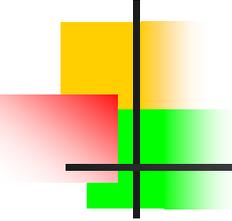


---

# Инженерная энзимология (Биотехнология)



# Этапы (виды) биотехнологии

---

**BIO**

**LOGIA**



τεχνη

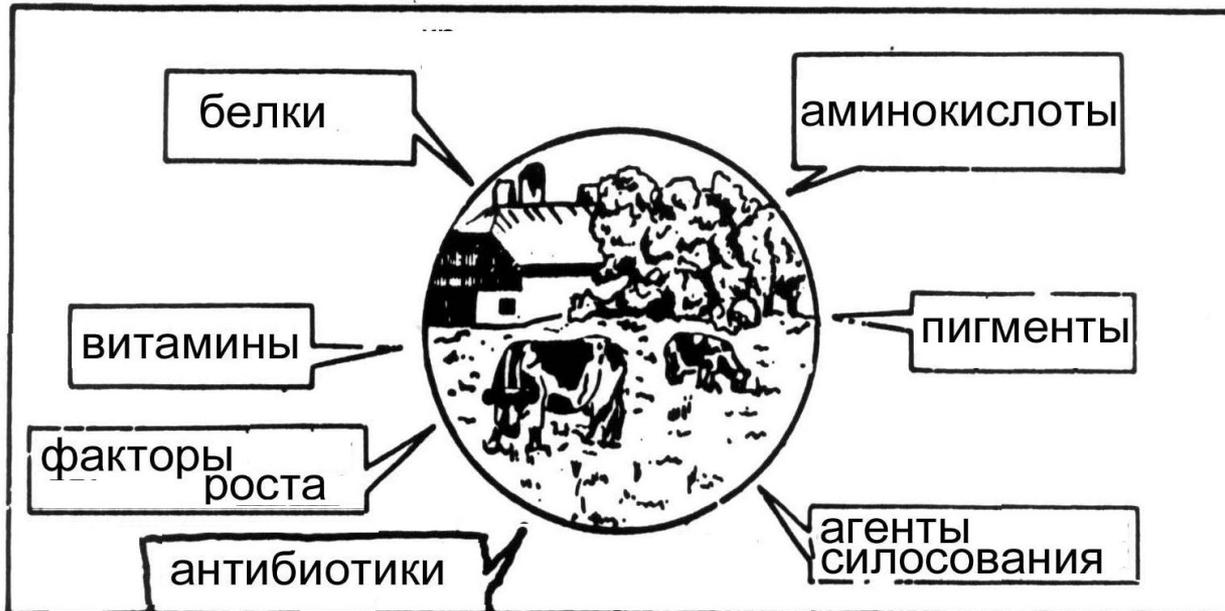
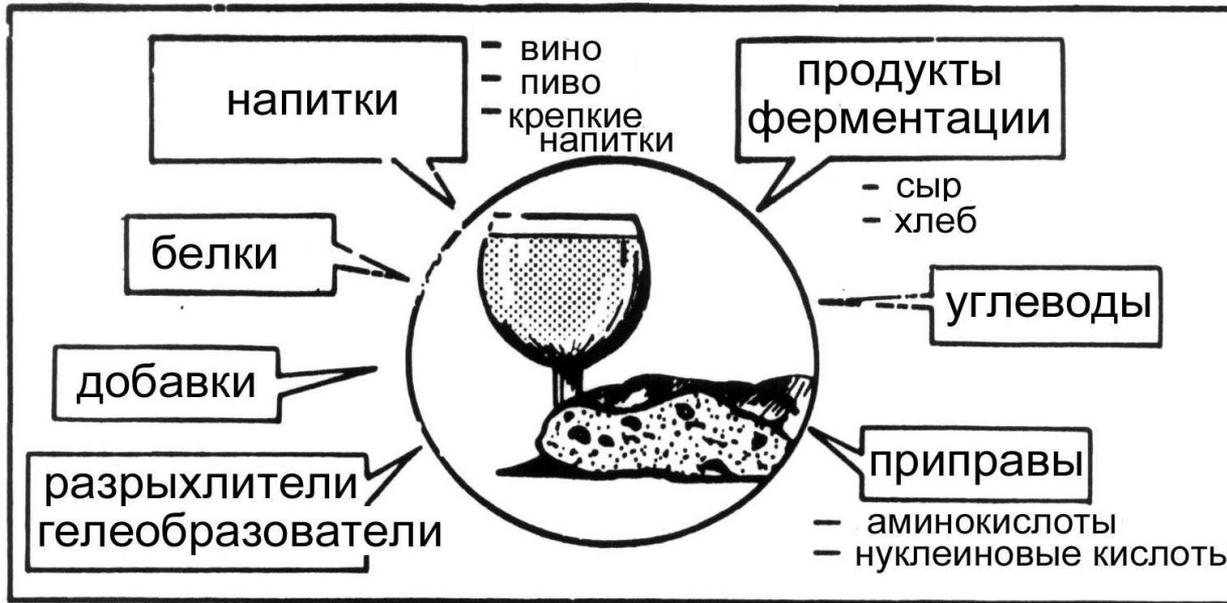
χυμος

ΛΟΓΟΣ

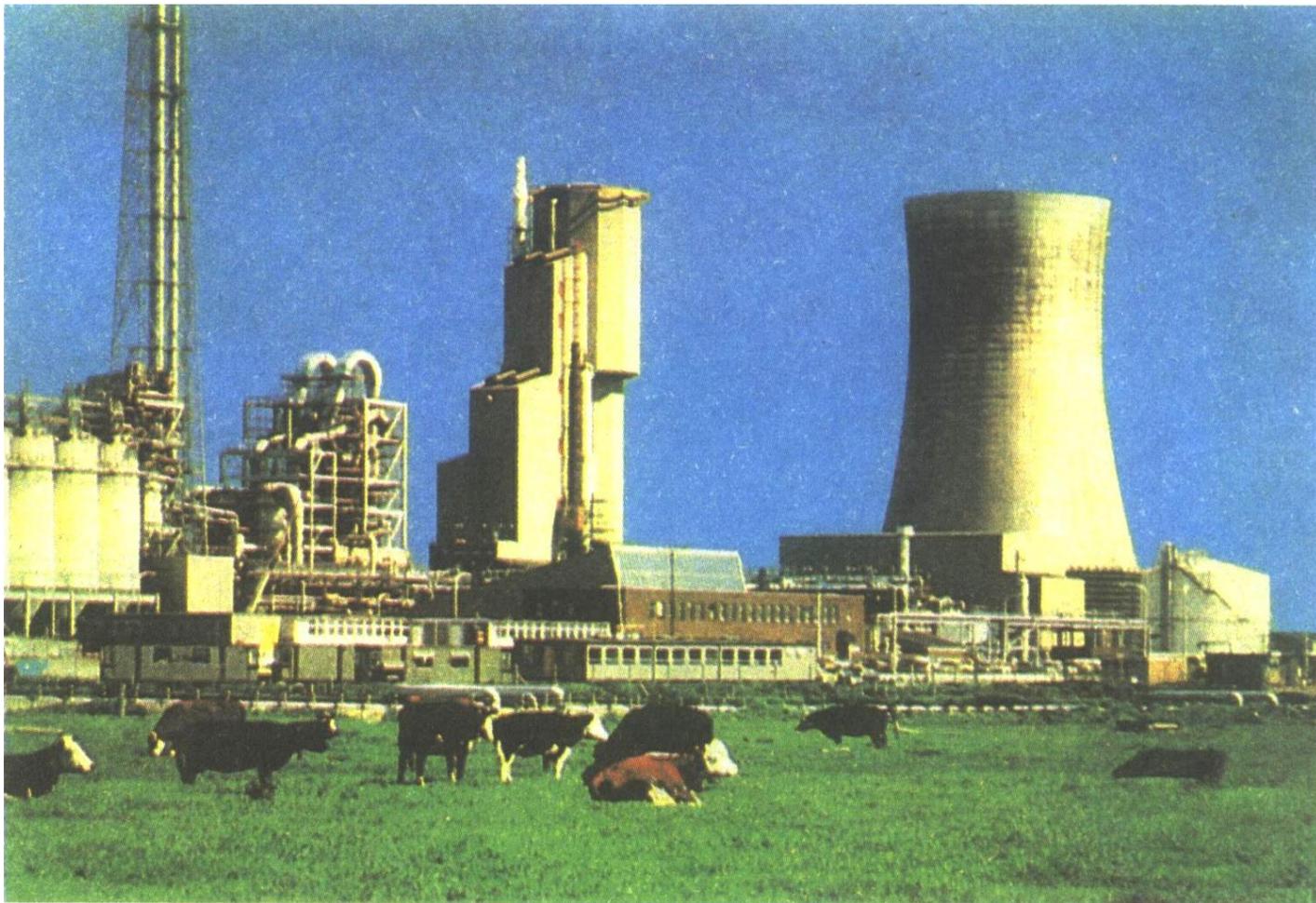
## ПОТРЕБНОСТИ:

1. ПЕЩЕРНО-НЕЗАПАМЯТНАЯ (*ЕСТЕСТВЕННАЯ*)
2. ТРАДИЦИОННАЯ (*ИСКУССТВЕННАЯ*)
3. СОВРЕМЕННАЯ (*“НАУЧНАЯ”*)

**ПИЩА**  
**ОДЕЖДА**  
**КРОВ (МАТЕРИАЛЫ)**  
**ОРУДИЯ (ИНСТРУМЕНТЫ)**  
**ЛЕКАРСТВА**  
**ЭНЕРГИЯ**

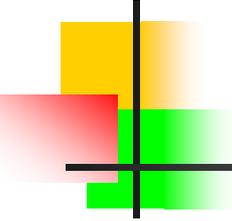


# Этапы (виды) биотехнологии



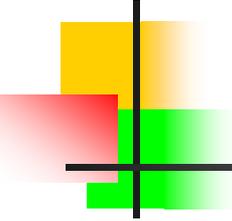
## РЫНОК ФЕРМЕНТОВ В США (1990-1995г.г.), в млн. \$ USA.

Сферы применения	1990г.	1991г.	1995г.	Среднегодовой прирост, %
1. Медицина	186,6	233,2	568,2	25,0
2. Химия	15,2	17,3	28,8	13,7
3. Экология	33,0	37,2	60,0	12,7
4. Моющие средства	75,0	82,5	120,0	10,0
5. Биотехнология, исследования	80,0	86,9	119,8	8,6
6. Пищевая промышленность, текстиль, кожа, бумага	190,0	194,8	215,4	2,5
7. Диагностика	21,4	22,1	25,0	0,9
<b>ИТОГО:</b>	<b>601,2</b>	<b>674,0</b>	<b>1137,2</b>	<b>13,5</b>



---

# Иммобилизованные ферменты



# Иммобилизация

---

- ФИЗИЧЕСКАЯ
- ХИМИЧЕСКАЯ
- (ФИЗИКОХИМИЧЕСКАЯ)

# Носители, используемые для иммобилизации ферментов

## ■ **НЕОРГАНИЧЕСКИЕ**

- **МЕТАЛЛЫ** (Au)
- **ОКСИДЫ МЕТАЛЛОВ** (TiO<sub>2</sub>)
- **НЕМЕТАЛЛЫ** (C)
- **ОКСИДЫ НЕМЕТАЛЛОВ** (SiO<sub>2</sub>)
- **ГИДРОКСИДЫ, СОЛИ, СИЛИКАТЫ, АЛЮМОСИЛИКАТЫ, ЦЕОЛИТЫ, ... ГЛИНЫ** (ГИДРОКСИАППАТИТ, БЕНТОНИТ)
- **СТЕКЛА, КЕРАМИКА**

## ■ **ОРГАНИЧЕСКИЕ**

- **СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ**
- **ПРИРОДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ** (БЕЛКИ, УГЛЕВОДЫ)
- **МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АГРЕГАТЫ**  
(СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПАВ, ЛИПИДЫ, ФОСФОЛИПИДЫ)

# Принципы физической иммобилизации

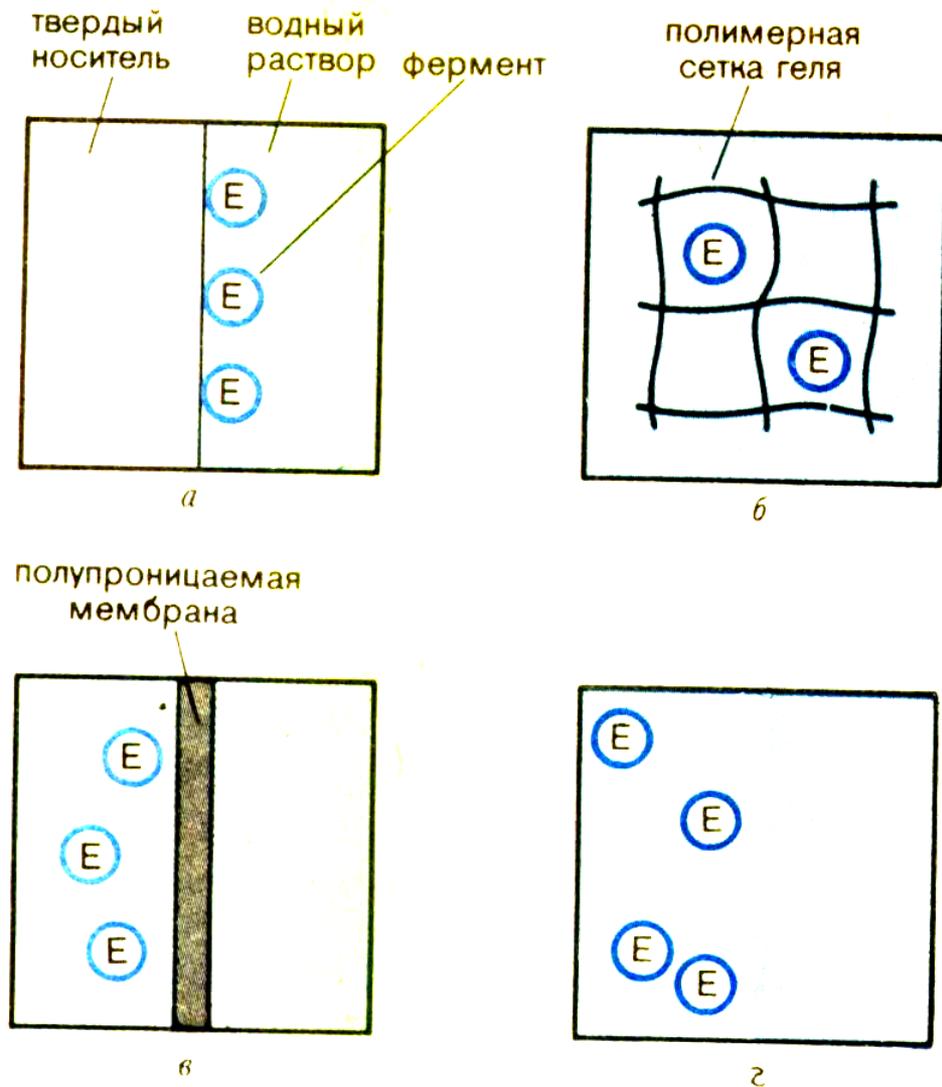
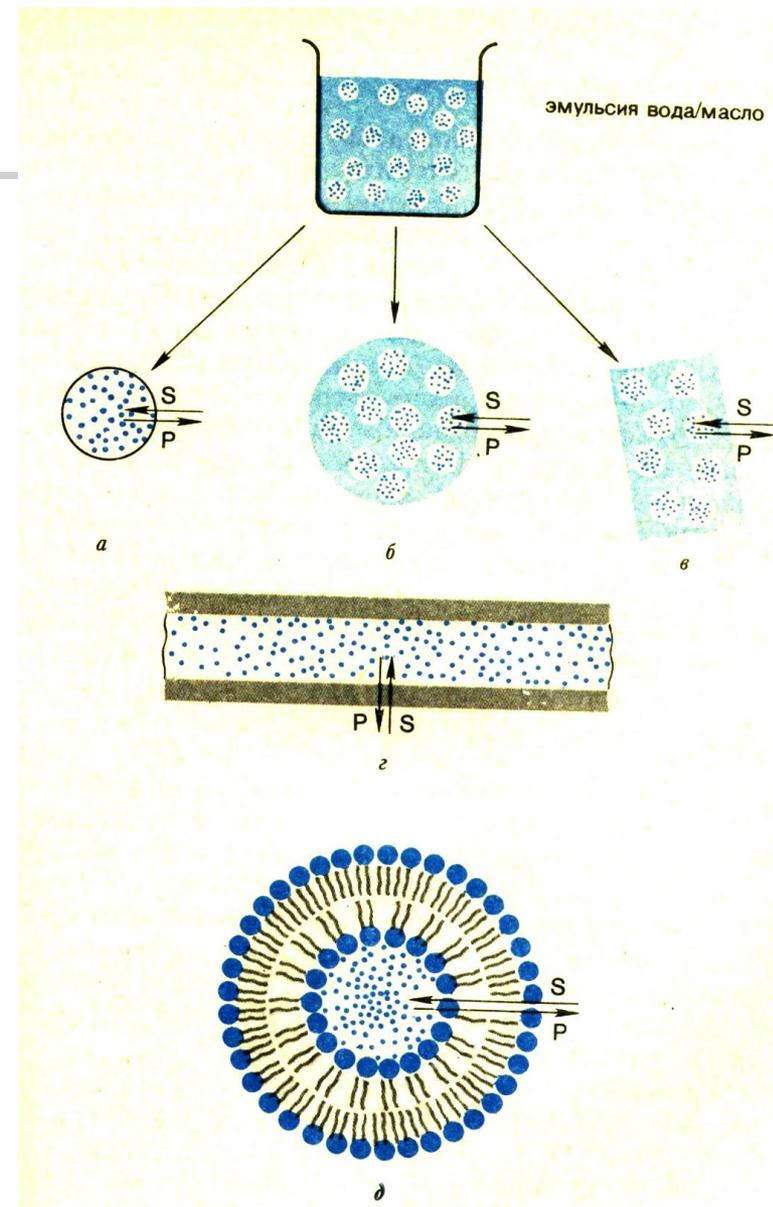
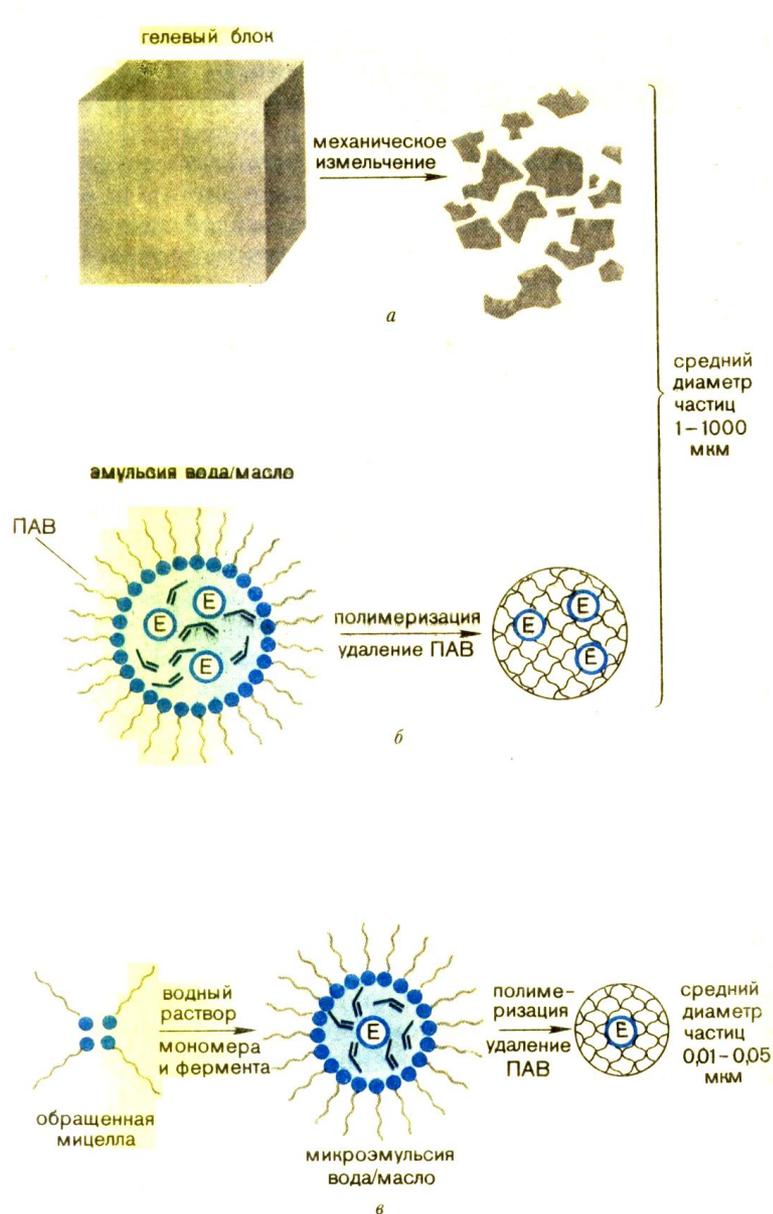


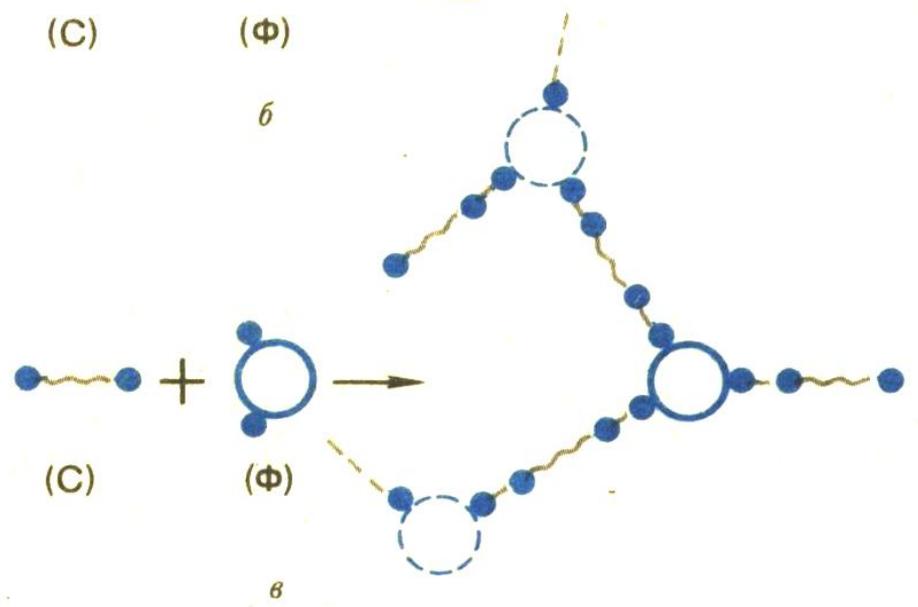
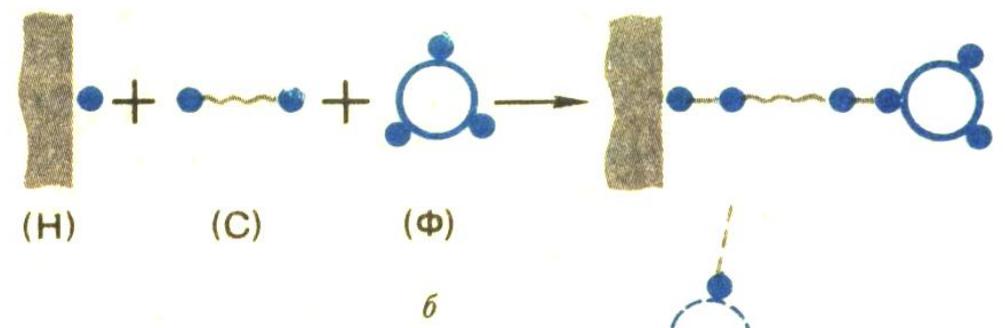
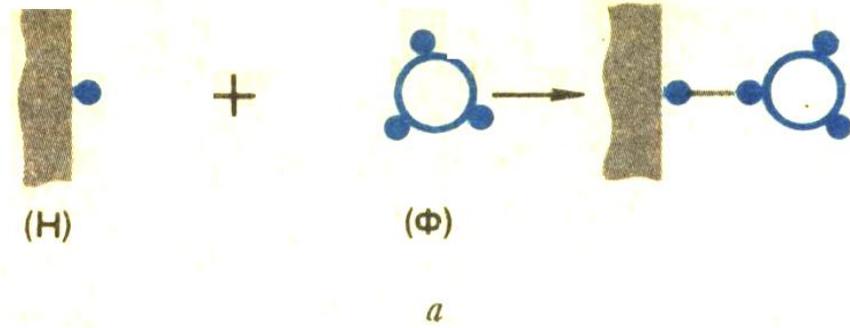
Рис. 2. Способы физической иммобилизации ферментов:

*а* — адсорбция на нерастворимых носителях; *б* — включение в поры геля; *в* — отделение фермента с помощью полупроницаемой мембраны; *г* — использование двухфазной реакционной среды

# Гранулирование и капсулирование



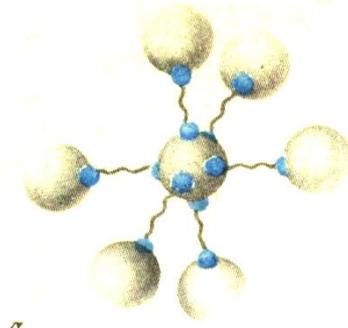
# Принципы химической иммобилизации



# Типы ферментных сеток

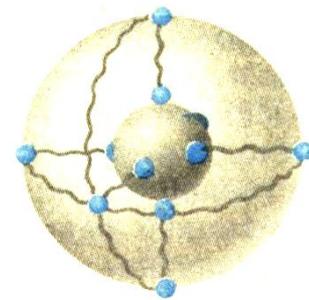


сополимеризация в  
однородном растворе



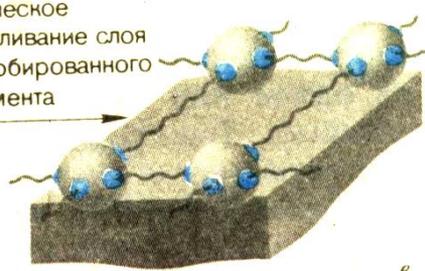
а

сополимеризация в  
микроэмульсионной  
системе

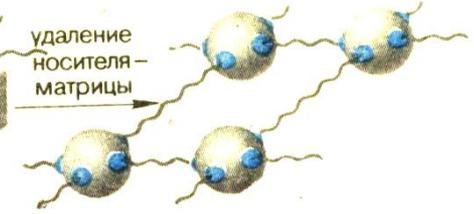


б

химическое  
задубливание слоя  
адсорбированного  
фермента



удаление  
носителя-  
матрицы

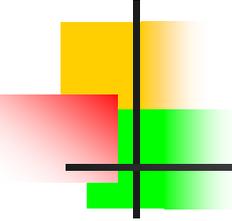


в

введение в  
молекулу фермента  
„химических скобок“



г

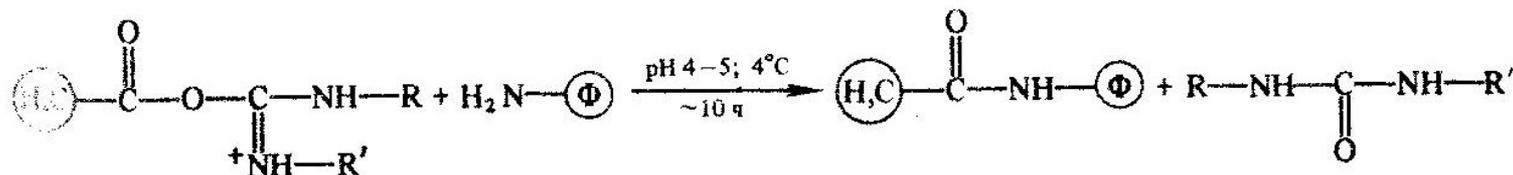
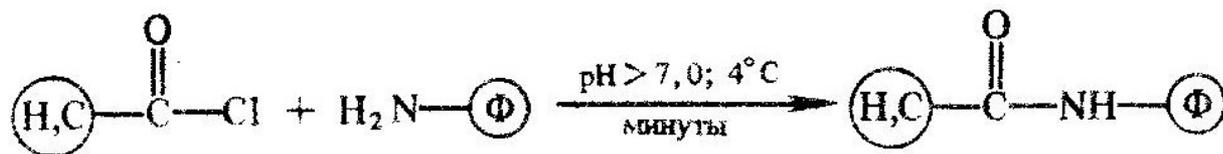
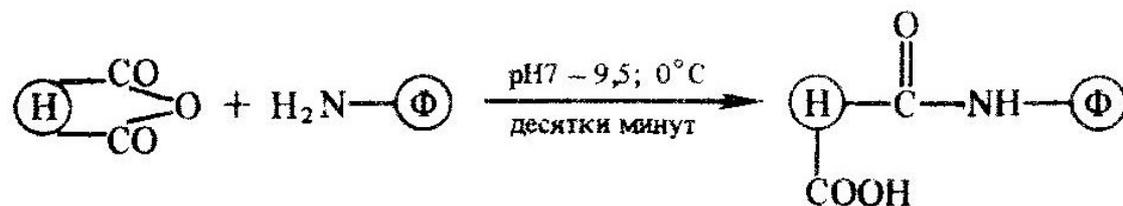


# Методы химической (ковалентной) модификации ферментов

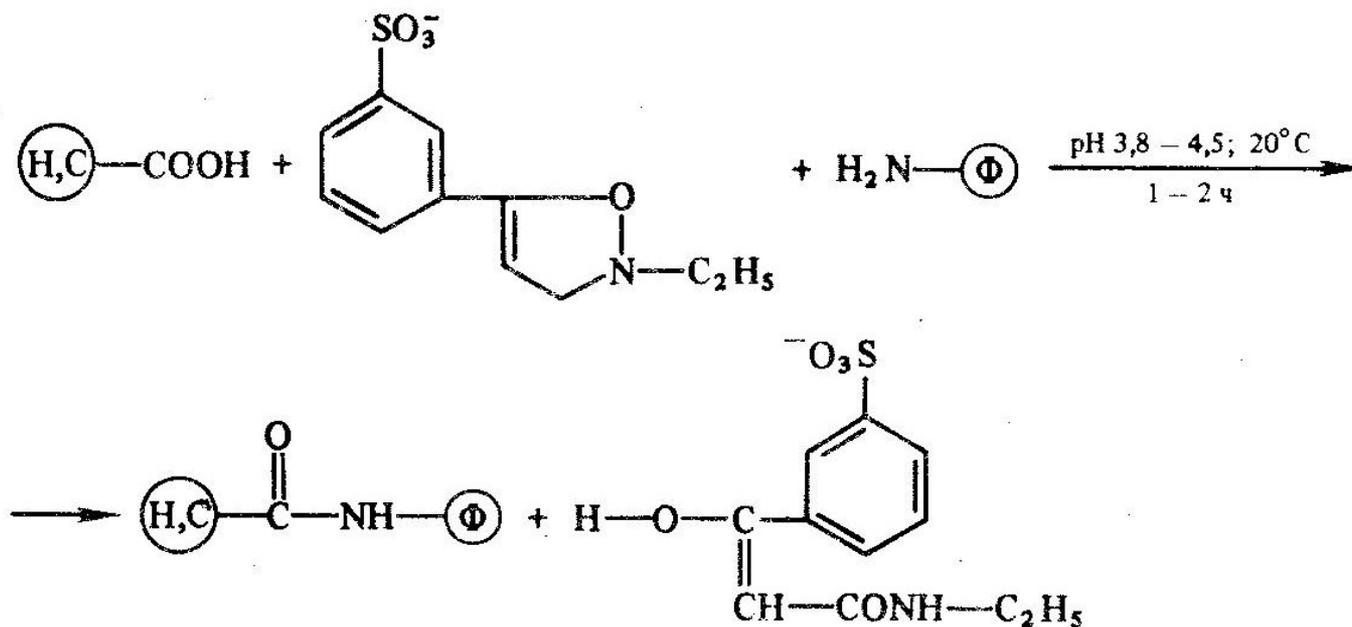
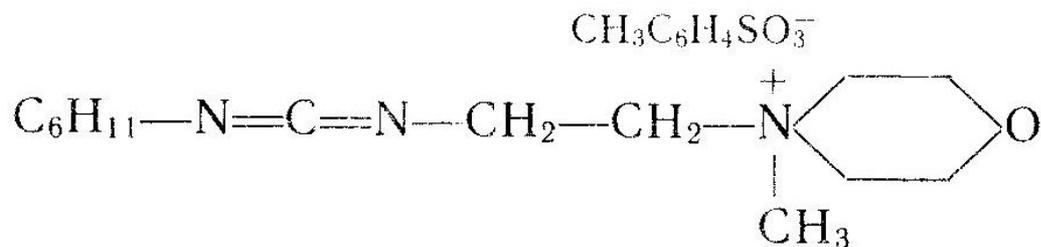
---

- реакции образования амидной связи
- реакции образования карбамидной связи
- реакции образования оснований Шиффа и вторичных аминов
- реакции азосочетания
- реакции тиол-дисульфидного обмена

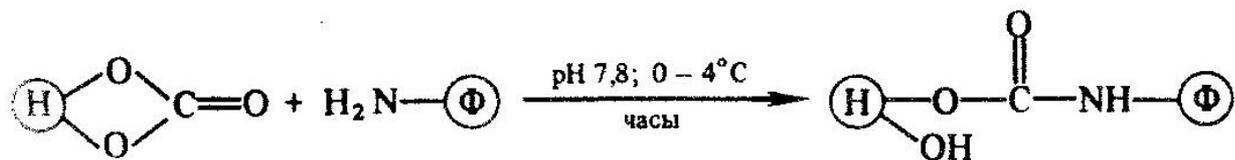
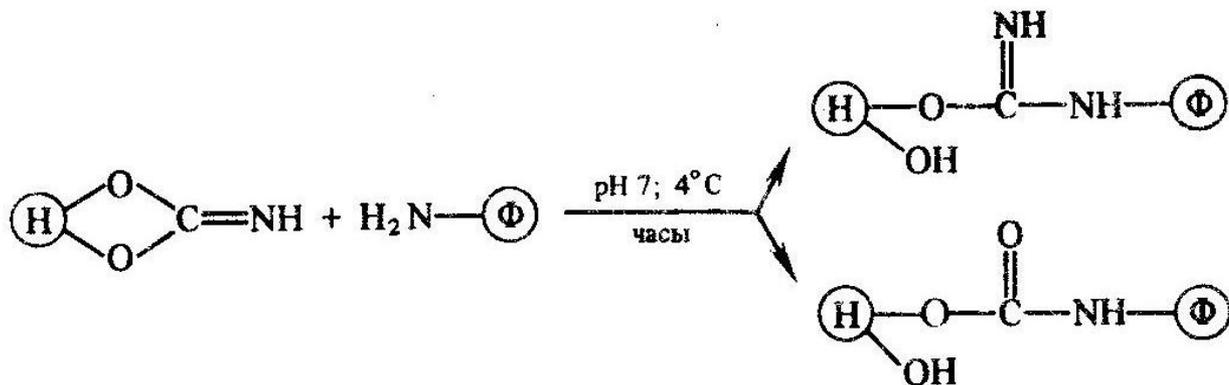
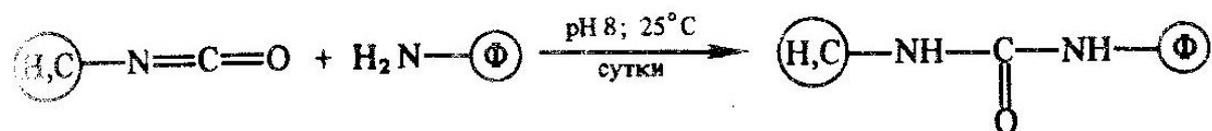
# Методы химической (ковалентной) модификации ферментов



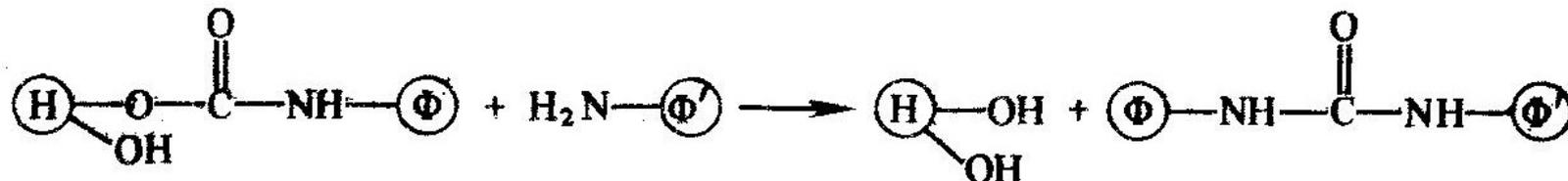
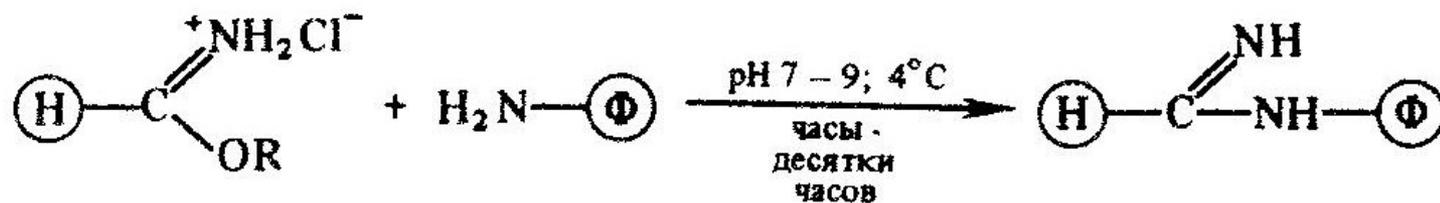
# Методы химической (ковалентной) модификации ферментов



# Методы химической (ковалентной) модификации ферментов

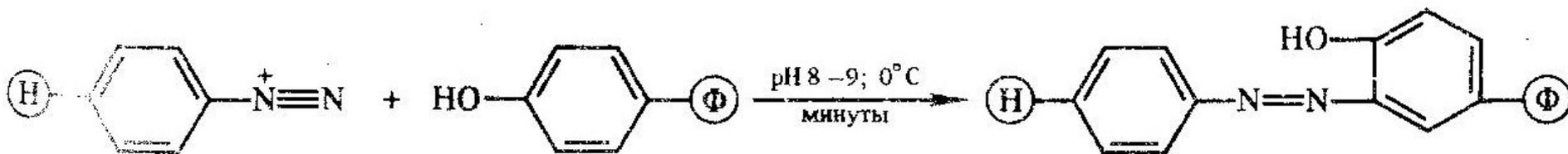
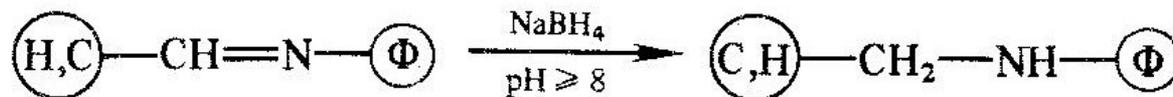
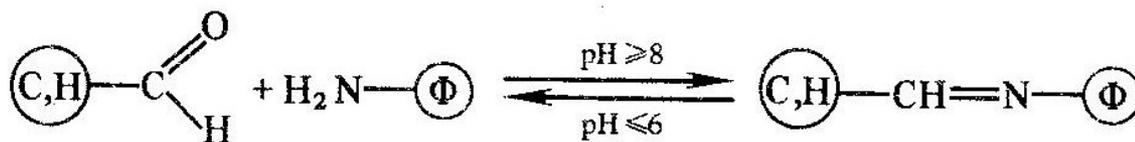
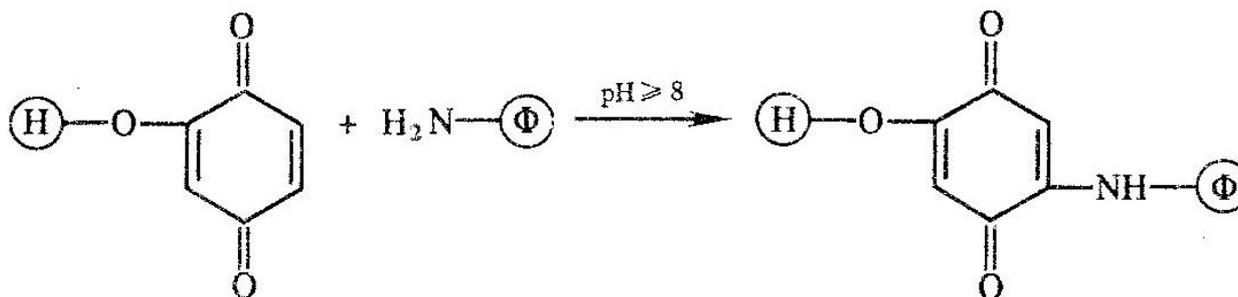


# Методы химической (ковалентной) модификации ферментов

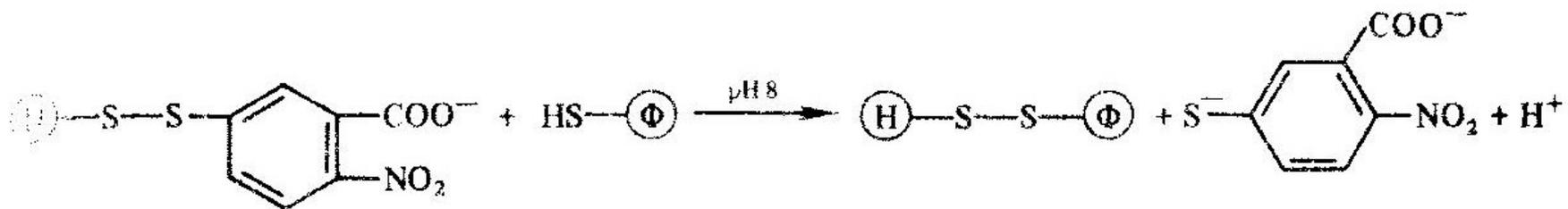
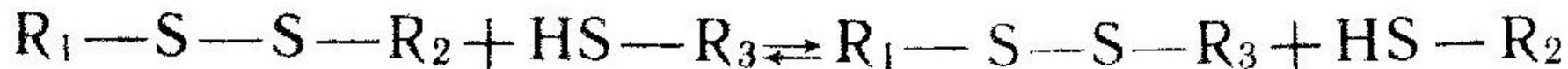
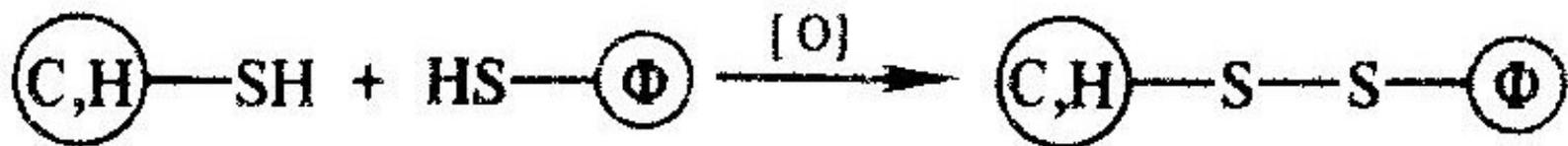


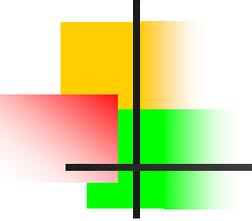


# Методы химической (ковалентной) модификации ферментов



# Методы химической (ковалентной) модификации ферментов





# Преимущества иммобилизованных ферментов

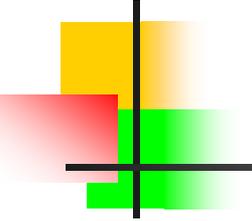
---

- **ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ**
- **ПРОСТОТА МАНИПУЛЯЦИЙ**
- **ПОВЫШЕННАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ** (ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ)

## Недостатки иммобилизованных ферментов

- **ПОНИЖЕННАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ**
- **ИЗМЕНЕННАЯ СУБСТРАТНАЯ СПЕЦИФИЧЕОСТЬ**
- **ДИФФУЗИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ**

# Инженерная энзимология

- 
- **Тонкий органический синтез (фармацевтическое производство)**
  - **Ферменты в пищевой промышленности**
    - пищевые добавки
    - производство продуктов питания
    - кормовые добавки
  - **Ферменты в медицине**
    - Лекарственные препараты на основе ферментов
    - диагностические наборы и устройства
  - **Аналитические системы и устройства. Биосенсоры.**
  - **Ферменты в бытовой химии, в стиральных и моющих средствах.**
  - **Ферменты в конверсии вещества и энергии**
  - **Мониторинг окружающей среды и биоремедиация.**

# Ферментативный катализ в ХИМИИ

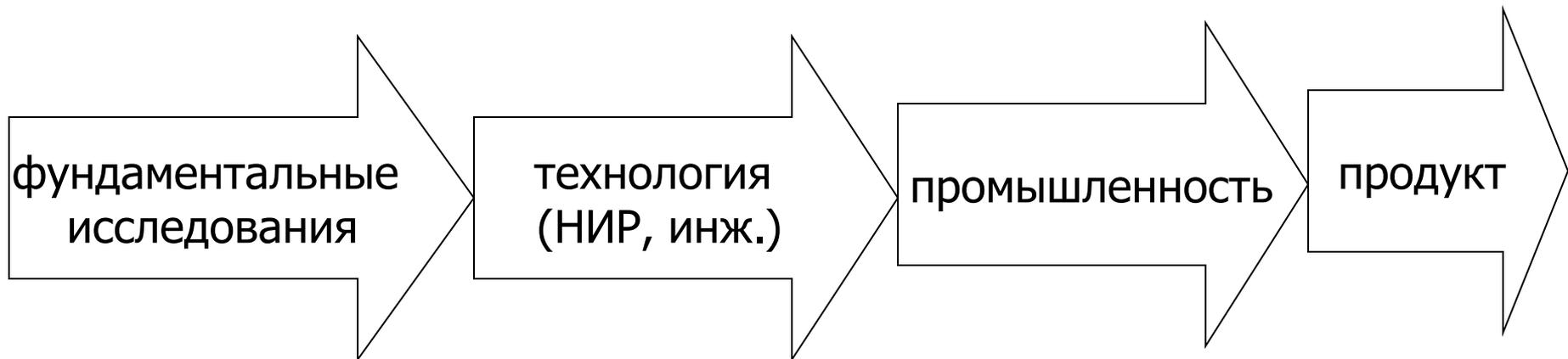
СЫРЬЕ → ПРОДУКТЫ + ОТХОДЫ  
(невозобн., возобн.)

```
graph LR; A[СЫРЬЕ (невозобн., возобн.)] --> B[ПРОДУКТЫ + ОТХОДЫ]; B --> A;
```

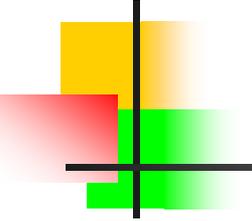
Нетрадиционное  
сырье

# Ферментативный катализ в ХИМИИ

- стратегия производства



# Ферментативный катализ в ХИМИИ

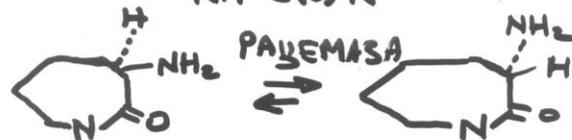
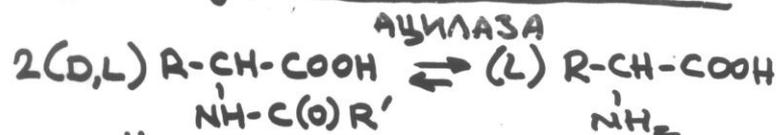


---

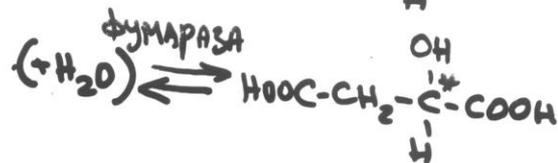
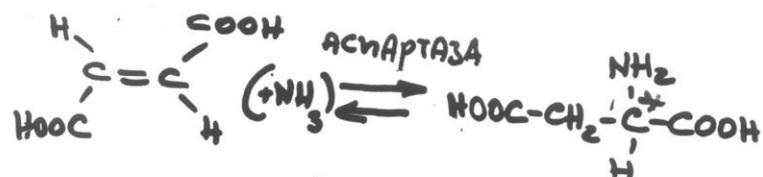
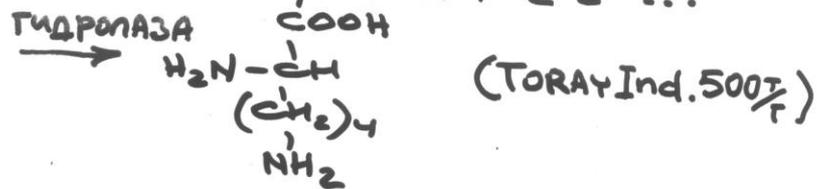
- **ГИДРОЛИЗ БИОПОЛИМЕРОВ**  
(ПОЛИСАХАРИДЫ, БЕЛКИ)
- **ГИДРОЛИЗ И ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИЯ**  
**ЖИРОВ**
- **ОКИСЛЕНИЕ, БИОДЕГРАДАЦИЯ**  
**УГЛЕВОДОРОДОВ (СИНТЕЗ?)**
- **СИНТЕЗ ОПТИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ**  
**СОЕДИНЕНИЙ**  
(СТЕРЕОСПЕЦИФИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ,  
ВВЕДЕНИЕ МЕТКИ)

# Получение аминокислот

## Получение аминокислот

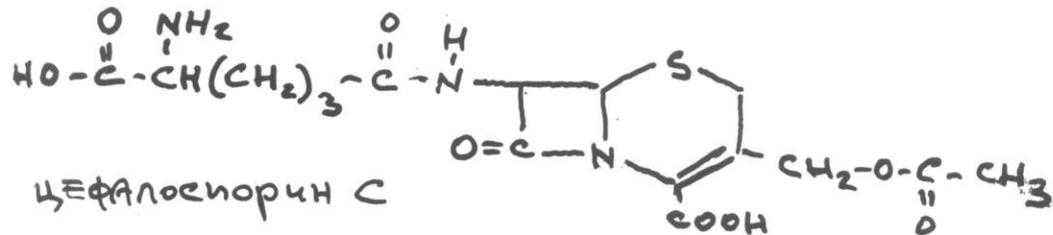
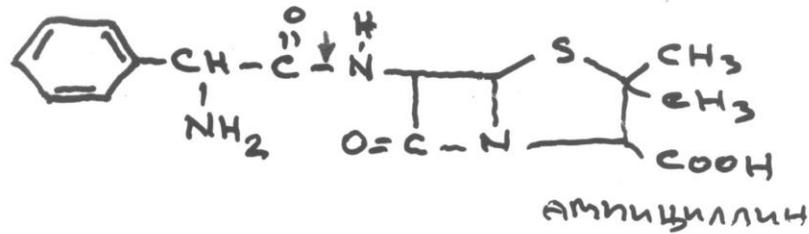
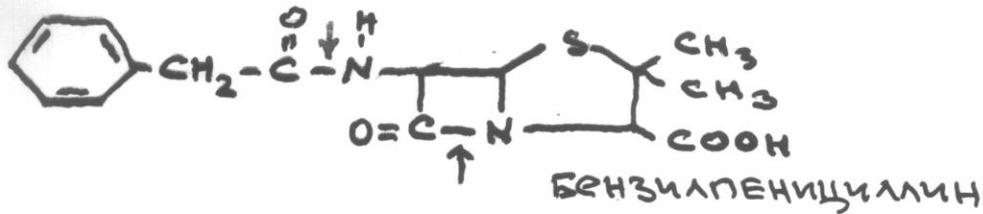


D(2)-АМИНОКАПРОЛАКТАМ L-2-...



Chibata

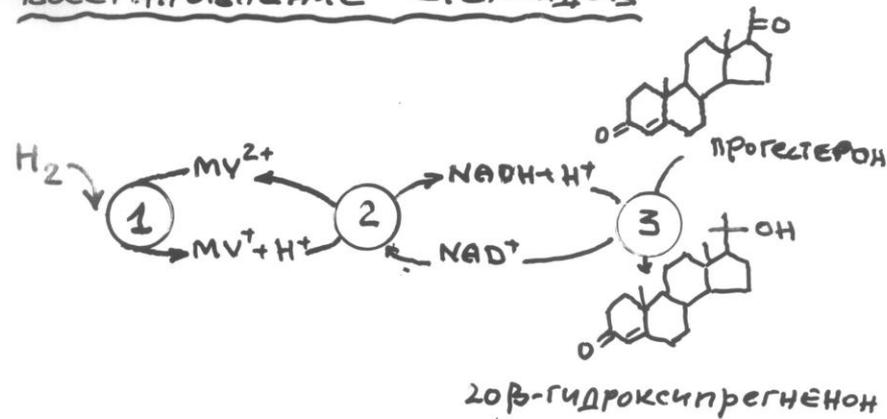
# Трансформация антибиотиков



ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКИЕ  
АНТИБИОТИКИ

# Стереоспецифическая трансформация стероидов

## СТЕРЕОСПЕЦИФИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТЕРОИДОВ



- 1** ГИДРОГЕНАЗА
- 2** ЛИПОАМИД ДЕГИДРОГЕНАЗА
- 3** 20β-ГИДРОКСИСТЕРОИД ДЕГИДРОГЕНАЗА