

# Пути образования и поддержани пула аминокислот в организме. Транспорт

~~аминокислот в клетки~~  
Белки выполняют в организме большинство функций и с ними связаны практически все проявления жизни. Белки делят на такие группы:

1. Каталитические белки - это специализованный класс белков – ферменты.
2. Сократительные белки выполняют функцию движения (актин и миозин).
3. Защитные белки (антитела, другие антимикробные факторы; защита от кровопотери – фибриноген, факторы свертывания крови.)
4. Регуляторные белки. Сигнальные белки и олигопептиды, гормоны, рецепторы.

Пути образования и поддержани пула аминокислот в организме. Транспорт аминокислот в клетки.

5. Транспортные белки (транспорт веществ в крови, через мембраны). Сейчас известно свыше 6 тысяч транспортных белков.

6. Структурные белки – мембранные, соединительной ткани (коллаген, эластин т.д.), волос ( $\alpha$ -кератин).

7. Пищевые – содержатся в продуктах питания.

8. Запасные.

# Биологические функции аминокислот.

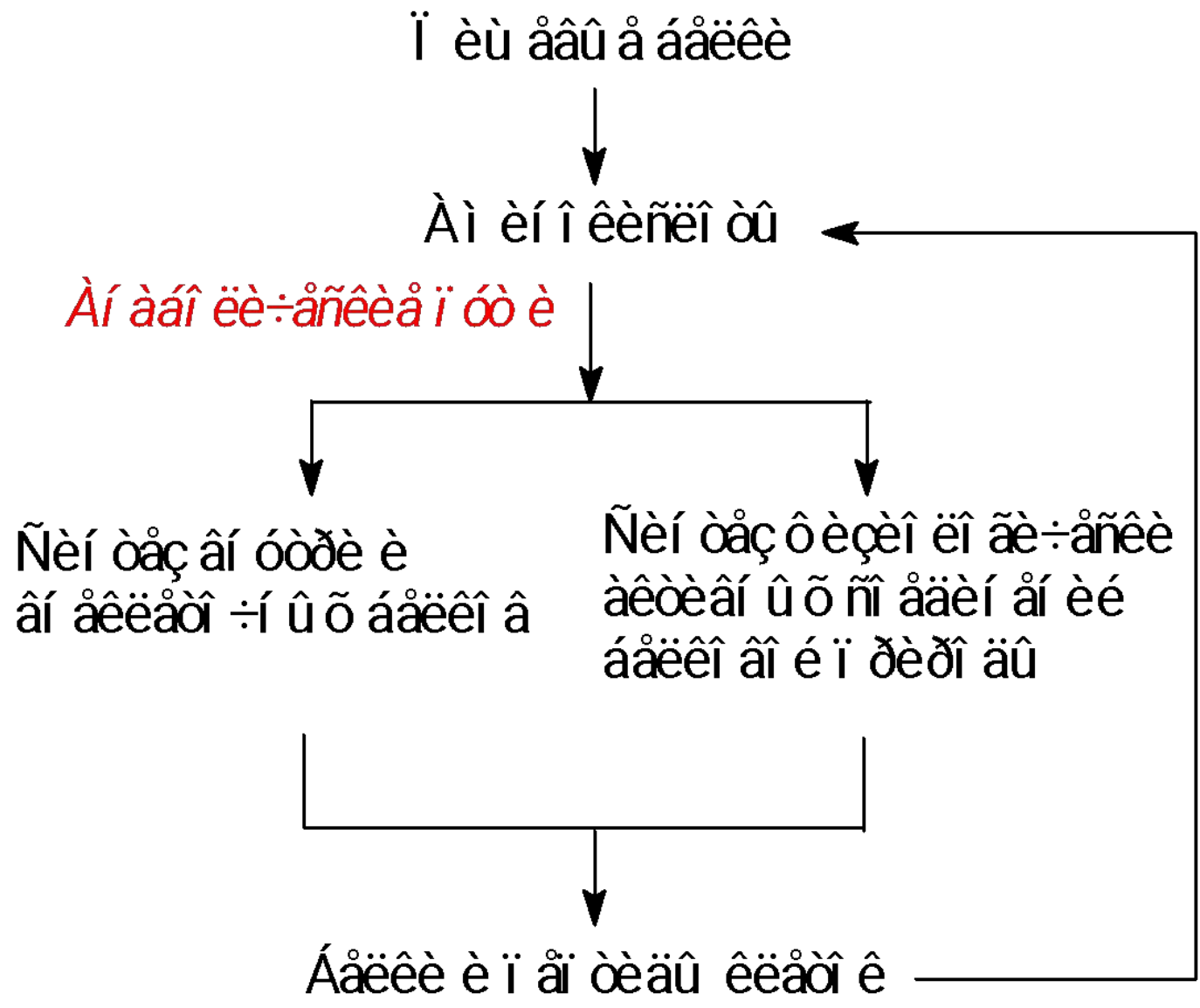
**1. Структурные элементы пептидов и белков.** В состав белков входят 20 протеиногенных аминокислот, которые кодируются генетическим кодом и постоянно обнаруживаются в белках. Некоторые из них подвергаются посттрансляционной модификации, т.е. могут быть фосфорилированы, ацилированы или гидроксильированы.

**2. Структурные элементы других природных соединений.** Аминокислоты и их производные входят в состав коферментов, желчных кислот, антибиотиков.

**3. Переносчики сигналов.** Некоторые из аминокислот являются нейромедиаторами или предшественниками нейромедиаторов, медиаторов или гормонов.

**4. Метаболиты.** Аминокислоты — важнейшие, а некоторые из них жизненно важные компоненты питания. Некоторые аминокислоты принимают участие в обмене веществ, например, служат донорами азота. Непротеиногенные аминокислоты образуются в качестве промежуточных продуктов при биосинтезе и деградации протеиногенных аминокислот или в цикле мочевины.

Пути образования и поддержани пула аминокислот в организме.



İ èù àâû à áâëèè

Àì èí î êèñêî òù

*Ê àò àáî èè÷ãñêèà ì óò è*

Tđàí ñàì èí èđì âáí èả

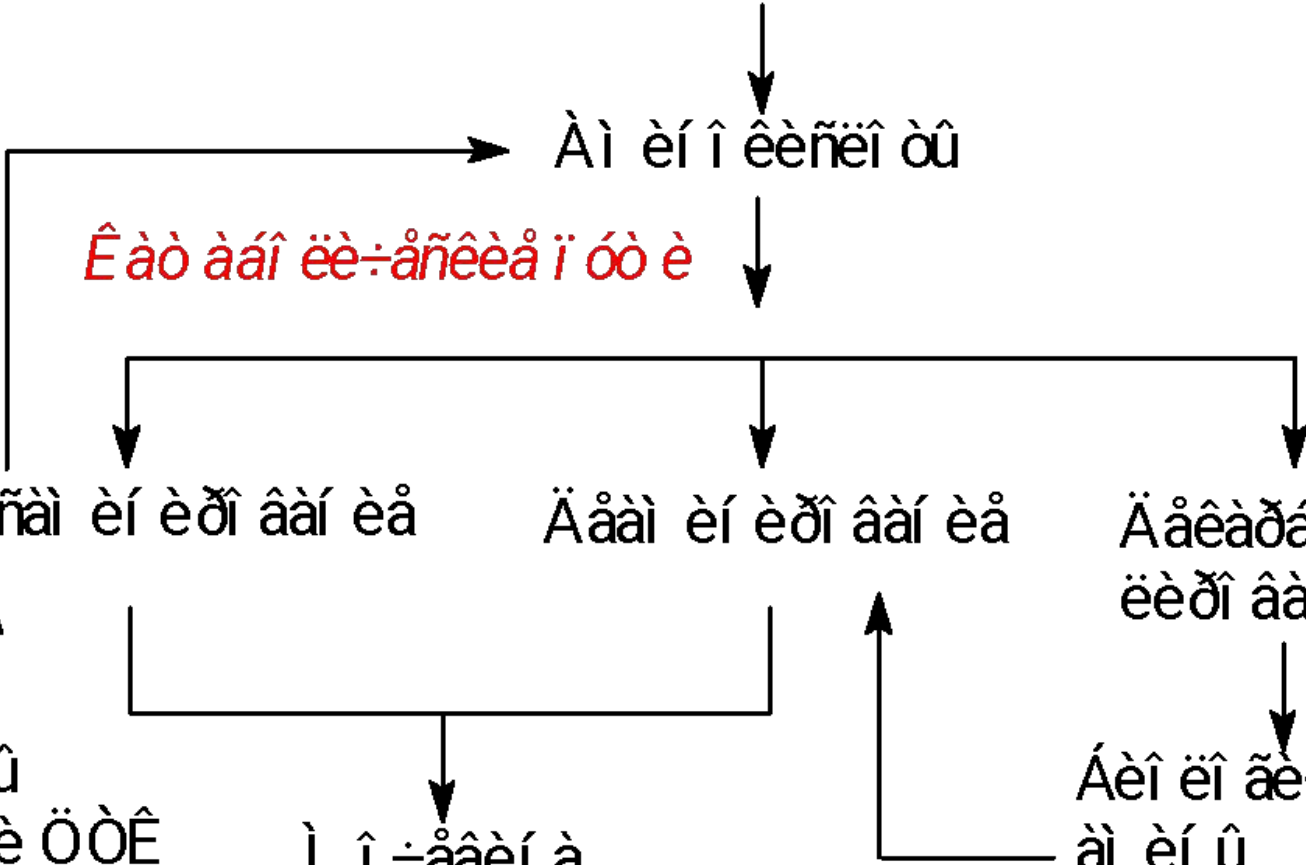
Ăăàì èí èđì âáí èả

Ăăêàđáí êñè-  
èèđì âáí èả

Ì àòááî èèòù  
Ăëèêî èèçà è Õ ÕÊ

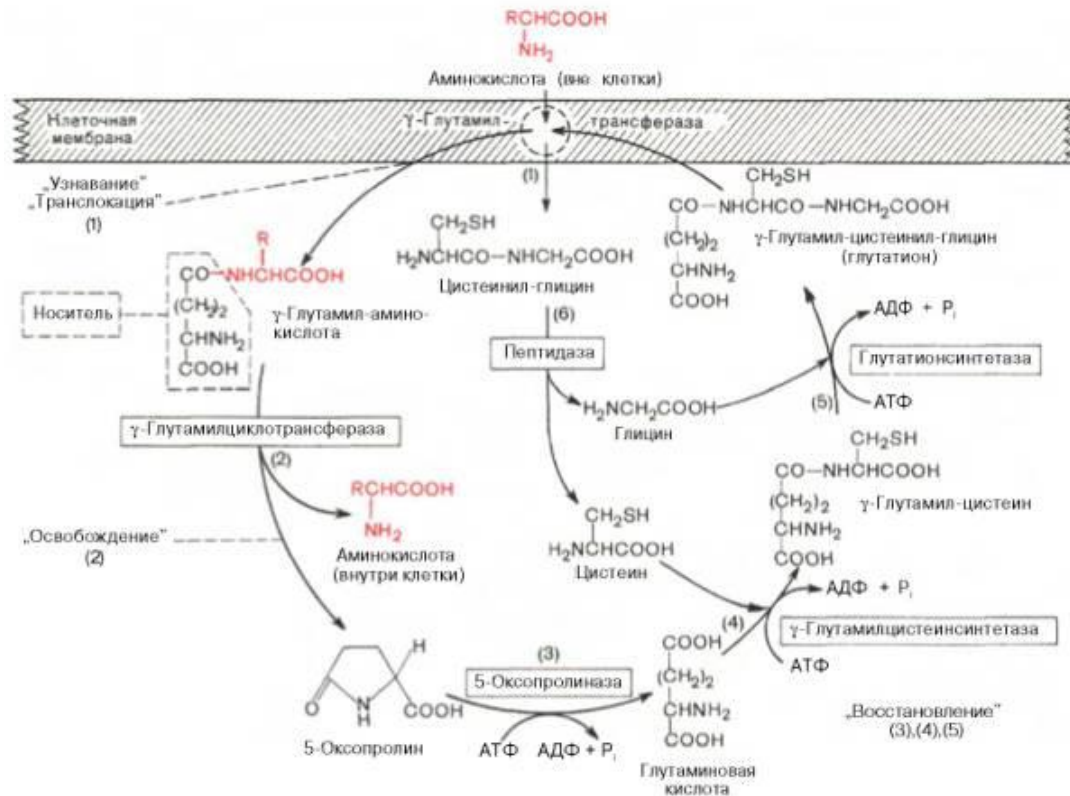
ì î ÷ãâèí à  
(ãèàáí ù é ì đì äóèò  
ì àòááî èèç ù à àç òà),  
CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O

Áèì èì ãè÷ãñêèà  
àì èí ù

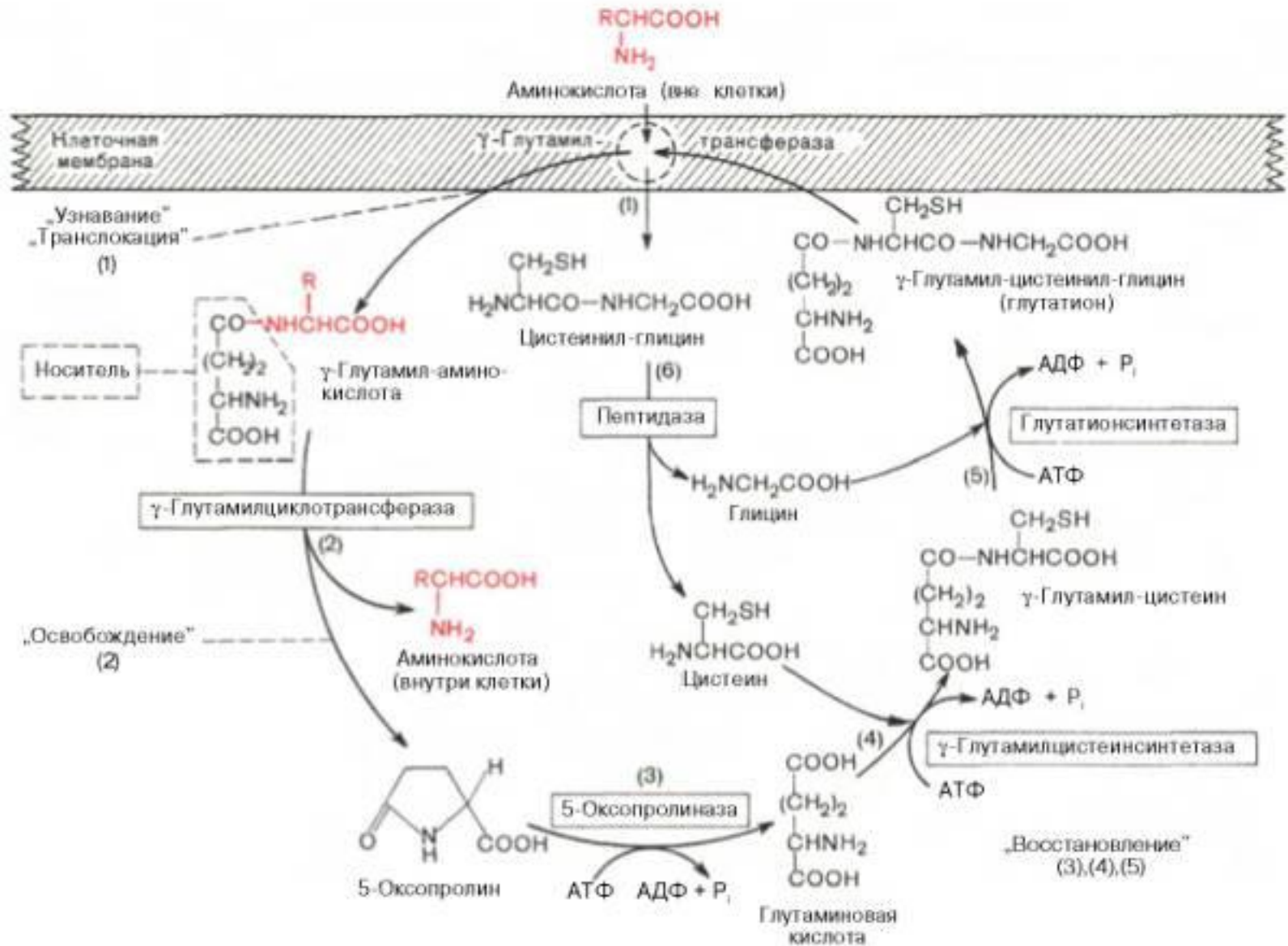


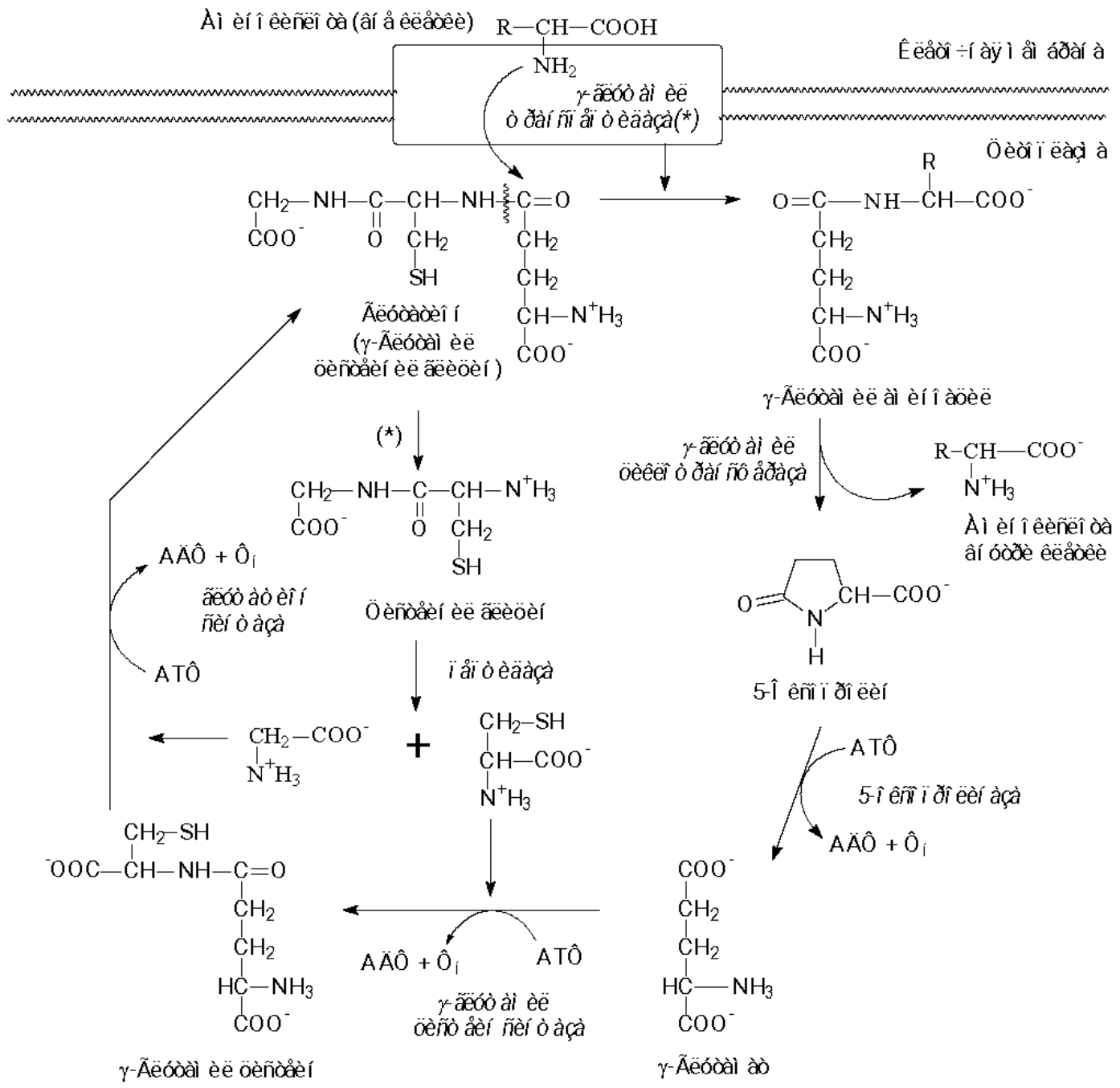
# Транспорт аминокислот через клеточные мембраны

Различная скорость проникновения аминокислот через мембраны клеток, установленная при помощи метода меченых атомов, свидетельствует о существовании в организме активной транспортной системы, обеспечивающей перенос аминокислот как через внешнюю плазматическую мембрану, так и через систему внутриклеточных мембран. Несмотря на тщательные исследования, проведенные в разных лабораториях, тонкие механизмы функционирования активной системы транспорта аминокислот пока не расшифрованы. Очевидно, таких систем существует несколько. В частности, А. Майстером предложена оригинальная схема транспорта нейтральных аминокислот через плазматическую мембрану, которая, по-видимому, активна в почечных канальцах, слизистой оболочке кишечника и ряде других тканей. Сущность этой гипотезы можно представить в виде схемы:



# Транспорт аминокислот через клеточные





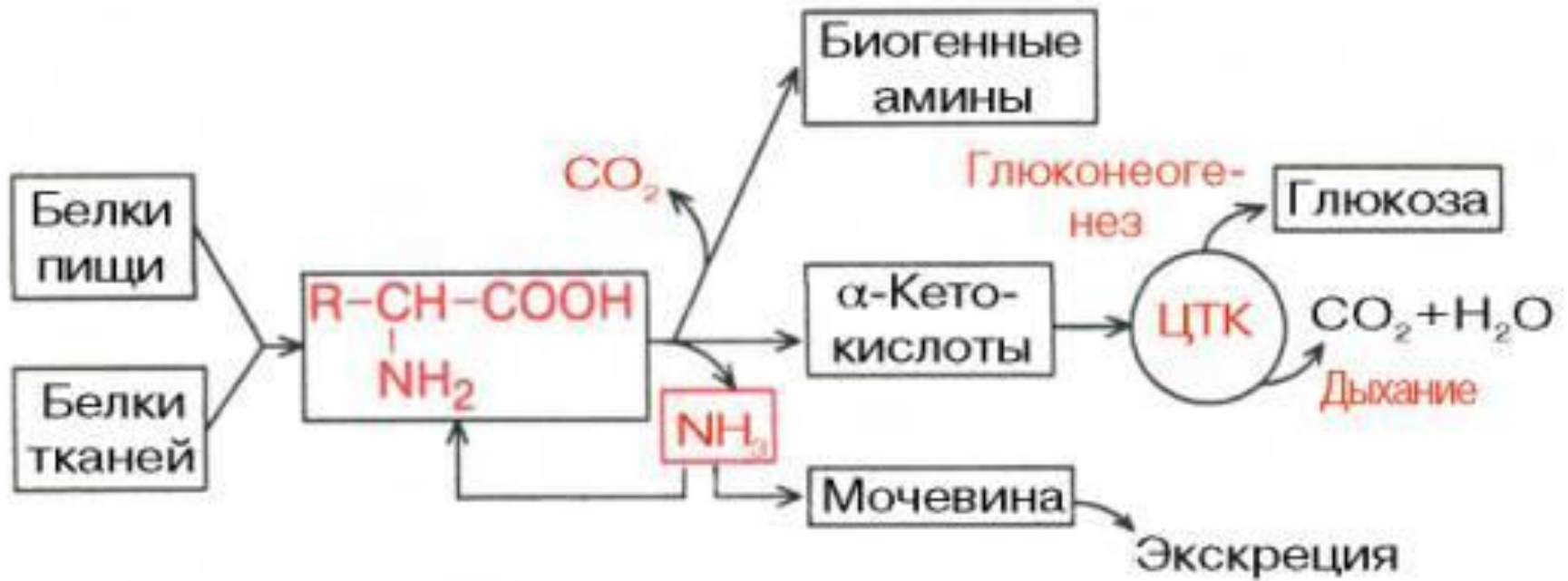


# ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ОБМЕН АМИНОКИСЛОТ В ТКАНЯХ

Промежуточный метаболизм аминокислот белковых молекул, как и других питательных веществ в живых организмах, включает катаболические (распад до конечных продуктов обмена), анаболические (биосинтез аминокислот) процессы, а также ряд других специфических превращений, сопровождающихся образованием биологически активных соединений.

Условно промежуточный метаболизм аминокислот можно разделить на общие пути обмена и индивидуальные превращения отдельных аминокислот

## ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ОБМЕН АМИНОКИСЛОТ В ТКАНЯХ



**Рис. 12.2.** Катаболизм аминокислот.

Общие пути обмена

<sup>аминокислот</sup>  
**Общие** пути превращения аминокислот  
включают реакции  
**деаминирования,**  
**трансаминирования,**  
**декарбоксилирования,**  
**биосинтеза и**  
**рацемизации.**

Реакции рацемизации характерны только для микроорганизмов;

открыты ферменты, катализирующие рацемизацию ряда аминокислот (Ала, Глу, Про, Мет, Лиз, Сер) и эпимеризацию оксипролина и  $\alpha,\epsilon$ -диаминопимелиновой кислоты. Физиологическая роль рацемаз микроорганизмов сводится, вероятно, к синтезу D-изомеров аминокислот для построения клеточной оболочки.

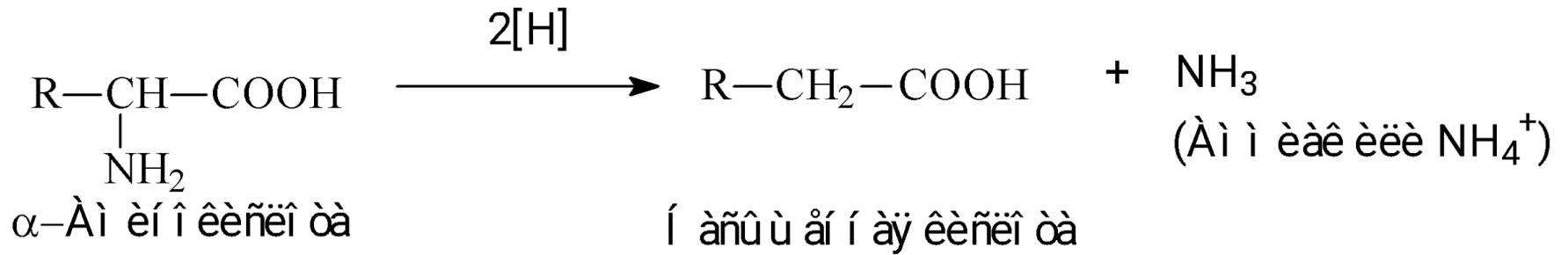
Общие пути обмена  
аминокислот

## Деаминирование аминокислот

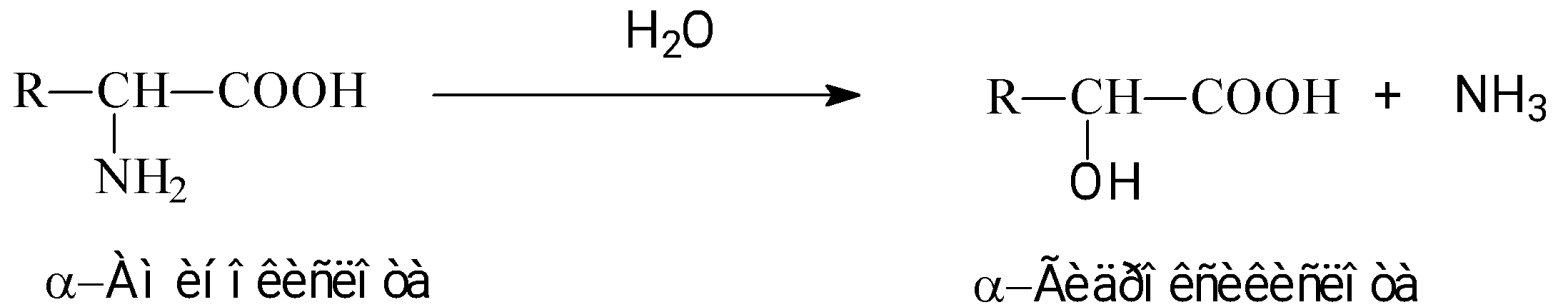
Доказано существование 4 типов деаминирования аминокислот (отщепление аминогруппы).

Во всех случаях  $\text{NH}_2$ -группа аминокислоты освобождается в виде аммиака.

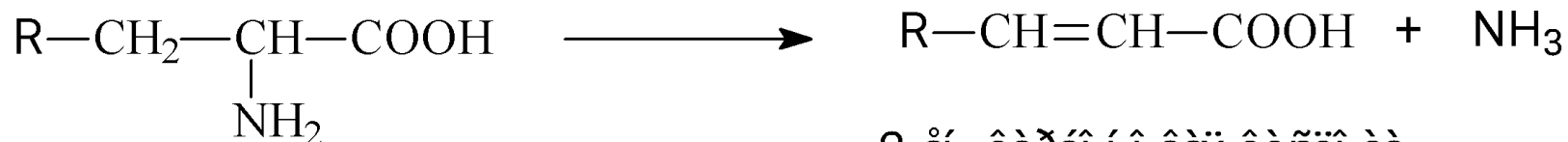
## 1. Восстановительное деаминирование



## 2. Гидролитическое деаминирование



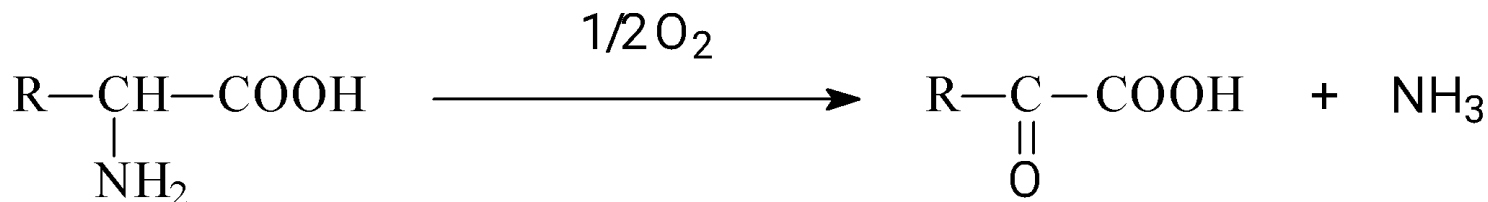
### 3. Внутримолекулярное деаминирование (элиминирование)



$\alpha$ -Аминокислота

2-аминопропановая кислота  
( $\alpha, \beta$ -дисульфидная  
аминокислота)

### 4. Окислительное деаминирование

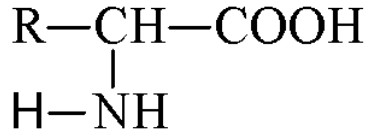


$\alpha$ -Аминокислота

2-оксипропановая кислота  
( $\alpha$ -кетокислота)

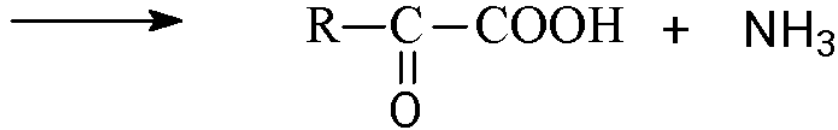
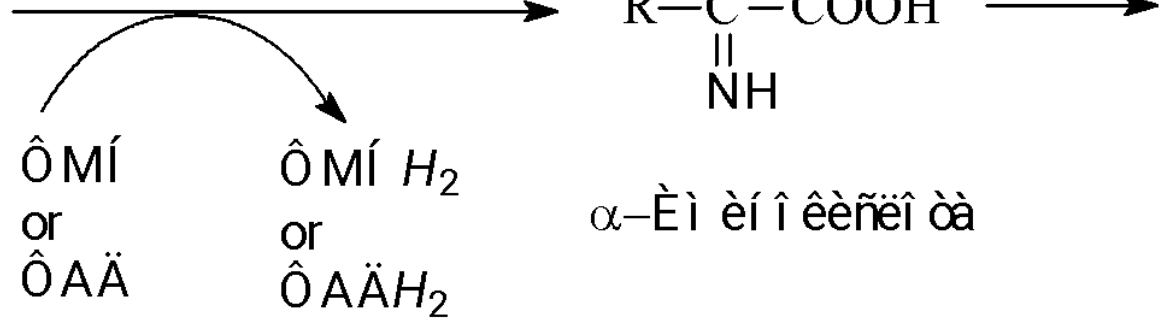
# Окислительное деаминирование

Механизм:



$\alpha$ -Аминокислота

Источники: *L* и *D*-аминокислоты (*E*)

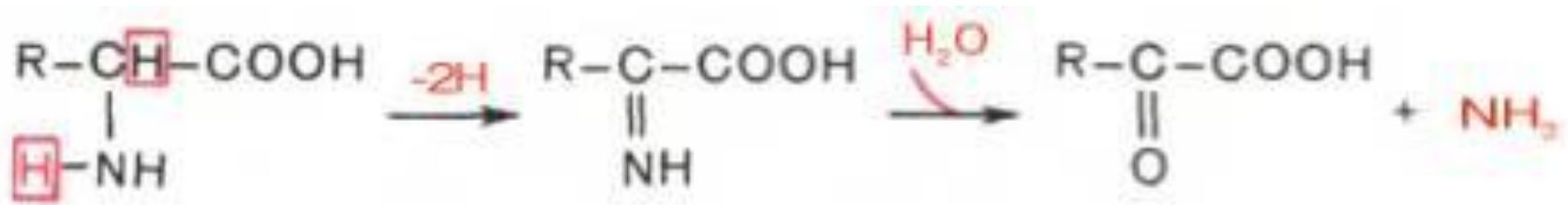


$\alpha$ -Кетокислота

Первая стадия завершается образованием неустойчивой промежуточной иминокислоты, которая на второй стадии спонтанно без участия фермента, но в присутствии воды распадается на аммиак и  $\alpha$ -кетокислоту.

Помимо аммиака, продуктами дезаминирования являются жирные кислоты, оксикислоты и кетокислоты. Для животных тканей, растений и большинства аэробных микроорганизмов преобладающим типом реакций является окислительное дезаминирование аминокислот, за исключением гистидина, подвергающегося внутримолекулярному деаминированию.

Рассмотрим более подробно механизм окислительного дезаминирования аминокислот, протекающего в две стадии.



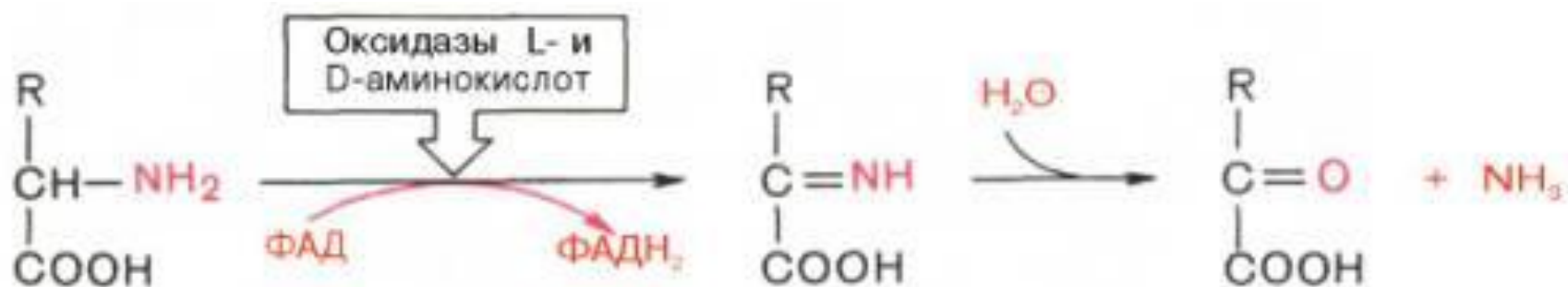
Первая стадия является ферментативной и завершается образованием неустойчивого промежуточного продукта (иминокислота), который на второй стадии спонтанно без участия фермента, но в присутствии воды распадается на аммиак и  $\alpha$ -кетокислоту.

Следует указать, что оксидазы аминокислот (L- и D-изомеров) являются сложными флавопротеинами, содержащими в качестве кофермента ФМН или ФАД, которые выполняют в этой реакции роль акцепторов двух электронов и протонов, отщепляющихся от аминокислоты. Оксидазы L-аминокислот могут содержать как ФМН, так и ФАД, а оксидазы D-аминокислот – только ФАД в качестве простетической группы.





Схематически реакции окислительного деаминирования аминокислот с участием коферментов могут быть представлены в следующем виде:

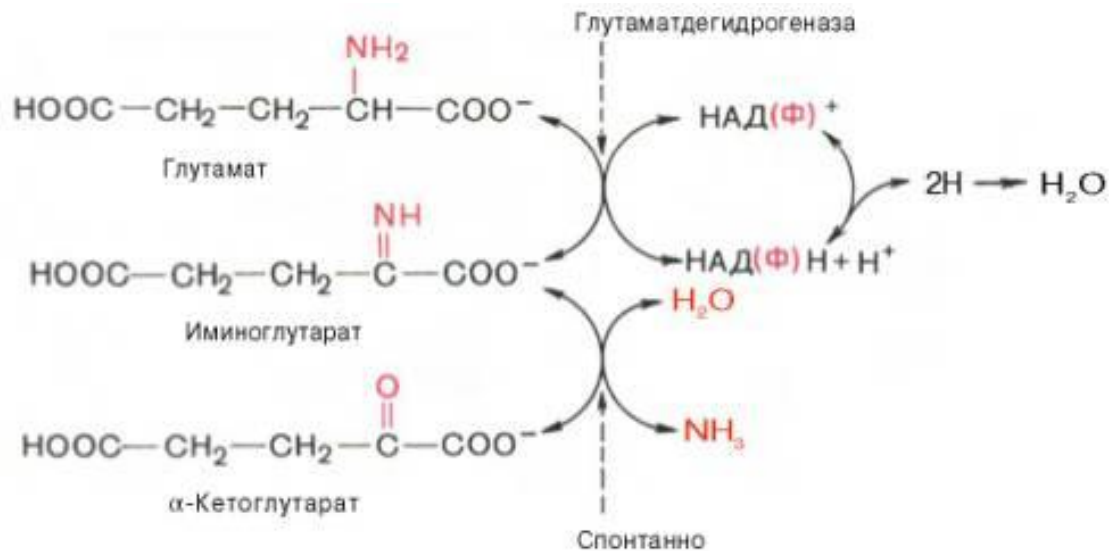


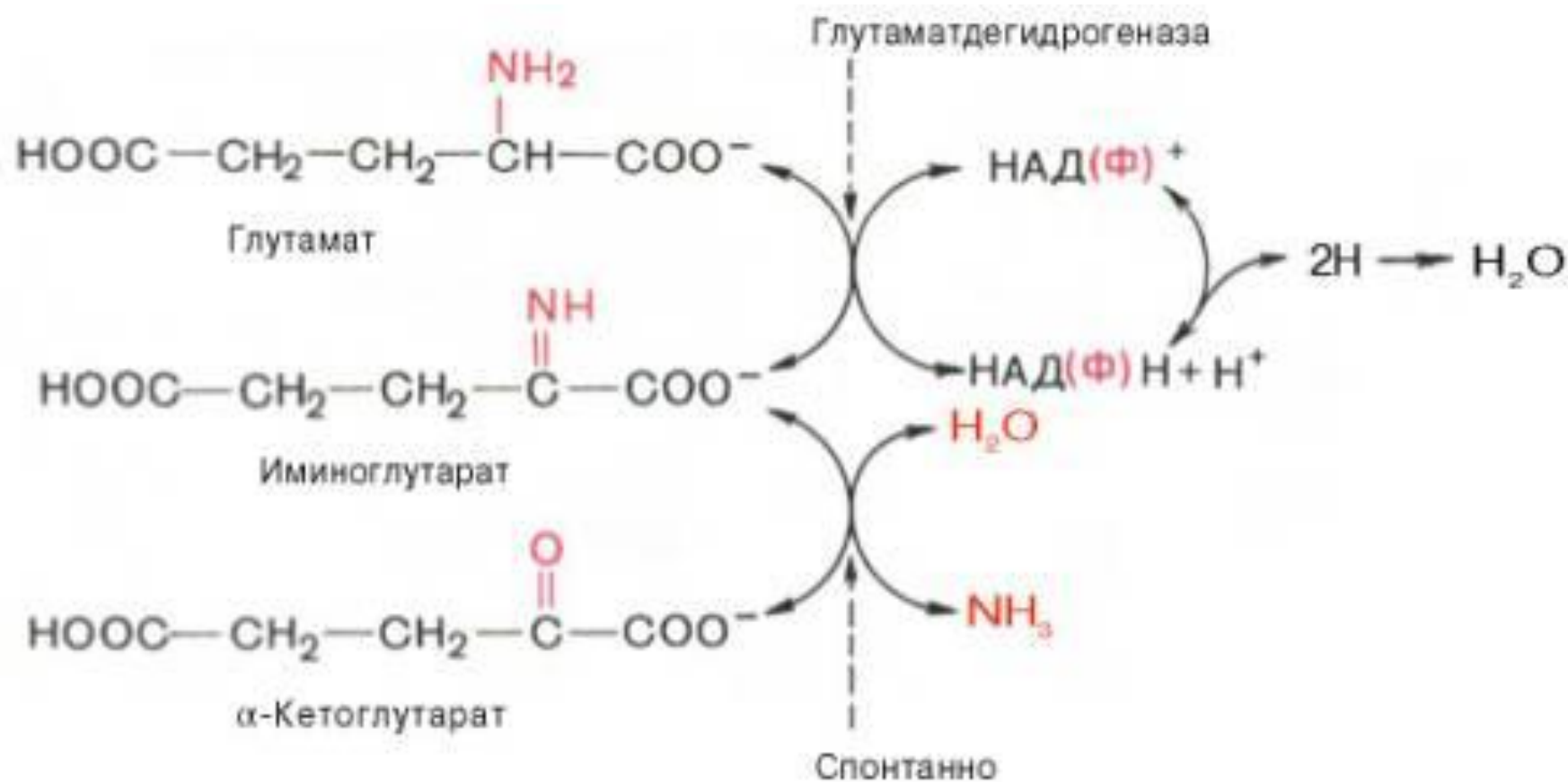
Восстановленные флаavin-нуклеотиды оксидаз L- и D-аминокислот могут непосредственно окисляться молекулярным кислородом. При этом образуется перекись водорода, которая подвергается расщеплению под действием каталазы на воду и кислород.



Впервые в лаборатории Д. Грина из ткани печени и почек крыс была выделена оксидаза, катализирующая деаминирование 12 природных (L-изомеров) аминокислот. Оказалось, однако, что этот фермент имеет оптимум действия в щелочной среде (рН 10,0) и при физиологических значениях рН его активность на порядок ниже, чем при рН 10,0. В тканях животных и человека отсутствует подобная среда, поэтому оксидазе L-аминокислот принадлежит, вероятнее всего, ограниченная роль в процессе окислительного дезаминирования природных аминокислот. В животных тканях оксидазным путем со значительно большей скоростью дезаминируются D-изомеры аминокислот. Эти данные подтвердились после того, как из животных тканей был выделен специфический фермент оксидаза D-аминокислот, который в отличие от оксидазы L-аминокислот оказался высокоактивным при физиологических значениях рН среды. Не до конца ясным остается вопрос о том, каково значение столь активной оксидазы D-аминокислот в тканях, если поступающие с пищей белки и белки тела животных и человека состоят исключительно из природных (L-изомеров) аминокислот.

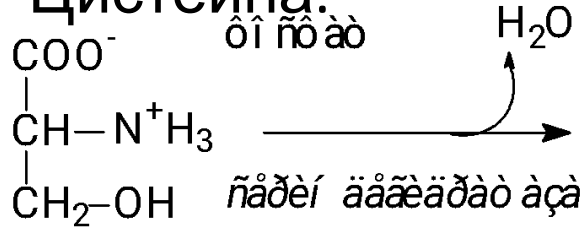
В животных тканях Г. Эйлером открыт высокоактивный при физиологических значениях рН специфический фермент (глутаматдегидрогеназа), катализирующий окислительное дезаминирование L-глутаминовой кислоты. Он является анаэробным ферментом и чрезвычайно широко распространен во всех живых объектах. В качестве кофермента глутамат-дегидрогеназа содержит НАД (или НАДФ). Реакция включает анаэробную фазу дегидрирования глутаминовой кислоты с образованием промежуточного продукта – иминоглутаровой кислоты и спонтанный гидролиз последней на аммиак и α-кетоглутаровую кислоту в соответствии со следующей схемой:



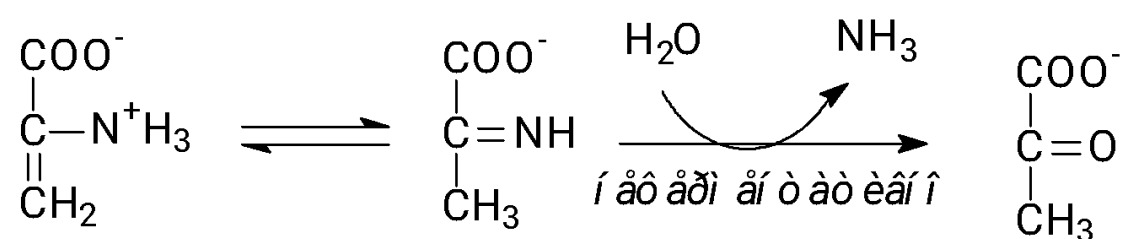


# Неокислительное деаминирование Серина, Треонина и Цистеина.

## Цистеин.

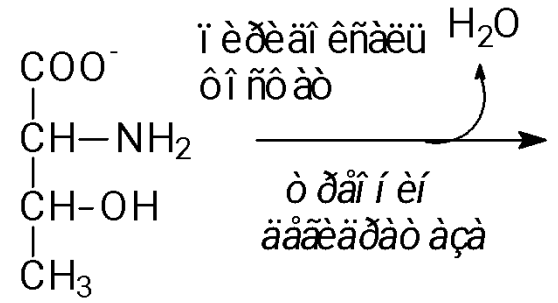


Цистеин

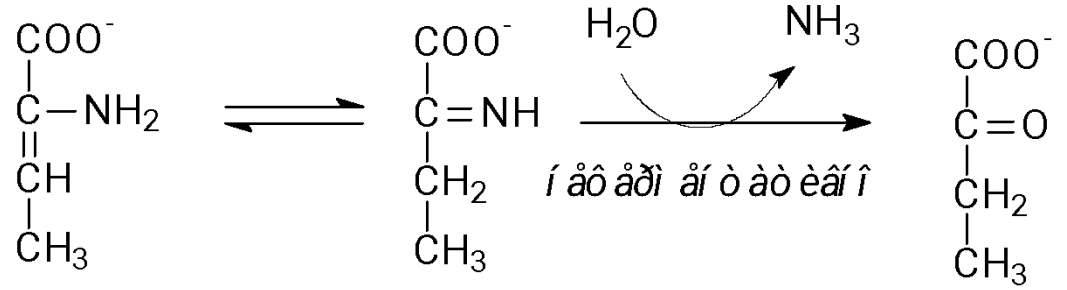


α-Цистеин

α-Кетон

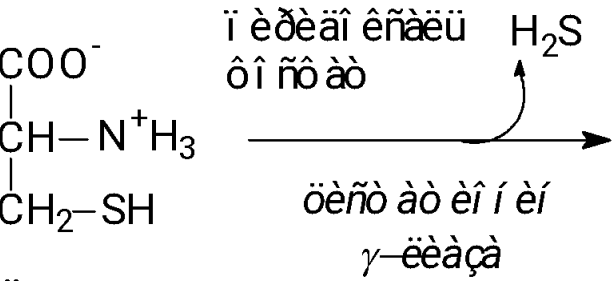


Треонин

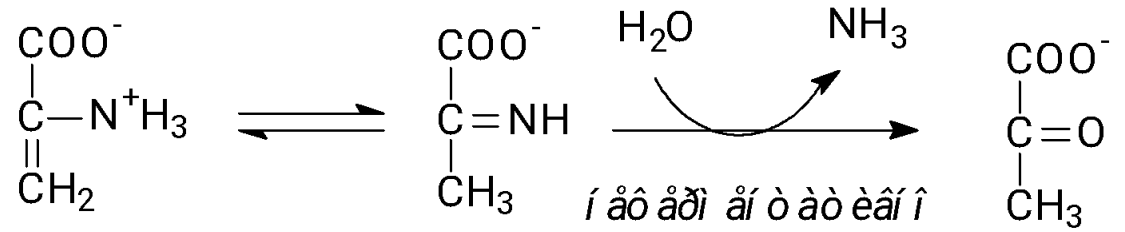


α-Треонин

α-Кетон



Цистеин



α-Цистеин

α-Кетон

# Декарбоксилирование

## аминокислот

α-Декарбоксилирование

аминокислот

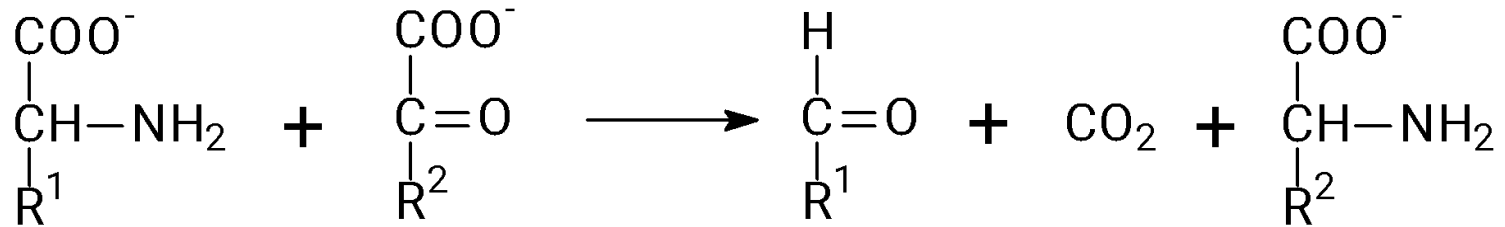


ω-Декарбоксилирование

аминокислот

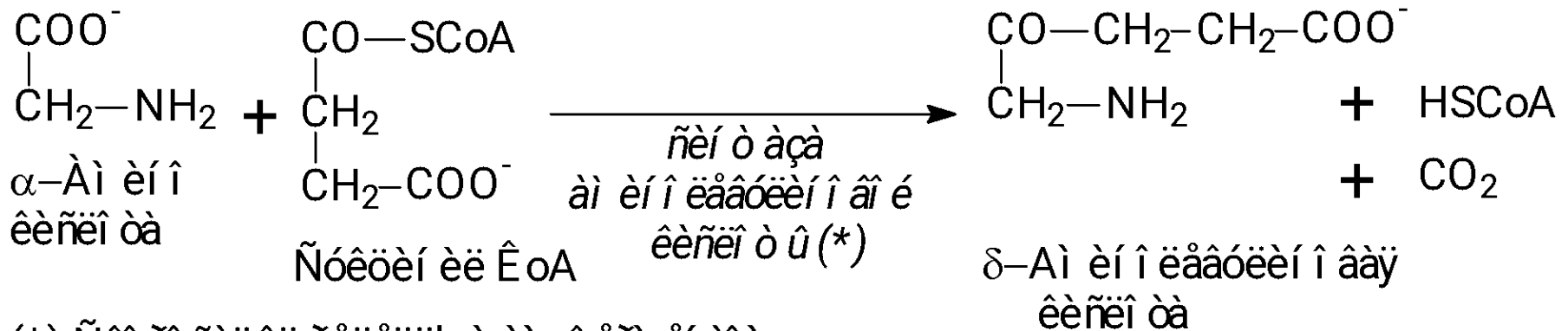


## Декарбоксилирование аминокислот сопряженное с трансаминированием.



$\alpha$ -Ам.к. I +  $\alpha$ -К.к. II  $\rightarrow$  Кеток.к. +  $\text{CO}_2$  +  $\alpha$ -Ам.к. II

## Декарбоксилирование аминокислот сопряженное с конденсацией двух молекул.



(\*):  $\text{N}^{\text{H}}\text{êî ðî ñòù î î ðáááäëÿð ù èì ò äðì áí ò ì$

$\hat{\alpha}$  ñëí òàçà î î ðô è ðëí à è äãì à ÿâëÿòñÿ ñëí òàçà àì èí î äãáóëëí î âí é èèñëî òù.



