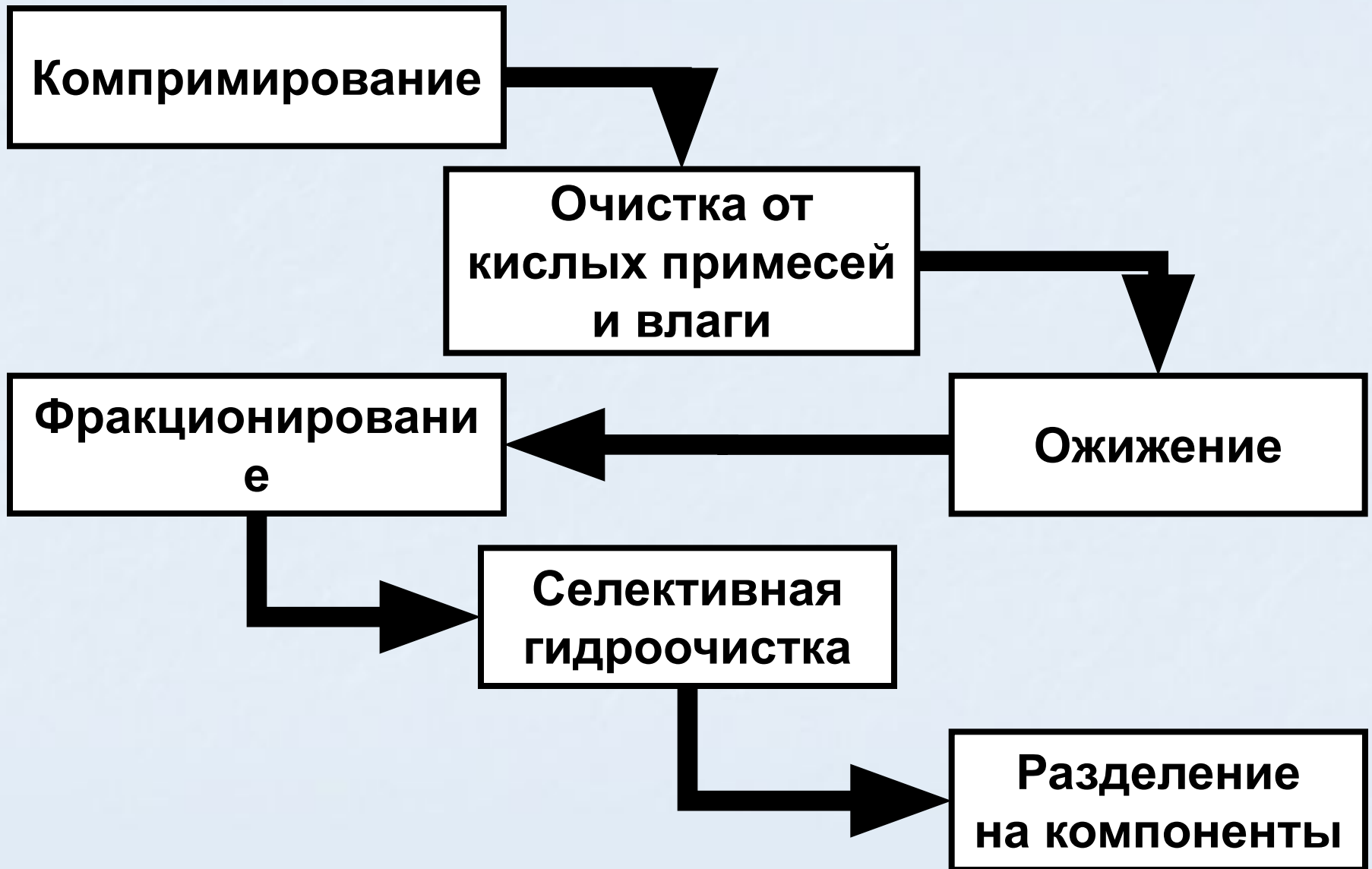
Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2	-103,7 -83,8	Мало	+	—	Мало		
C_3	-47,6 -42,1	+	+				
C_4	-11,7 +3,7	+	+				
Классы		Олефины		Ацетилены		Диены	

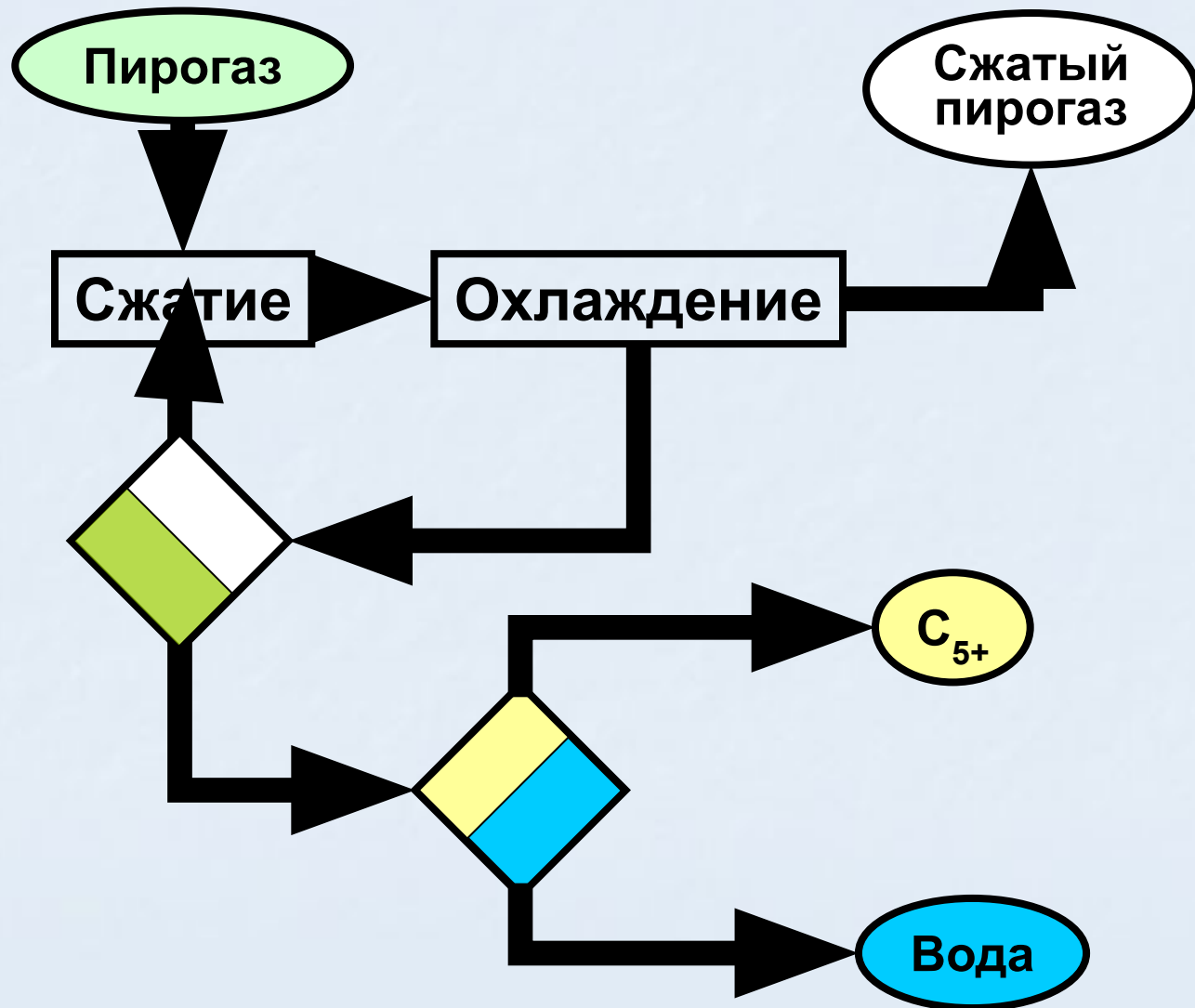
Состав непредельных газов

Фракции	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз	КК	Пиролиз
H_2	-252,8						
CH_4	-161,6						
C_2	-103,7 -83,8	Мало	+	—	Мало		
C_3	-47,6 -42,1	+	+				
C_4	-11,7 +3,7	+	+				
Классы		Олефины		Ацетилены		Диены	

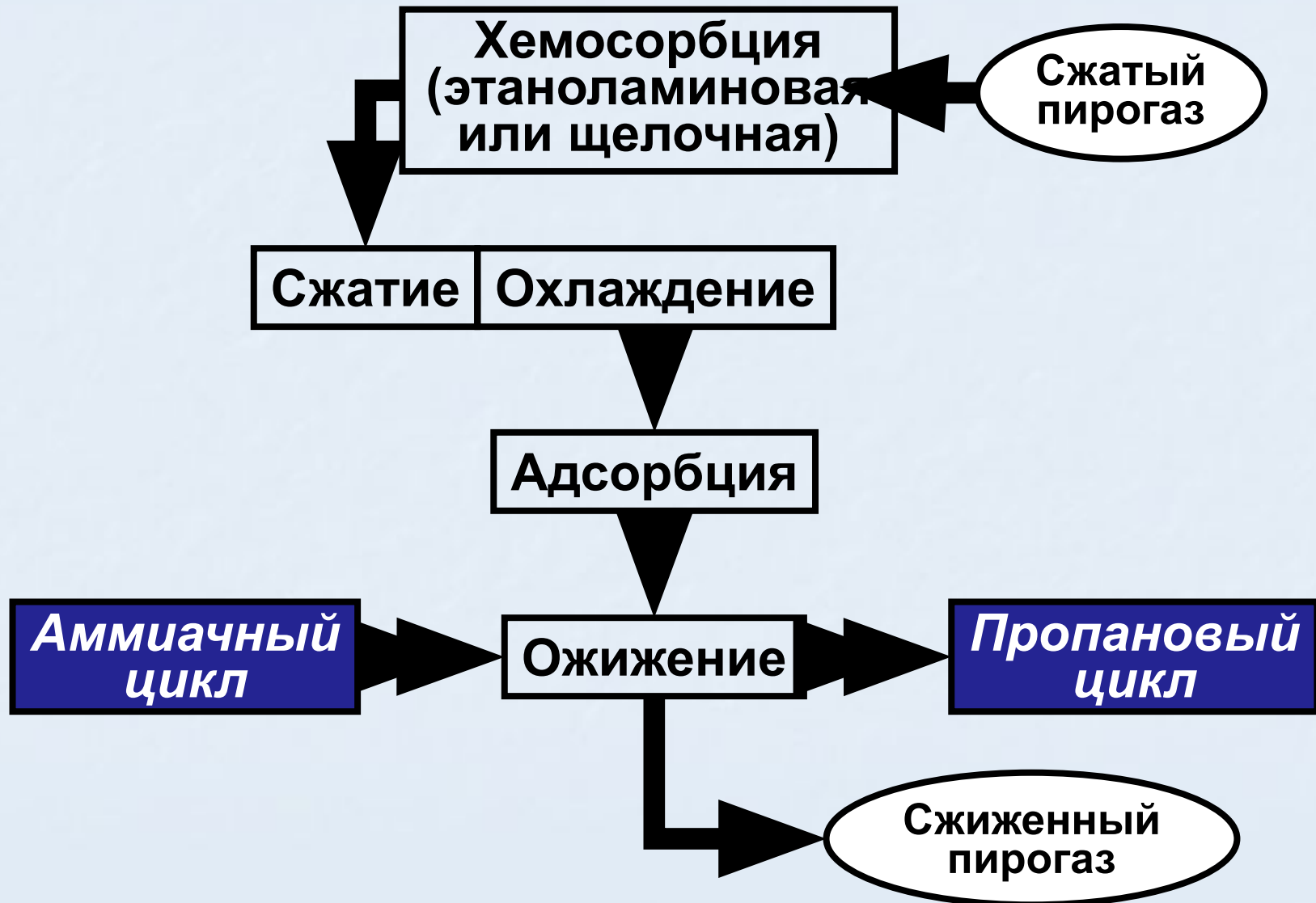
Общие принципы разделения



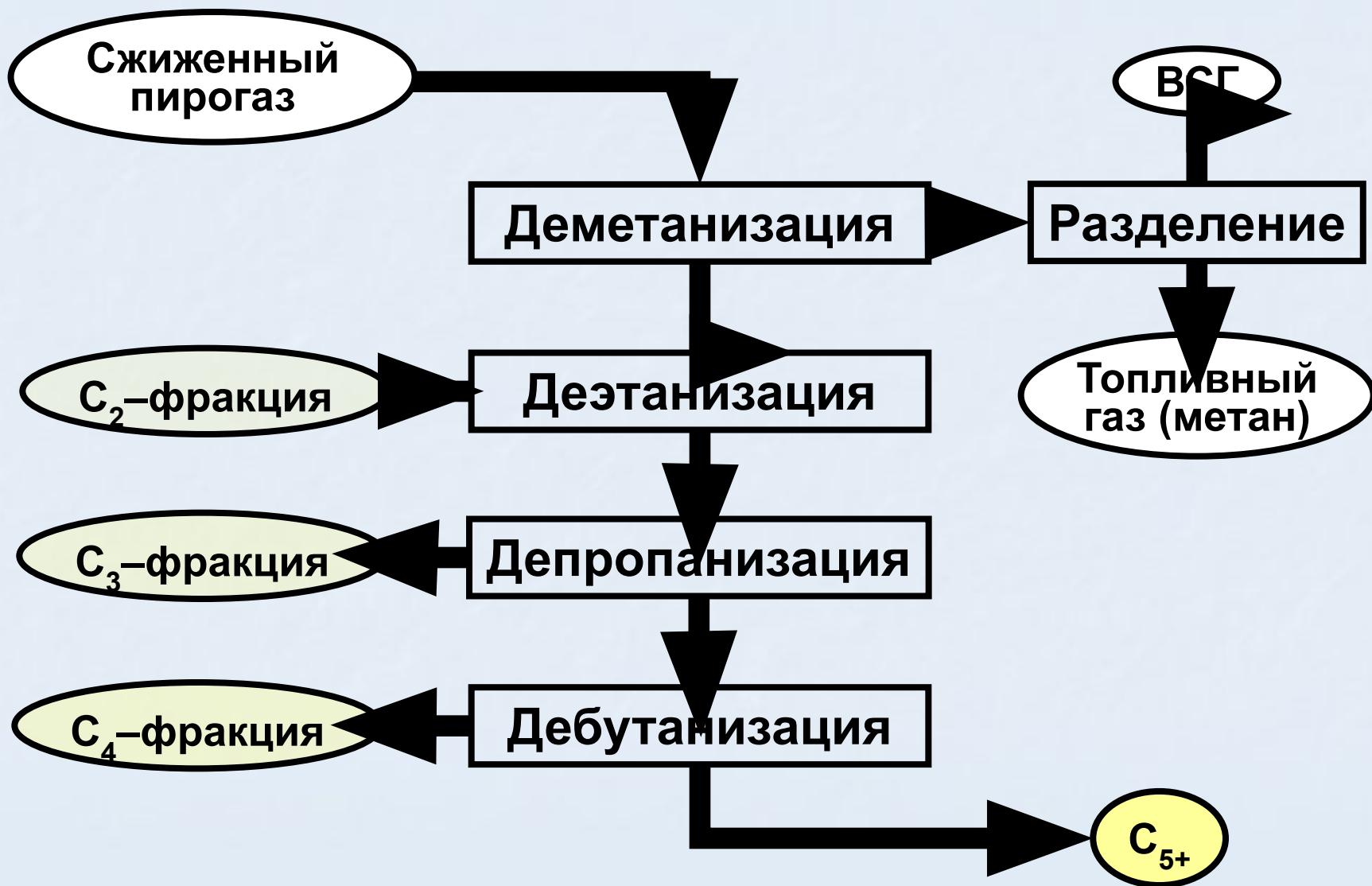
Компримирование



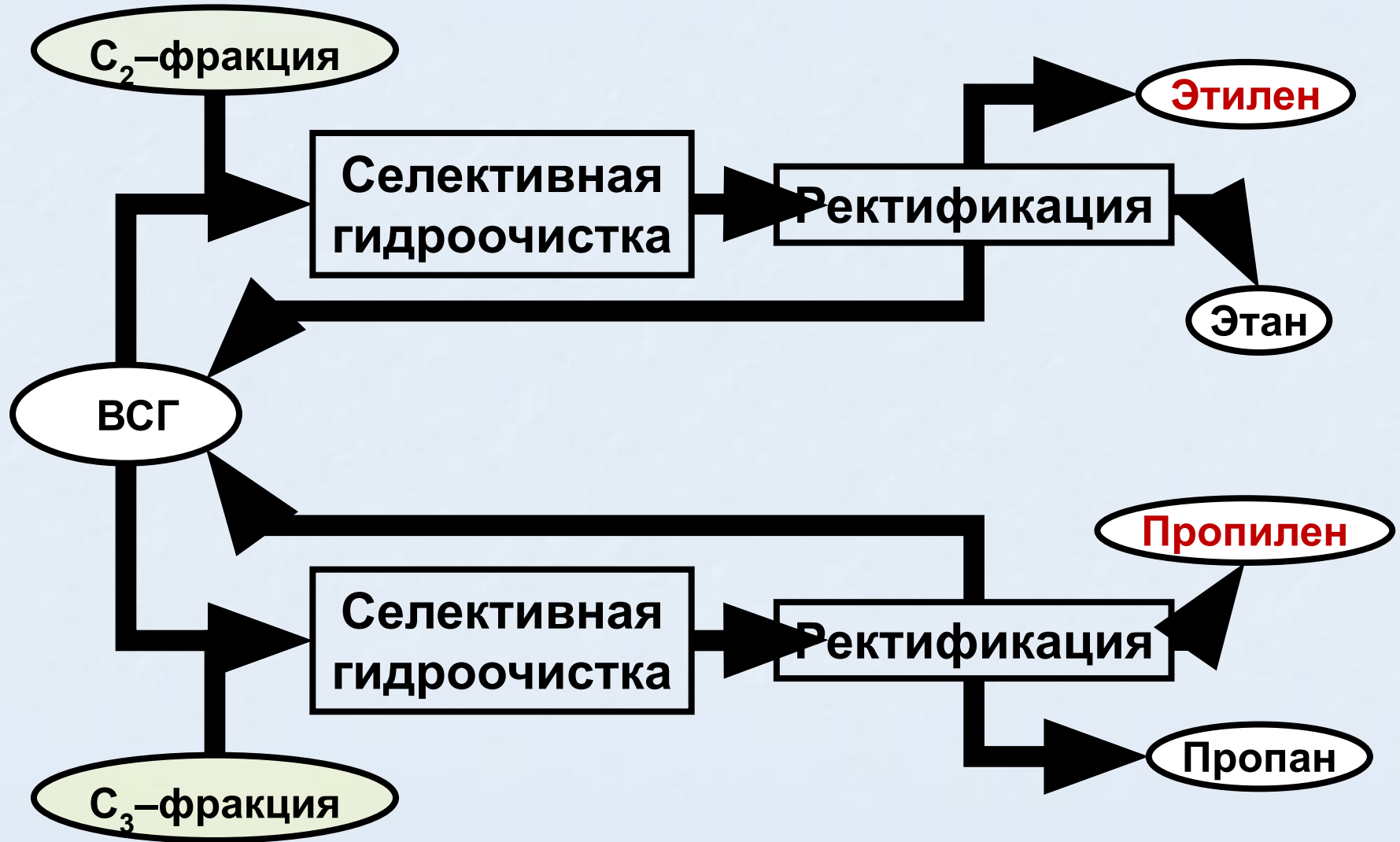
Очистка и ожижение пирогаза



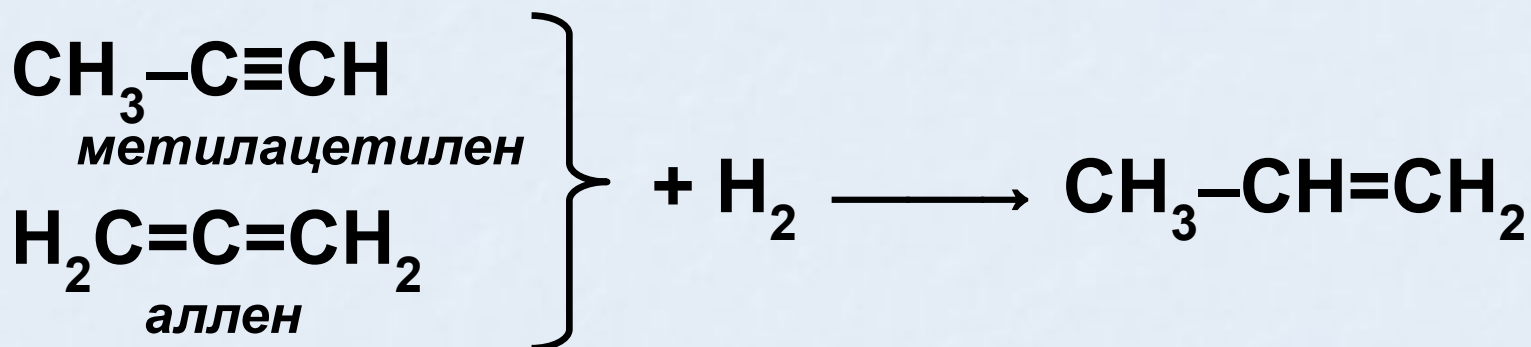
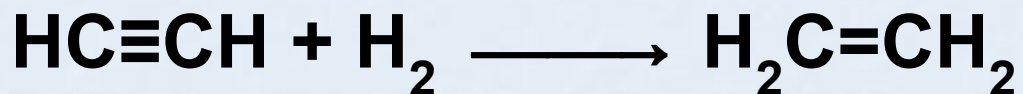
Фракционирование пирогаза



Гидроочистка и разделение



Селективная гидроочистка



- | ■ Катализаторы | $t, ^\circ\text{C}$ |
|--|---------------------|
| ■ (Pd,Pt)/Al ₂ O ₃ | 100–120 |
| ■ Ni-Co-Cr-O | 150–230 |

Разделение C_4 -фракций

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК
Бутадиен	37,0	Следы
Изобутен	27,4	18
Бутен-1	16,0	12
<i>транс-Бутен-2</i>	6,6	14
<i>цис-Бутен-2</i>	5,3	11
Изобутан	1,3	33
<i>н-Бутан</i>	5,2	11

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	
Изобутен	27,4	18	
Бутен-1	16,0	12	
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	
Изобутан	1,3	33	
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
Изобутен	27,4	18	
Бутен-1	16,0	12	
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	
Изобутан	1,3	33	
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
Изобутен	27,4	18	-7,0
Бутен-1	16,0	12	
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	
Изобутан	1,3	33	
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
Изобутен	27,4	18	-7,0
Бутен-1	16,0	12	-6,3
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	
Изобутан	1,3	33	
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
Изобутен	27,4	18	-7,0
Бутен-1	16,0	12	-6,3
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	0,9
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	
Изобутан	1,3	33	
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
Изобутен	27,4	18	-7,0
Бутен-1	16,0	12	-6,3
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	0,9
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	3,7
Изобутан	1,3	33	
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
Изобутен	27,4	18	-7,0
Бутен-1	16,0	12	-6,3
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	0,9
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	3,7
Изобутан	1,3	33	-11,7
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
Изобутен	27,4	18	-7,0
Бутен-1	16,0	12	-6,3
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	0,9
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	3,7
Изобутан	1,3	33	-11,7
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	-0,5

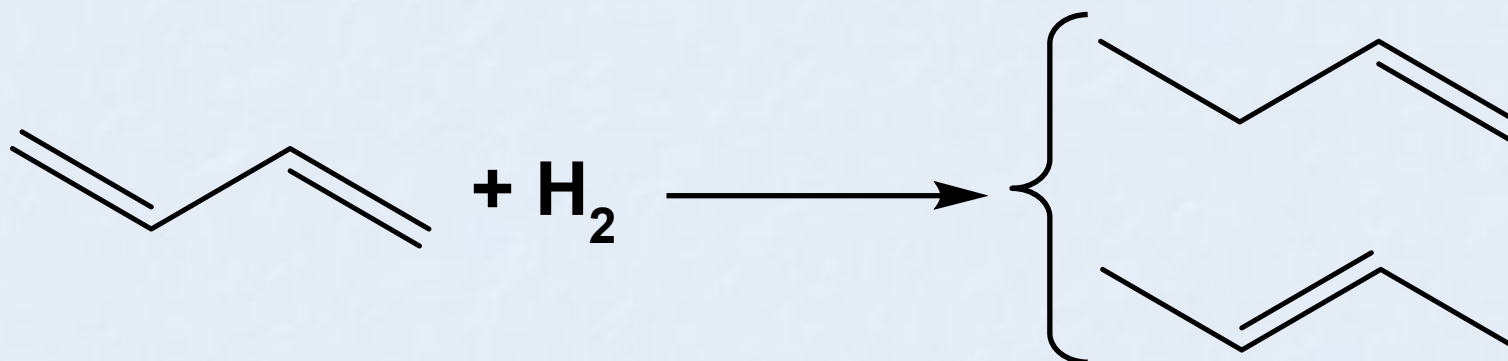
Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
Изобутен	27,4	18	-7,0
Бутен-1	16,0	12	-6,3
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	0,9
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	3,7
Изобутан	1,3	33	-11,7
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	-0,5

Состав C₄-фракций

Компоненты	Пиролиз	КК	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Изобутан	1,3	33	-11,7
Изобутен	27,4	18	-7,0
Бутен-1	16,0	12	-6,3
Бутадиен	37,0	Следы	-4,5
<i>n</i> -Бутан	5,2	11	-0,5
<i>транс</i> -Бутен-2	6,6	14	0,9
<i>цис</i> -Бутен-2	5,3	11	3,7

Селективная гидроочистка C₄-фракции каткрекинга



■ Катализатор

t, °C

■ Ni-Co-Cr-O

250–325

Относительная летучесть $(p_i/p_{ст})$ компонентов C_4

Углеводород

Изобутан

Изобутен

1-Бутен

1,3-Бутадиен *ст*

n-Бутан

транс-2-Бутен

цис-2-Бутен

Относительная летучесть $(p_i/p_{ст})$ компонентов C_4

Углеводород	Чистые
-------------	--------

Изобутан

Изобутен

1-Бутен

1,3-Бутадиен *ст*

n-Бутан

транс-2-Бутен

цис-2-Бутен

Относительная летучесть $(p_i/p_{ст})$ компонентов C_4

Углеводород	Чистые
Изобутан	
Изобутен	
1-Бутен	
1,3-Бутадиен *ст*	1,00
n-Бутан	
транс-2-Бутен	
цис-2-Бутен	

Относительная летучесть $(p_i/p_{ст})$ компонентов C_4

Углеводород	Чистые
Изобутан	
Изобутен	
1-Бутен	1,03
1,3-Бутадиен *ст*	1,00
<i>n</i> -Бутан	
<i>транс</i> -2-Бутен	
<i>цис</i> -2-Бутен	

Относительная летучесть $(p_i/p_{см})$ компонентов C_4

Углеводород	Чистые
Изобутан	
Изобутен	1,03
1-Бутен	1,03
1,3-Бутадиен *см*	1,00
н-Бутан	
транс-2-Бутен	
цис-2-Бутен	

Относительная летучесть $(p_i/p_{ст})$ компонентов C_4

Углеводород	Чистые
Изобутан	1,165
Изобутен	1,03
1-Бутен	1,03
1,3-Бутадиен *ст*	1,00
n-Бутан	
транс-2-Бутен	
цис-2-Бутен	

Относительная летучесть $(p_i/p_{см})$ компонентов C_4

Углеводород	Чистые
Изобутан	1,165
Изобутен	1,03
1-Бутен	1,03
1,3-Бутадиен *см*	1,00
н-Бутан	0,85
транс-2-Бутен	
цис-2-Бутен	

Относительная летучесть $(p_i/p_{ст})$ компонентов C_4

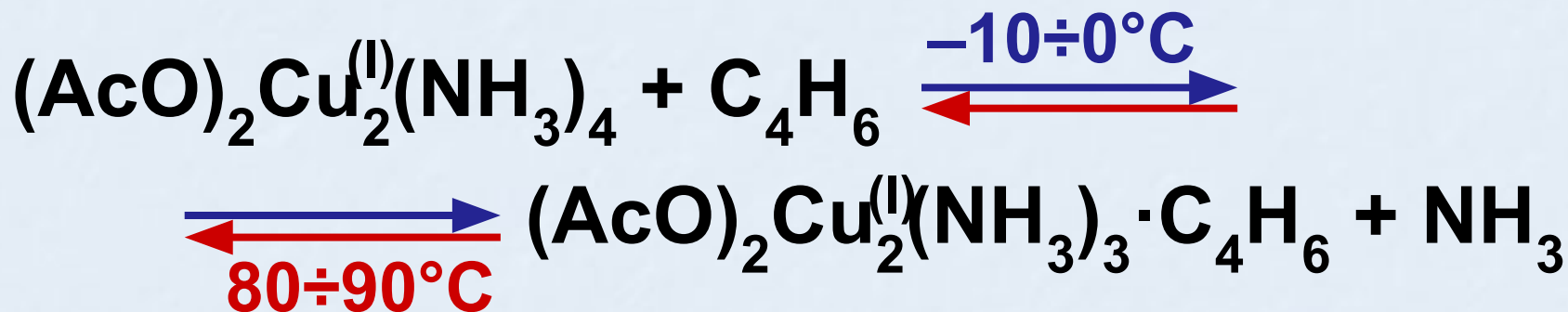
Углеводород	Чистые
Изобутан	1,165
Изобутен	1,03
1-Бутен	1,03
1,3-Бутадиен *ст*	1,00
n-Бутан	0,85
транс-2-Бутен	0,83
цис-2-Бутен	

Относительная летучесть $(p_i/p_{см})$ компонентов C_4

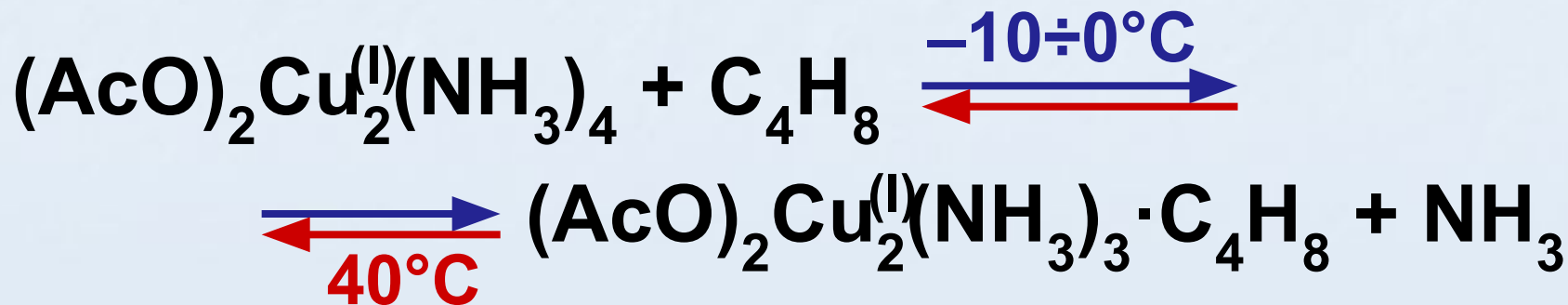
Углеводород	Чистые
Изобутан	1,165
Изобутен	1,03
1-Бутен	1,03
1,3-Бутадиен *см*	1,00
n-Бутан	0,85
транс-2-Бутен	0,83
цис-2-Бутен	0,764

Хемосорбция аммиакатами меди(I)

■ Бутадиен



■ Бутены



Относительная летучесть $(p_i/p_{см})$ компонентов C₄

Углеводород	Чистые	Над раствором (AcO) ₂ Cu ^(I) (NH ₃) ₄
Изобутан	1,165	
Изобутен	1,03	
1-Бутен	1,03	
1,3-Бутадиен *см*	1,00	
n-Бутан	0,85	
транс-2-Бутен	0,83	
цис-2-Бутен	0,764	

Относительная летучесть ($p_i/p_{см}$) компонентов C₄

Углеводород	Чистые	Над раствором (AcO) ₂ Cu ^(I) (NH ₃) ₄
Изобутан	1,165	
Изобутен	1,03	
1-Бутен	1,03	
1,3-Бутадиен *см*	1,00	1
n-Бутан	0,85	
транс-2-Бутен	0,83	
цис-2-Бутен	0,764	

Относительная летучесть ($p_i/p_{см}$) компонентов C₄

Углеводород	Чистые	Над раствором (AcO) ₂ Cu ^(I) (NH ₃) ₄
Изобутан	1,165	
Изобутен	1,03	
1-Бутен	1,03	10
1,3-Бутадиен *см*	1,00	1
n-Бутан	0,85	
транс-2-Бутен	0,83	
цис-2-Бутен	0,764	

Относительная летучесть ($p_i/p_{см}$) компонентов C₄

Углеводород	Чистые	Над раствором (AcO) ₂ Cu ^(I) (NH ₃) ₄
Изобутан	1,165	
Изобутен	1,03	
1-Бутен	1,03	10
1,3-Бутадиен *см*	1,00	1
n-Бутан	0,85	
транс-2-Бутен	0,83	
цис-2-Бутен	0,764	25

Относительная летучесть $(p_i/p_{см})$ компонентов C_4

Углеводород	Чистые	Над раствором $(AcO)_2Cu^{(I)}(NH_3)_4$
Изобутан	1,165	
Изобутен	1,03	35
1-Бутен	1,03	10
1,3-Бутадиен *см*	1,00	1
n-Бутан	0,85	
транс-2-Бутен	0,83	
цис-2-Бутен	0,764	25

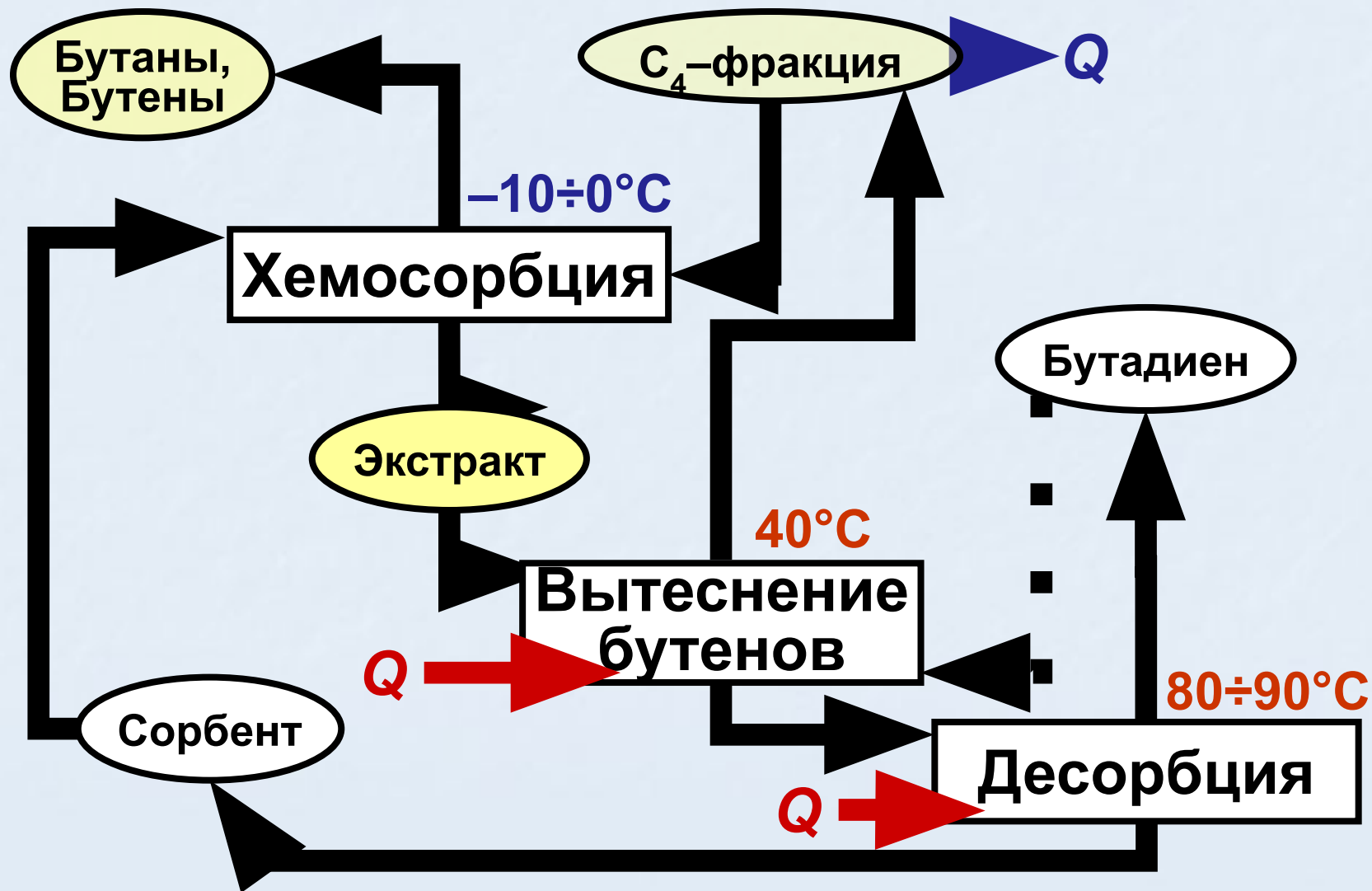
Относительная летучесть ($p_i/p_{см}$) компонентов C₄

Углеводород	Чистые	Над раствором (AcO) ₂ Cu ^(I) (NH ₃) ₄
Изобутан	1,165	
Изобутен	1,03	35
1-Бутен	1,03	10
1,3-Бутадиен *см*	1,00	1
n-Бутан	0,85	
<i>транс</i> -2-Бутен	0,83	54
<i>цис</i> -2-Бутен	0,764	25

Относительная летучесть (p_i/p_{cm}) компонентов C₄

Углеводород	Чистые	Над раствором (AcO) ₂ Cu ^(I) (NH ₃) ₄
Изобутан	1,165	∞
Изобутен	1,03	35
1-Бутен	1,03	10
1,3-Бутадиен *см*	1,00	1
<i>n</i> -Бутан	0,85	∞
<i>транс</i> -2-Бутен	0,83	54
<i>цис</i> -2-Бутен	0,764	25

Хемосорбция бутадиена



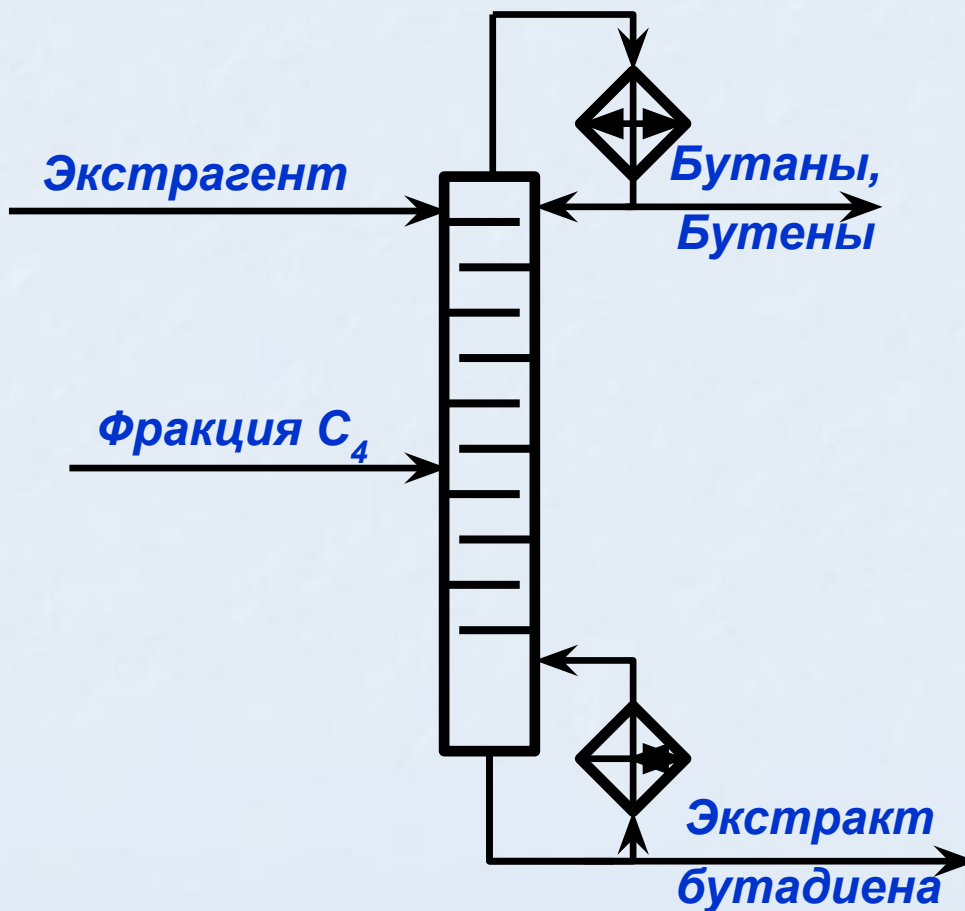
Относительная летучесть компонентов C₄

Углеводород	Без экстрагента	Ацетонитрил
Изобутан	1,165	3,38
Изобутен	1,03	1,75
1-Бутен	1,03	1,75
1,3-Бутадиен	1,00	1,00
н-Бутан	0,85	2,42
транс-2-Бутен	0,83	1,43
цис-2-Бутен	0,764	1,30

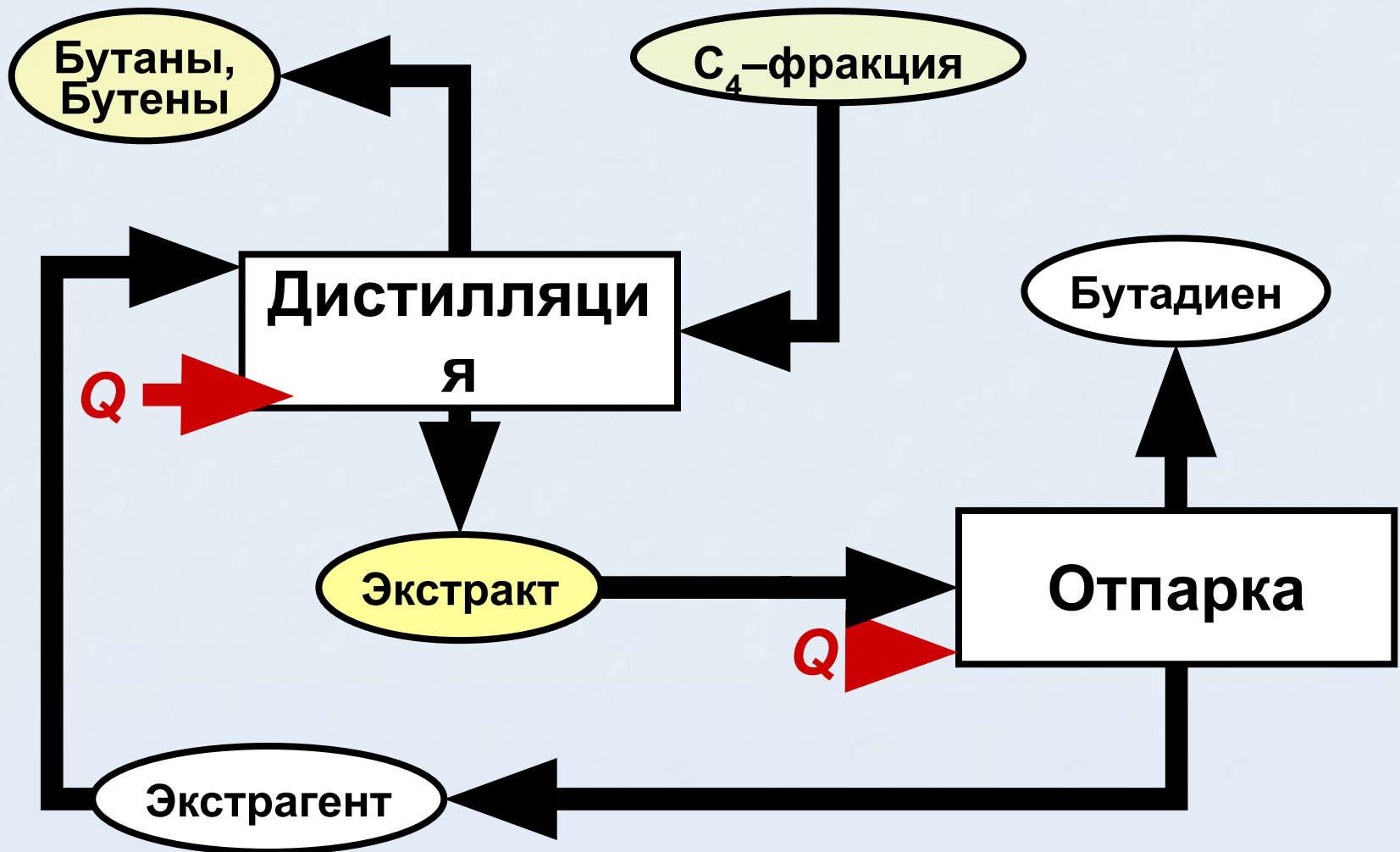
Относительная летучесть компонентов C₄

Углеводород	Без экстрагента	Ацетонитрил
Изобутан	1,165	3,38
n-Бутан	0,85	2,42
Изобутен	1,03	1,75
1-Бутен	1,03	1,75
1,3-Бутадиен	1,00	1,00
транс-2-Бутен	0,83	1,43
цис-2-Бутен	0,764	1,30

Экстрактивная дистилляция бутадиена



Экстрактивная дистилляция бутадиена



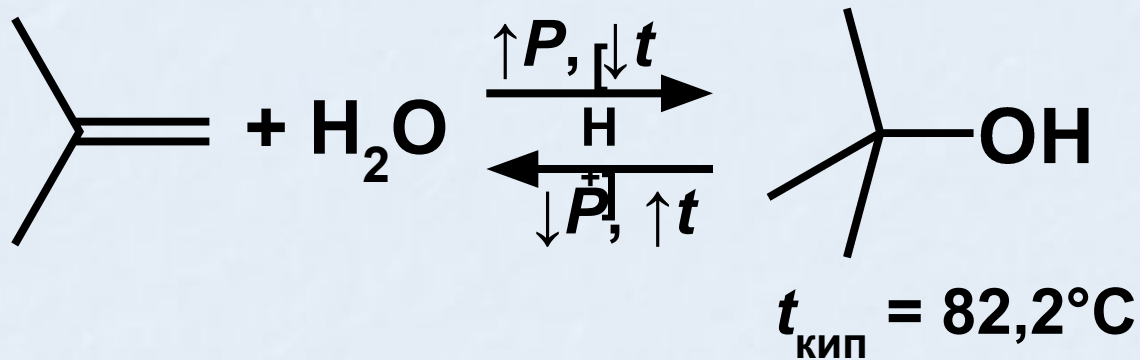
Экстрактивная дистилляция бутадиена

Экстрагенты бутадиена

- Фурфурол
- N-Метилпирролидон
- Ацетонитрил
- Метоксипропионитрил
- Диметилформаид
- Диметилацетаид

Хемосорбция изобутена

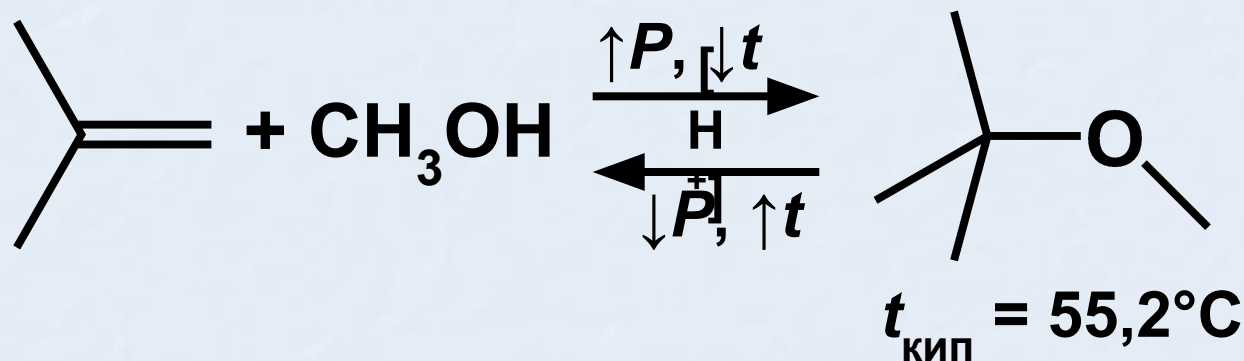
- Обратимая гидратация изобутена



$[\text{H}^+]$ = сульфокатиониты, купоросное масло

Хемосорбция изобутена

- Обратимый синтез МТБЭ



$[\text{H}^+]$ = сульфокатиониты, цеолиты

Обобщенная блок-схема разделения C_4 -фракций

