

# Лекція №9

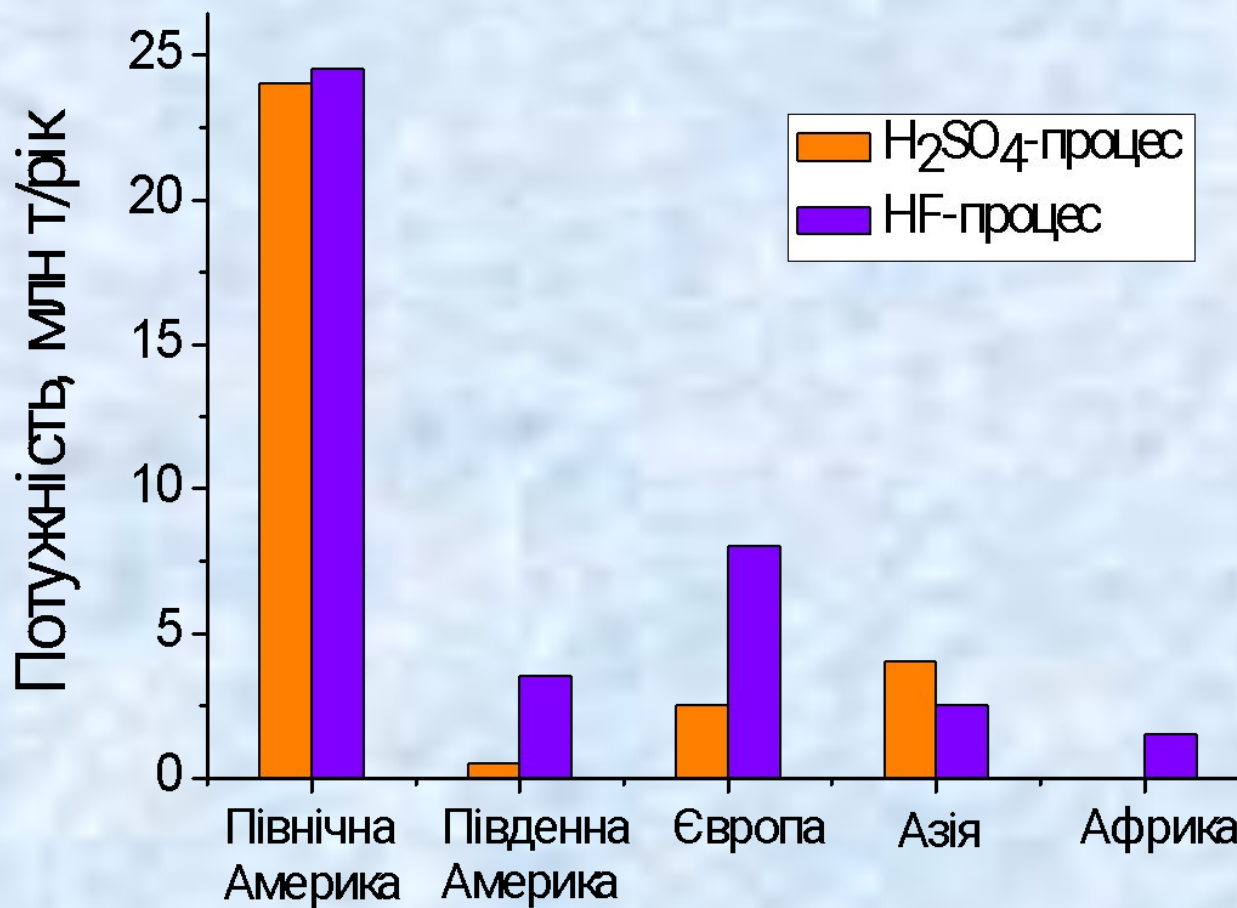
## Алкілування ізобутану бутенами



# Октанові числа триметилпентанів

| Триметилпентан | ОЧ (м/д)  |
|----------------|-----------|
| 2,2,3-ТМП      | 102/109,5 |
| 2,2,4-ТМП      | 100/100   |
| 2,3,4-ТМП      | 97/102,7  |
| 2,3,3-ТМП      | 99/106,7  |

# Географія процесів алкілування



## Ипатьев Владимир Николаевич

(9/12/1867, Москва — 29/12/1952 Чикаго) — рос.-амер. хімік, генерал-лейтенант, доктор хімічних наук, професор, академік Санкт-Петербурзької академії наук



1933 р. – відкрито алкілування гексану етепом ( $\text{AlCl}_3 + \text{HCl}$ );

1938 р. – промисловий процес ( $\text{AlCl}_3$  чи  $\text{BF}_3 + \text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ );

1942 р. – концентрована сірчана кислота;

1942 р. – перша установка алкілування ізобутану легкими олефінами в СРСР;

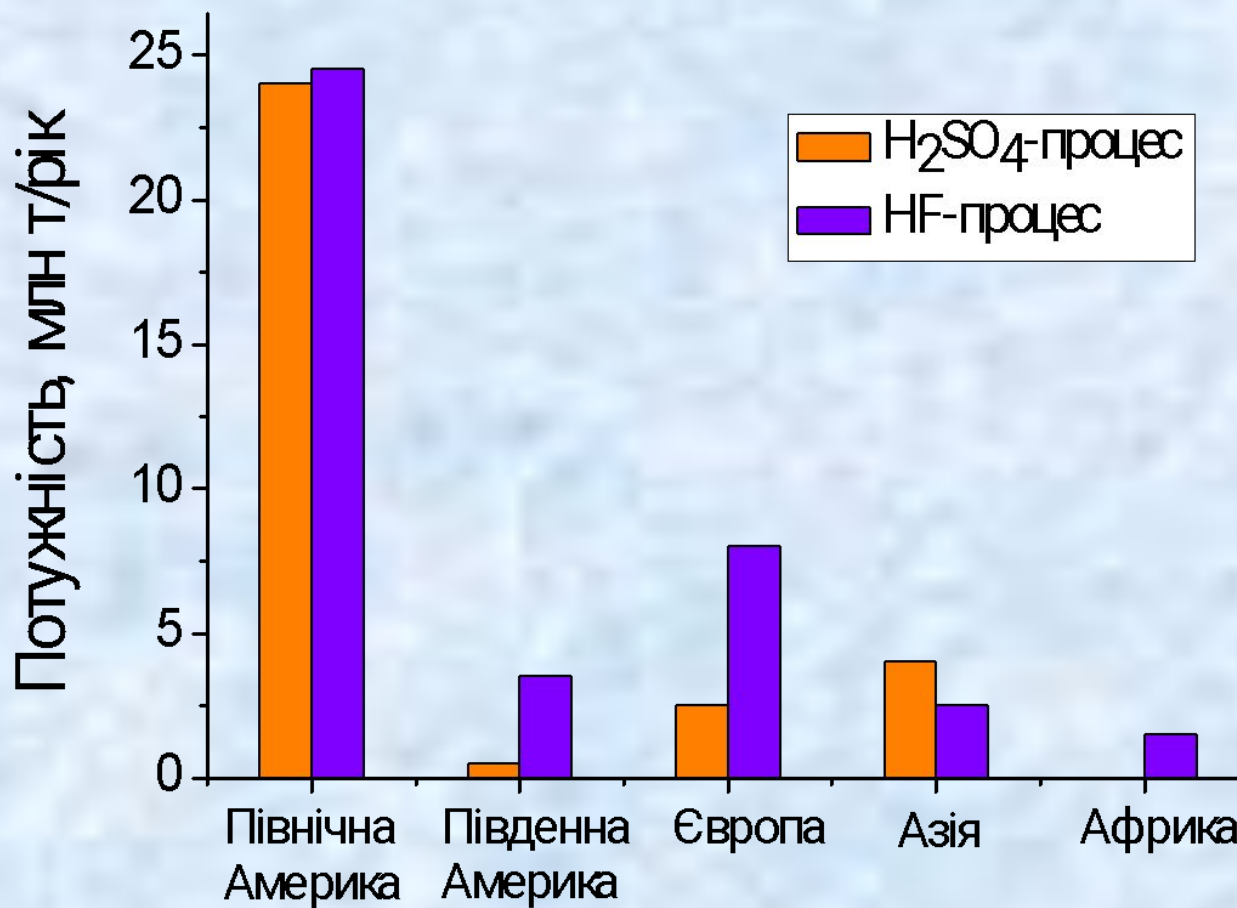
1940-1945 рр. –  $\text{HF}$  алкілування ізобутану бутенами, пропеном та пентенами.

### Витрати каталізатора:

$\text{H}_2\text{SO}_4$  – 100-200 кг/т алкілату;

$\text{HF}$  – 0,7 кг/т алкілату.

# Географія процесів алкілування



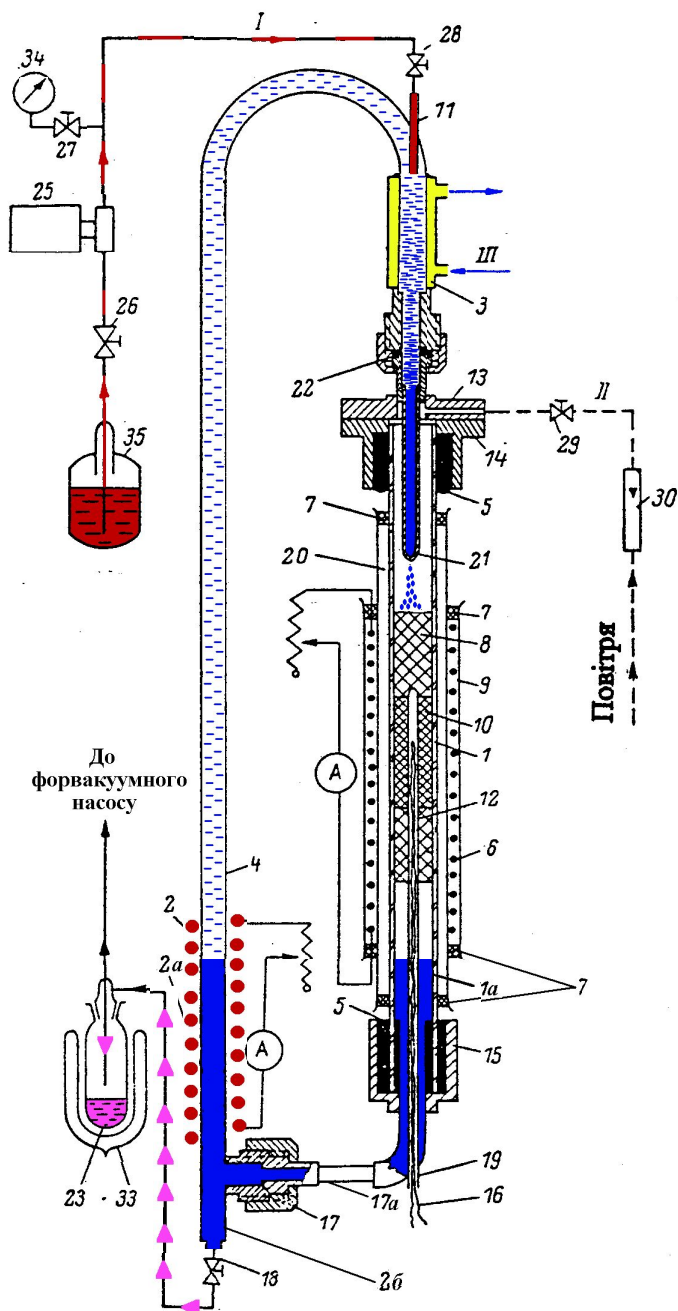
# Недоліки процесів алкілування

- Високий розхід сірчаної кислоти,
- Висока корозійна активність та токсичність обох кислот,
- Необхідність утилізації відпрацьованих кислот,
- Необхідність виділення та нейтралізації алкілату,
- Висока екологічна небезпека як для здоров'я людини, так і для природи.

# Параметри процесу алкілування

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : 5-10 °C, 0,1-0,3 МПа;
- HF: 20-40 °C, 0,1-0,3 МПа;

# Схема проточно-циркуляційної установки алкілування



Лінії: I – сировини; II – регенераційного газу; III – термостатуючої води.

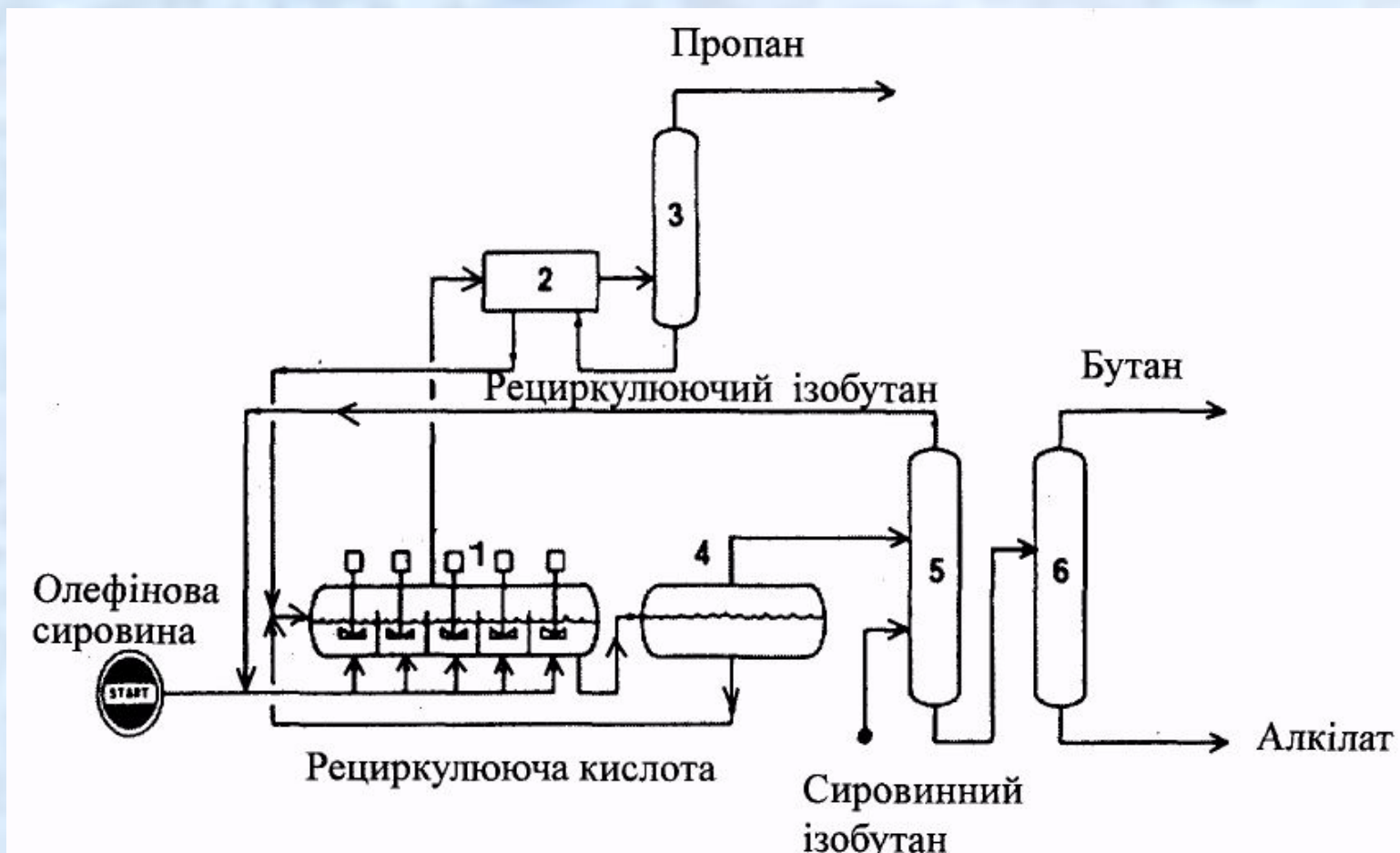
1 – реактор з міткою 1а; 2, 6 – спіраль ніхромова; 2а – кип’ятильник; 2б – куб; 3 – холодильник-конденсатор; 4 – байпас; 5 – ущільнення вісмутове; 7 – ущільнення резинове; 8, 12 – насадка кварцова; 9 – кожух зовнішній; 10 – каталізатор; 11 – вхід сировини; 13, 14 – фланець; 15 – стакан; 16 – термопара; 17 – роз’єм; 17а – переточна трубка; 18, 26-29 – вентиль; 19 – карман термопари; 20 – кожух внутрішній; 21 – лічильник крапель стікаючої суміші; 22 – прокладка; 23 – ловушка; 25 – насос; 30 – ротаметр; 31, 32 – кран; 33 – дьюар; 34 – манометр; 35 – ємність для сировини.



# Алкілування ізобутану бутенами

| Процес                         | Призначення   | Основні реакції  | Каталізатори   |                      |                | Технологія процесу  |                                       |           | Примітка  |
|--------------------------------|---|--|--|----------------------|----------------|---|---------------------------------------|-----------|---|
|                                |   |  | Хім. склад, форма використання                               | Світове споживання   | Вартість, \$/т | Тип   | Температура, С                        | Тиск, МПа |   |
| Алкілування ізобутану Бутенами | Поглиблюючий процес нафтопереробки; одержання високооктанового компоненту бензину із бутан-бутенової фракції крекінг-газів. | Конденсація ізобутану з бутенами до 2,2,3-, 2,2,4-, 2,3,3- та 2,3,4-триметилпентанів з октановим числом $\approx 100$ пунктів. | Кислотні: $H_2SO_4$ (98%), HF (100%) обидві у рідкому стані. | $\sim 1,5$ млн. тонн | 300            | Контактування кислот та сумішей $i-C_4+C_4^=$ у рідкій фазі | $H_2SO_4$ : 5-10 °С;<br>HF: 20-40 °С. | 0,1-0,3   | $H_2SO_4$ : відходи у вигляді кислого гудрону до 300 кг на 1 т алкілату;<br>Обидва процеси - екологічно ущербні.<br>Докладаються зусилля до переводу на тверді (цеолітні) каталізатори. |

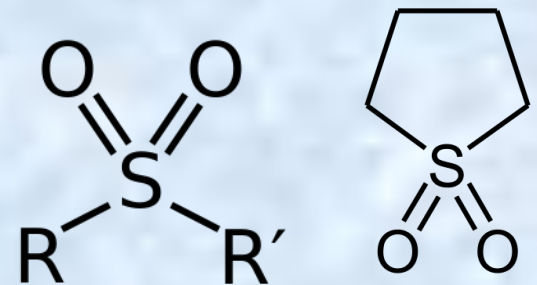
# Схема установки алкілування ізобутану олефінами



1 - реактор горизонтальний; 2 - холодильний агрегат;  
3 - депропанізатор; 4 - сепаратор; 5 - деізобутанізатор; 6 - дебутанізатор.

# Вдосконалення існуючих технологій

- Використання добавок до рідких кислот:
- Технологія ALKAD (фірми Техасо та UOP, США). Добавка – продукт взаємодії HF з амінами;
- Технологія ReVAP (фірми Phillips та Mobil, США). Добавка – HF із сульфонами;
- Двостадійна технологія.



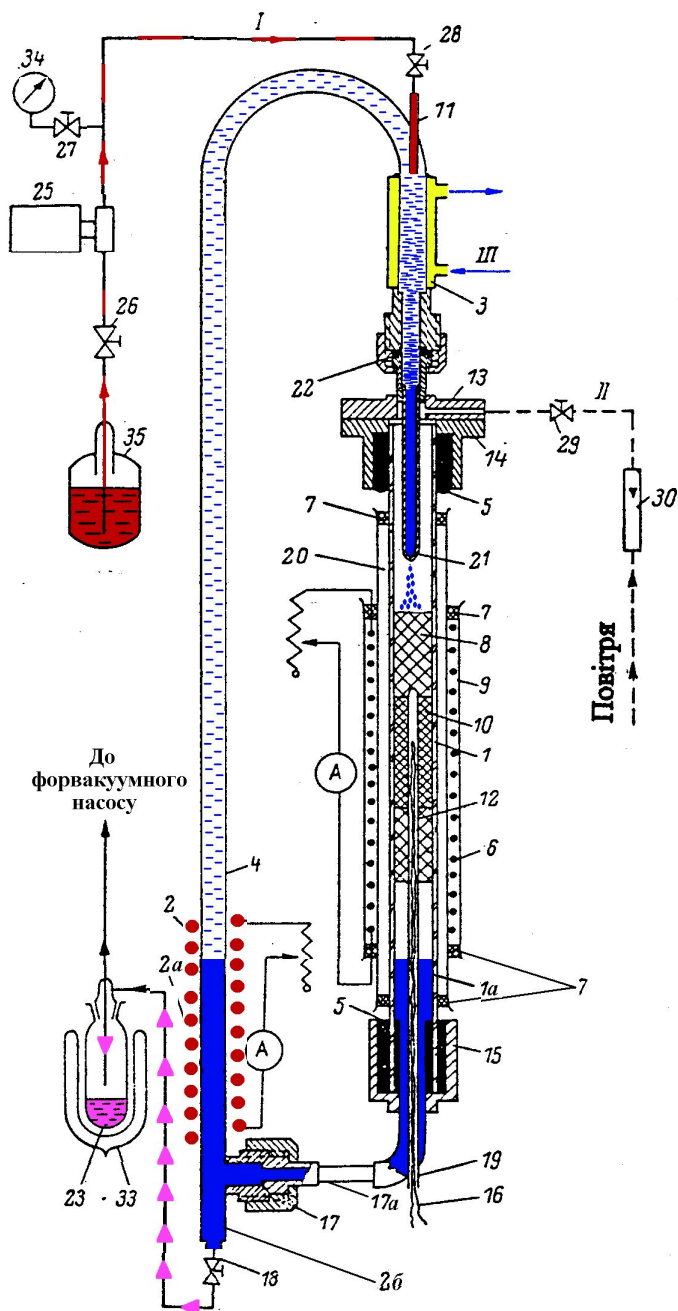
# Досягнення у гетерогенно-каталітичному алкілуванні

- Найперспективніші – кислотні цеоліти та тверді суперкислоти.
- *Основні напрямки досліджень:*
- Синтез твердих каталізаторів;
- Оптимізація умов алкілування;
- Розкриття механізму реакції алкілування.

# Пошук оптимальних умов

- *Реакторне оформлення:*
- Проточні реактори;
- Автоклавний метод випробування;
- Проточно-циркуляційний метод алкілування;

# Схема проточно-циркуляційної установки алкілування



Лінії: I – сировини; II – регенераційного газу; III – термостатуючої води.

1 – реактор з міткою 1а; 2, 6 – спіраль ніхромова; 2а – кип’ятильник; 2б – куб; 3 – холодильник-конденсатор; 4 – байпас; 5 – ущільнення вісмутове; 7 – ущільнення резинове; 8, 12 – насадка кварцова; 9 – кожух зовнішній; 10 – каталізатор; 11 – вхід сировини; 13, 14 – фланець; 15 – стакан; 16 – термопара; 17 – роз’єм; 17а – переточна трубка; 18, 26-29 – вентиль; 19 – карман термопари; 20 – кожух внутрішній; 21 – лічильник крапель стікаючої суміші; 22 – прокладка; 23 – ловушка; 25 – насос; 30 – ротаметр; 31, 32 – кран; 33 – дьюар; 34 – манометр; 35 – ємність для сировини.

# Температура гетерогенного алкілування

- Оптимальна температура 80 °С;
- Суперкритичні умови випробування (Ткр=134 °С, Р=35 атм).

# Пошук нових твердих каталізаторів

- Кислотні цеоліти типу фожазиту;
- Суперкислоти;
- *Пілотні випробування:*
- $\text{SbF}_5$ ;
- $\text{BF}_3$ ;
- $\text{AlCl}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  + Pt-каталізатор гідрування