

**Химические основы биологических процессов**

**КЛАССИФИКАЦИЯ**  

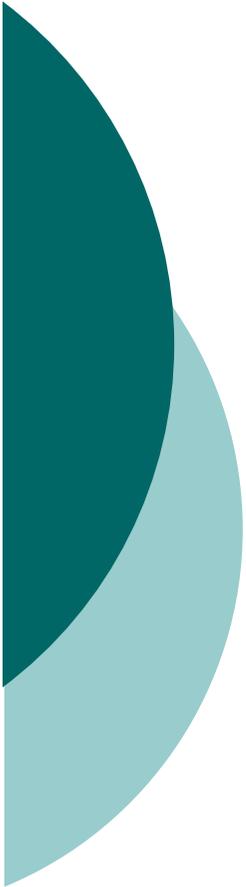
---

**(НОМЕНКЛАТУРА)**  
**ФЕРМЕНТОВ**

**Тишков Владимир Иванович**

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Баку, Москва – 2025



# Классификация (номенклатура) ферментов

Класс 1. Оксидоредуктазы EC 1 (КФ 1)

**Окислительно-восстановительные реакции**

Класс 2. Трансферазы EC 2 (КФ 2)

**Перенос радикала от молекулы донора к молекуле акцептора**

Класс 3. Гидролазы EC 3 (КФ 3)

**Реакции гидролиза**

Класс 4. Лиазы EC 4 (КФ 4)

**Негидролитическое расщепление субстрата с образованием кратной связи (в обратном направлении присоединение по кратной связи)**

Класс 5. Изомеразы EC 5 (КФ 5)

**Реакции изомеризации**

Класс 6. Лигазы EC 6 (КФ 6)

**Реакции конденсации, сопряженные с гидролизом АТФ или ГТФ**

Класс 7. Транслоказы EC 7 (КФ 7)

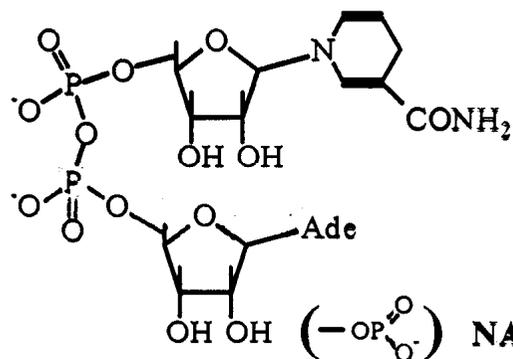
**Реакции перемещения ионов или молекул через мембраны или их разделение внутри мембран**

# Классификация ферментов

## Класс 1. Оксидоредуктазы ЕС 1 (КФ 1)

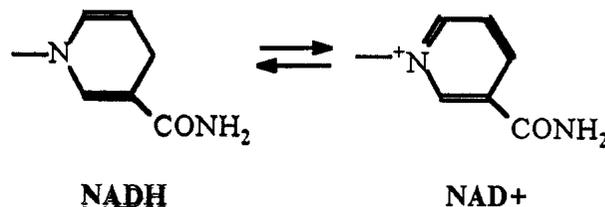
Окислительно-восстановительные реакции

NAD (NADP) зависимые дегидрогеназы



NADH

НИКОТИНАМИД  
АДЕНИНДИНУКЛЕОТИД  
ВОССТАНОВЛЕННЫЙ



NADH

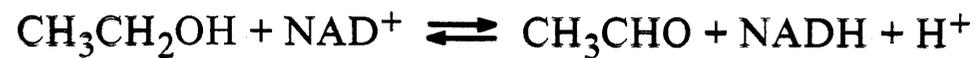
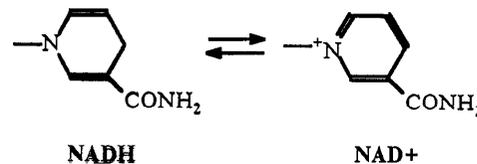
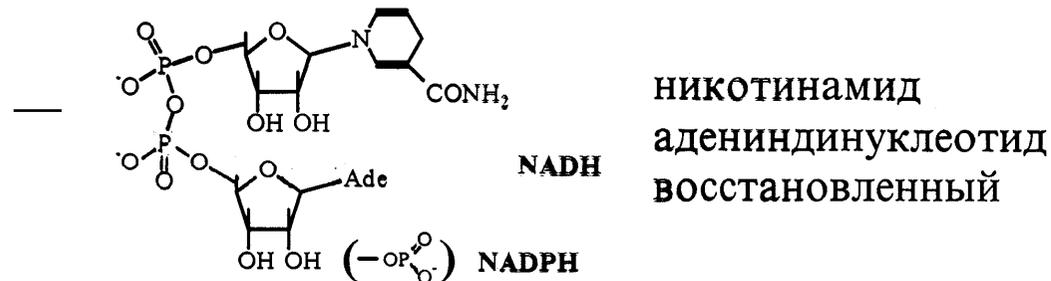
NAD<sup>+</sup>

# Классификация ферментов

## Класс 1. Оксидоредуктазы ЕС 1 (КФ 1)

Окислительно-восстановительные реакции

NAD (NADP) зависимые дегидрогеназы



алкогольдегидрогеназа  
(этанол : NAD<sup>+</sup>-оксидоредуктаза)

**КФ 1.1.1.1**



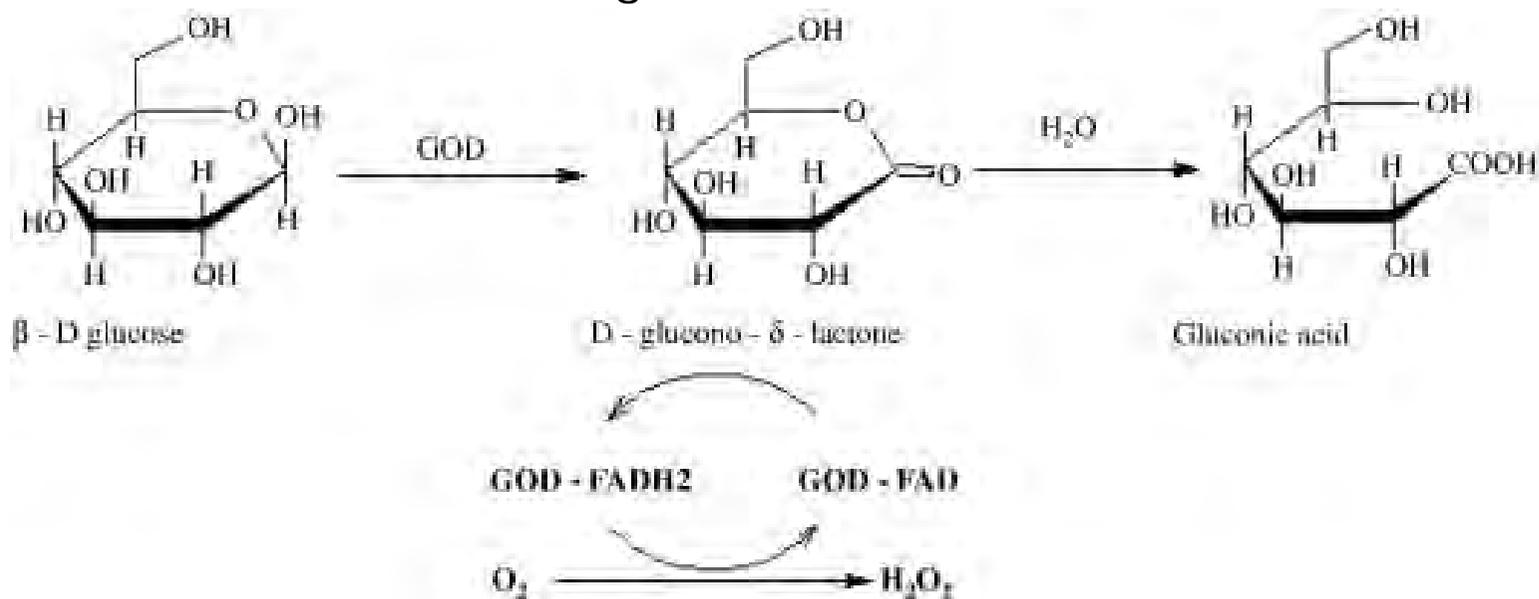
формиатдегидрогеназа  
(формиат : NAD<sup>+</sup>-оксидоредуктаза)

**КФ 1.2.1.2**

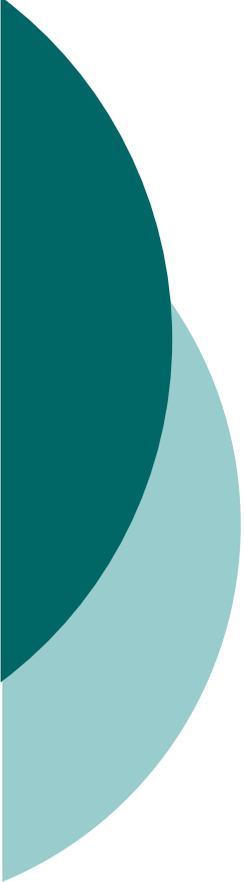
# Классификация ферментов

## ○ Глюкозооксидаза

D-glucono- $\delta$ -lactone.



КФ 1.?.3.4



# Классификация ферментов

## ○ Глюкозооксидаза

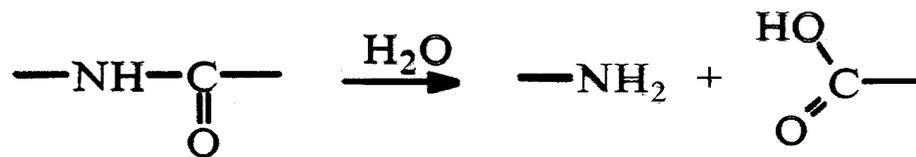
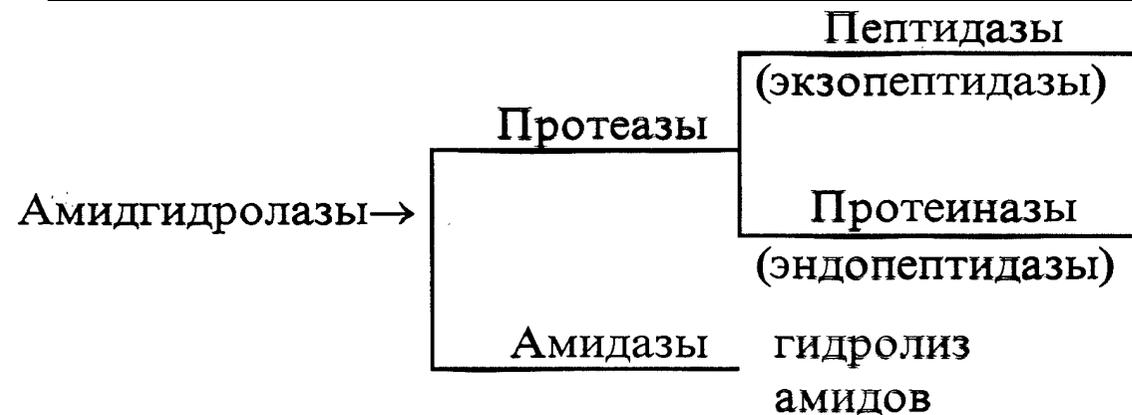
---

The **glucose oxidase** enzyme (GOx or GOD) also known as notatin (EC number **1.1.3.4**) is an oxidoreductase that catalyses the oxidation of glucose to hydrogen peroxide and D-glucono- $\delta$ -lactone.

# Классификация ферментов

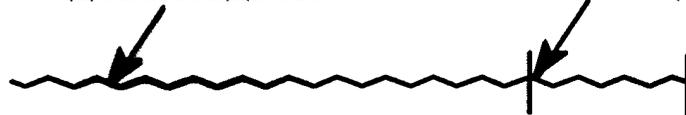
## Класс 3. Гидролазы EC 3 (КФ 3)

эфиры карбоновых кислот	- 3.1
гликозиды	- 3.2
простые эфиры и тиоэфиры	- 3.3
пептиды и белки	- 3.4



эндопептидазы

экзопептидазы



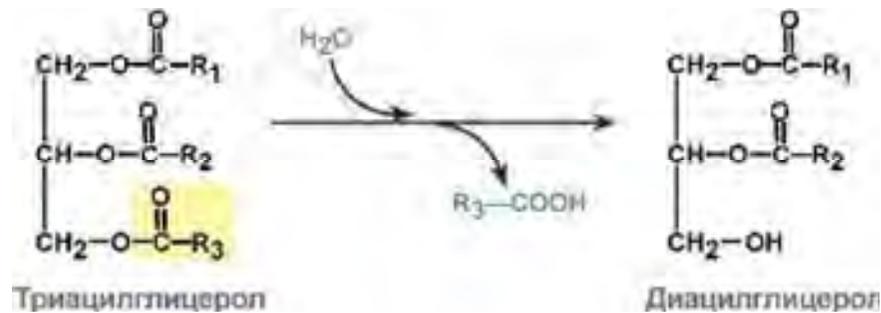
# Классификация ферментов. Гидролазы

Гидролазы – ферменты, осуществляющие разрыв внутримолекулярных связей в субстрате путем присоединения молекул воды, подразделяются на 13 подклассов.

## 3.1. Эстеразы

---

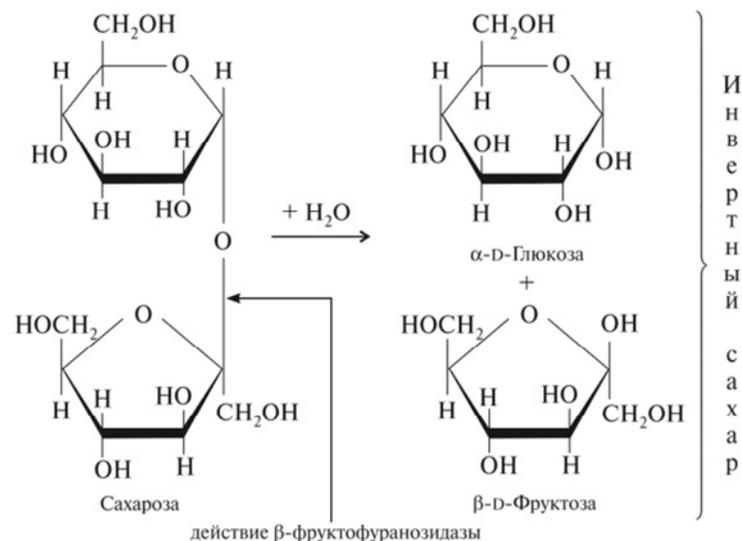
Ферменты этого подкласса гидролизуют сложноэфирные связи. Рассмотрим его на примере фермента *Липазы* (КФ 3.1.1.3), который катализирует гидролитический распад жиров:



# Классификация ферментов. Гидролазы

## 3.2. Гликозидазы

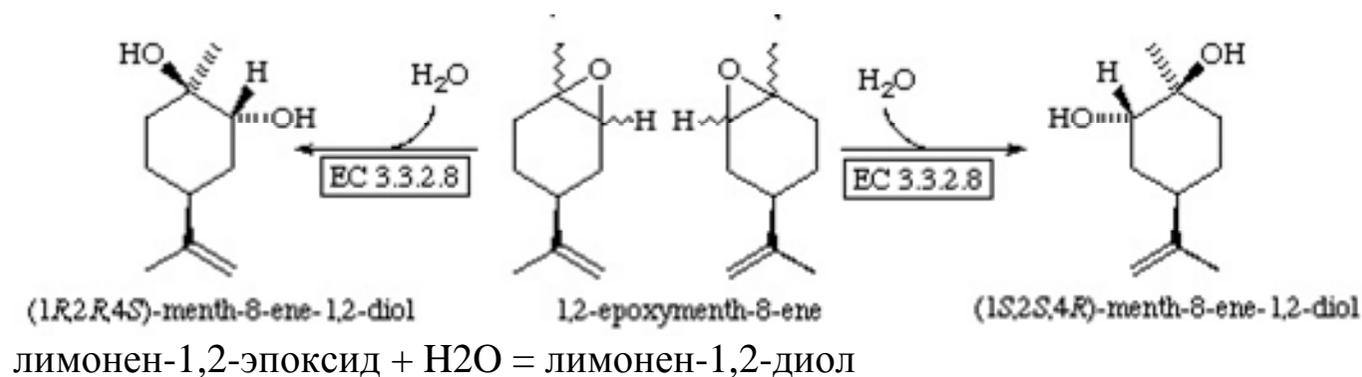
Ферменты этого подкласса катализируют реакции гидролитического расщепления гликозидных связей в олиго-и полисахаридах и гликозидах. Рассмотрим его на примере фермента  $\beta$ -фруктофуранозидаза (КФ 3.2.1.26). В результате воздействия этого фермента на сахарозу образуется смесь эквимольных количеств  $\alpha$ -D-глюкозы и  $\beta$ -D-фруктозы т.е. «инвертный сахар»:



# Классификация ферментов. Гидролазы

## 3.3. Эферазы

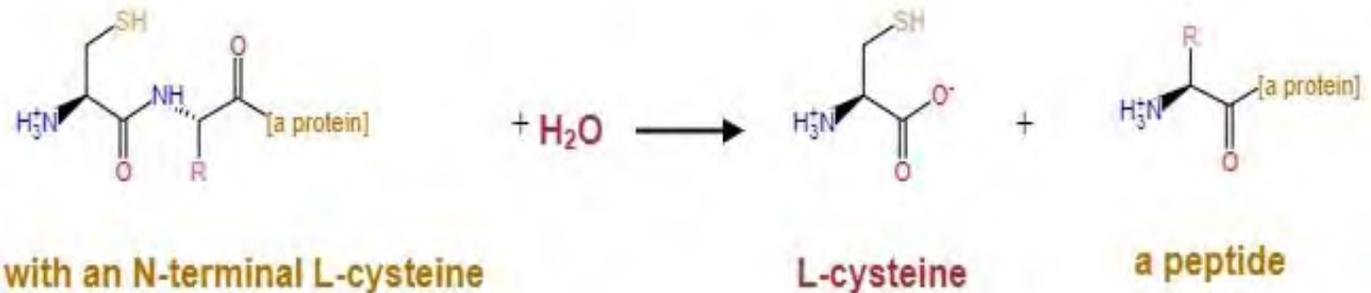
Ферменты этого подкласса катализируют реакции гидролитического расщепления связей простых эфиров. Рассмотрим его на примере фермента *лимонен-1,2-эпоксид гидролазы* (КФ 3.3.2.8), который гидролизует несколько алициклических и 1-метилзамещенных эпоксилов:



# Классификация ферментов. Гидролазы

## 3.4. Пептидазы

Ферменты этого подкласса катализируют реакции разрыва пептидных связей. Рассмотрим его на примере фермента *Цистиниламинопептидазы* (КФ 3.4.11.3), который гидролизует концевые образованные карбоксильной группой пептидные связи цистеина:

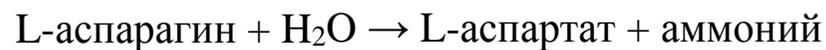
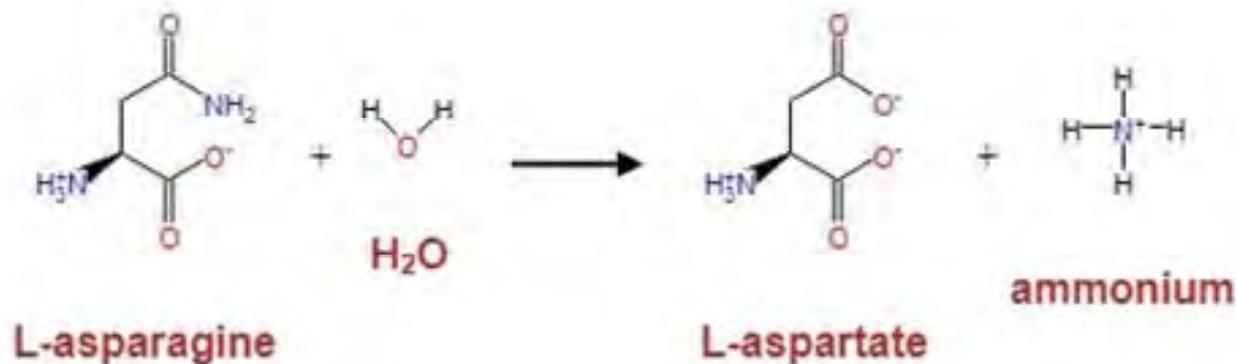


пептид с N-концевым L-цистеином + H<sub>2</sub>O → L-цистеин + пептид

# Классификация ферментов. Гидролазы

## 3.5. Амидазы

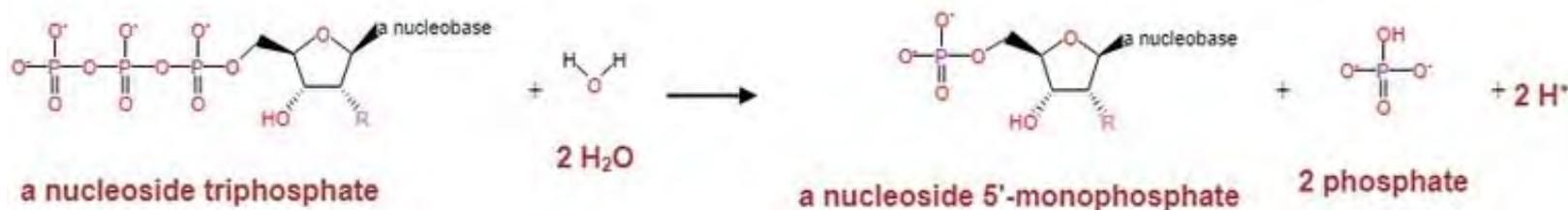
Ферменты этого подкласса катализируют реакции гидролитического разрыва азот-углеродной связи (не считая пептидную). Рассмотрим его на примере фермента L-аспарагиназы (КФ 3.5.1.2), который гидролизует амидную группу аспарагина:



# Классификация ферментов. Гидролазы

## 3.6. Ангидридазы

Ферменты этого подкласса катализируют реакции гидролиза ангидридной группы. Рассмотрим его на примере фермента *Апиразы* (КФ 3.6.1.5), который катализирует отщепление двух фосфорных остатков от ди- и трифосфатных нуклеотидов:

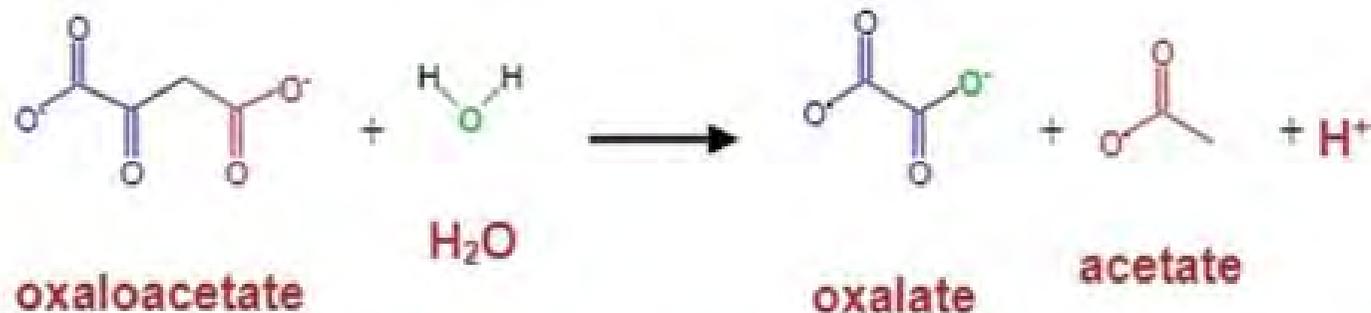


общая схема процесса

# Классификация ферментов. Гидролазы

## 3.7. Действуют на углерод-углеродные связи

Ферменты этого подкласса катализируют реакции разрыва С-С связей при помощи воды. Рассмотрим его на примере фермента *Оксалоацетат ацетилгидролазы* (КФ 3.7.1.1), который гидролизует оксалацетат с образованием щавелевой кислоты и уксусной кислоты:

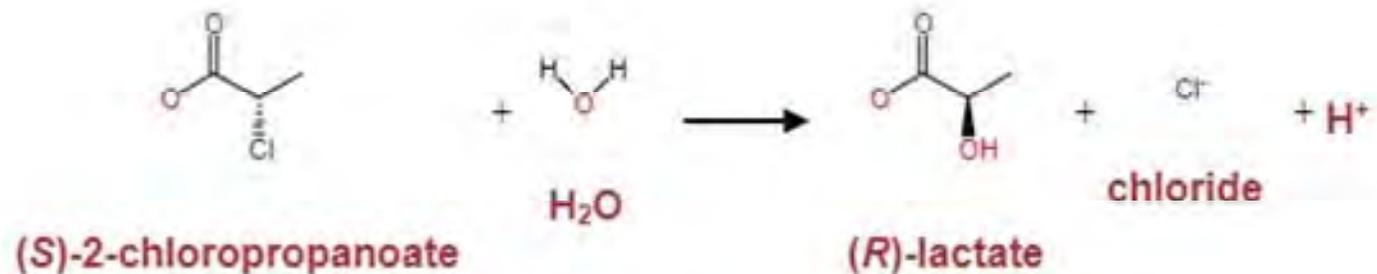


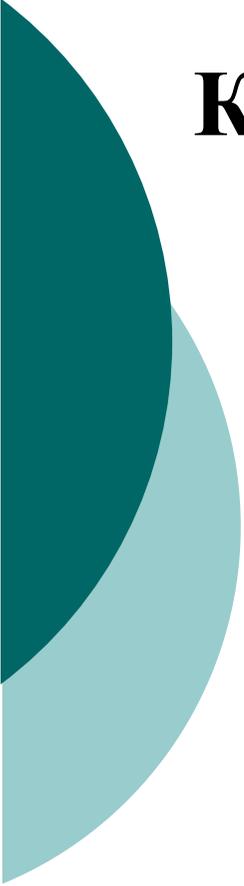
Такого рода разрыв в частности происходит возле кетогруппы, которая в результате гидролиза преобразуется в карбоксильную группу

# Классификация ферментов. Гидролазы

## 3.8. Действуют на галогенидные связи

Ферменты этого подкласса катализируют реакции разрыва галоген-углеродных связей при помощи воды. Рассмотрим его на примере фермента *Галоацетат дегалогеназы* (КФ 3.8.1.3), который гидролизует 2-хлорпропановую кислоту до молочной кислоты и аниона хлора (данный фермент гидролизует любые галоген-углеродные связи, находящийся на атоме углерода, следующим после карбоксильной группы):





# Классификация ферментов. Гидролазы

- 3.9

---

# Классификация ферментов. Гидролазы



- 3.10

---

# Классификация ферментов. Гидролазы

○ 3.11

---

# Классификация ферментов. Гидролазы

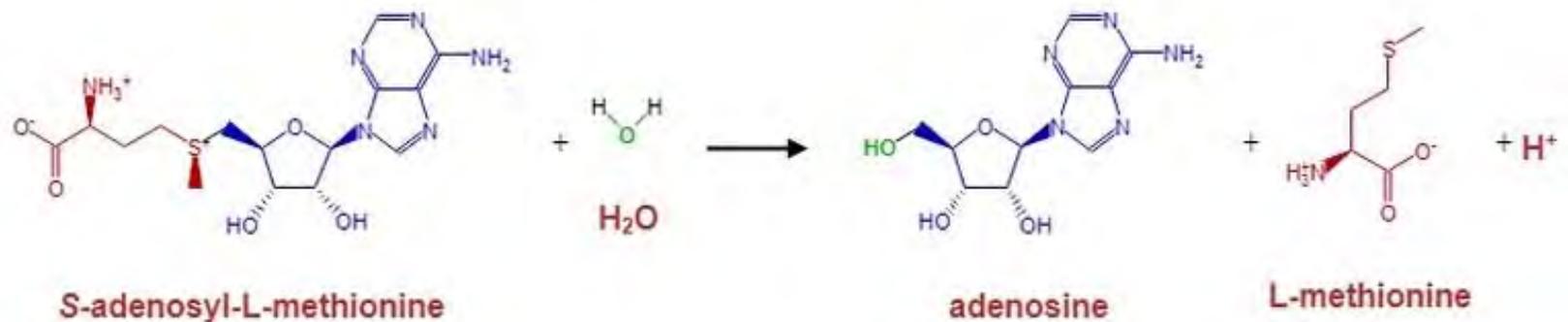
○ 3.12

---

# Классификация ферментов. Гидролазы

## 3.13. Действуют на сероуглеродные связи

Ферменты этого подкласса катализируют реакции разрыва связи между серой и углеродом с образованием серосодержащего и иных продуктов. Рассмотрим его на примере фермента *S*- аденозил- *L*- метионин гидролаза (КФ 3.13.1.8):





# Классификация ферментов

---

## Новый класс ферментов Класс 7. Транслоказы (EC 7)

Введен IUPAC в классификацию  
в 2018 году

<https://www.qmul.ac.uk/sbcs/iubmb/newsletter/2018.html>

# Классификация ферментов

## Класс 7. Транслоказы ЕС7 (КФ7)

Enzymes that catalyse the movement of ions or molecules across membranes or their separation within membranes

**EC 7.1** contains enzymes catalysing the translocation of **hydrons** (hydron being the general name for  $H^+$  in its natural abundance),

**EC 7.2** contains those catalysing the translocation of **inorganic cations** and their chelates,

**EC 7.3** contains those catalysing the translocation of **inorganic anions**,

**EC 7.4** contains those catalysing the translocation of **amino acids and peptides**,

**EC 7.5** contains those catalysing the translocation of **carbohydrates and their derivatives**,

**EC 7.6** contains those catalysing the translocation of **other compounds**.

# Классификация ферментов

## Класс 7. Транслоказы ЕС7 (КФ7)

**Реакции перемещения ионов или молекул через мембраны или их разделение внутри мембран**

**ЕС 7.1** - ферменты, катализирующие транслокацию **гидронов** (гидрон – общее название для  $H^+$  в его природных формах),

**ЕС 7.2** - ферменты, катализирующие транслокацию **неорганических катионов и их комплексов**,

**ЕС 7.3** - ферменты, катализирующие транслокацию **неорганических анионов**,

**ЕС 7.4** - ферменты, катализирующие транслокацию **аминокислот и пептидов**,

**ЕС 7.5** - ферменты, катализирующие транслокацию **углеводов и их производных**,

**ЕС 7.6** - ферменты, катализирующие транслокацию **других соединений**.



# Классификация ферментов

## Класс 7. Транслоказы

---

### подклассы

Подклассы определяются типом реакции, обеспечивающей катализ самого процесса транслокации:

**ЕС 7.х.1** - транслокация за счет окислительно-восстановительной реакции

**ЕС 7.х.2** - транслокация за счет гидролиза нуклеотидтрифосфата

**ЕС 7.х.3** - транслокация за счет гидролиза дифосфата

**ЕС 7.х.4** - транслокация за счет реакции декарбонирования



# Классификация ферментов

---

## Класс 7. Транслоказы подклассы

The sub-subclasses concern the reaction that provided the driving force for the translocation, where these are relevant:

- EC 7.x.1** translocations linked to oxidoreductase reactions
- EC 7.x.2** translocations linked to the hydrolysis of a nucleoside triphosphate
- EC 7.x.3** translocations linked to the hydrolysis of a diphosphate
- EC 7.x.4** translocations linked to a decarboxylation reaction