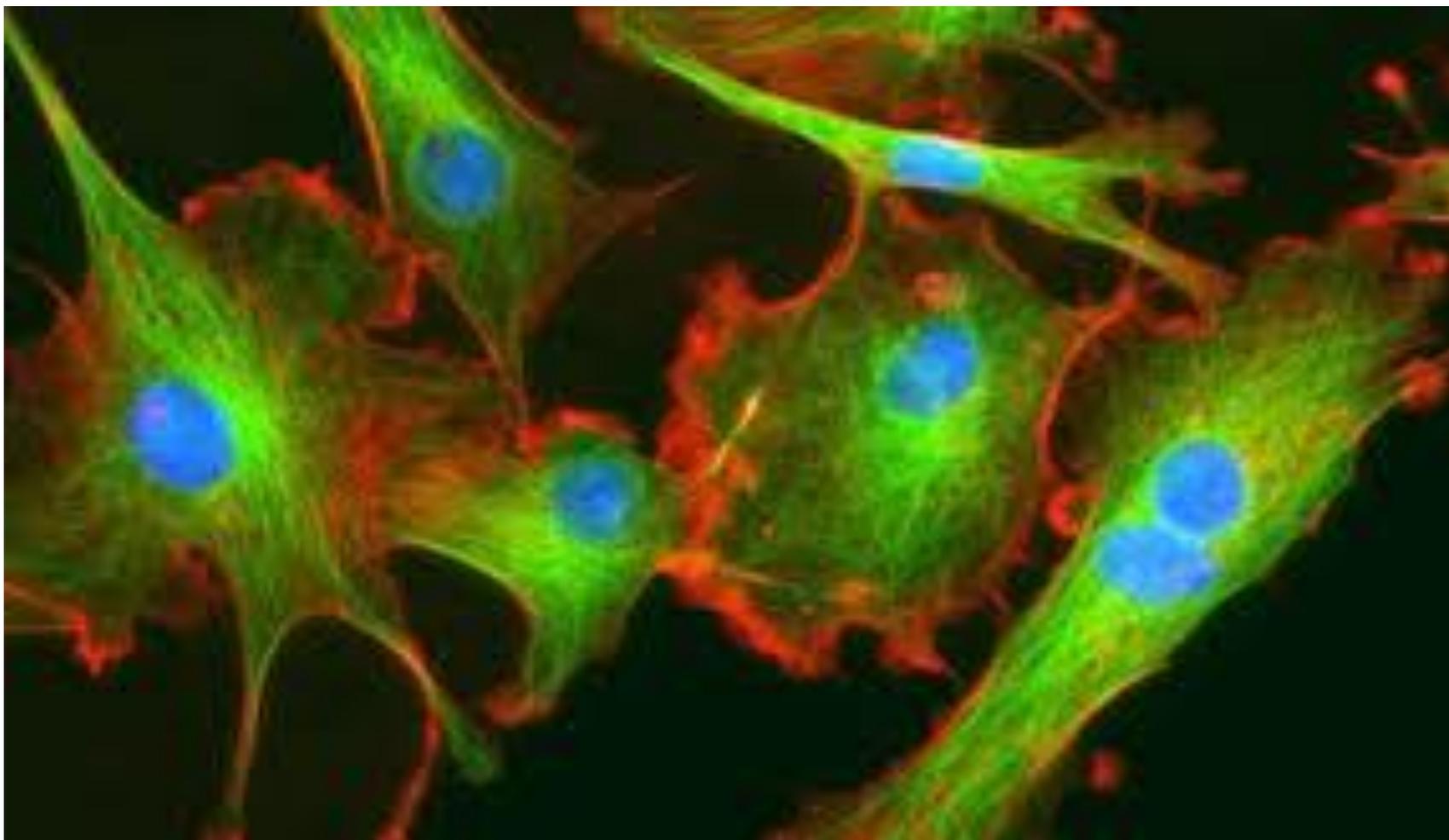


# Презентация 3. Белки



Функции белков.

Как формируется молекула  
белка?

**Белок**-последовательность аминокислот, связанных друг с другом пептидными связями.

## **Функции белков:**

1. **Структурная** (пластическая). Белки формируют все клеточные структуры.

**Кератин**-главный компонент волос, ногтей, рогов, копыт.

2. **Белки-ферменты.**

**Амилаза**- превращает крахмал в глюкозу.

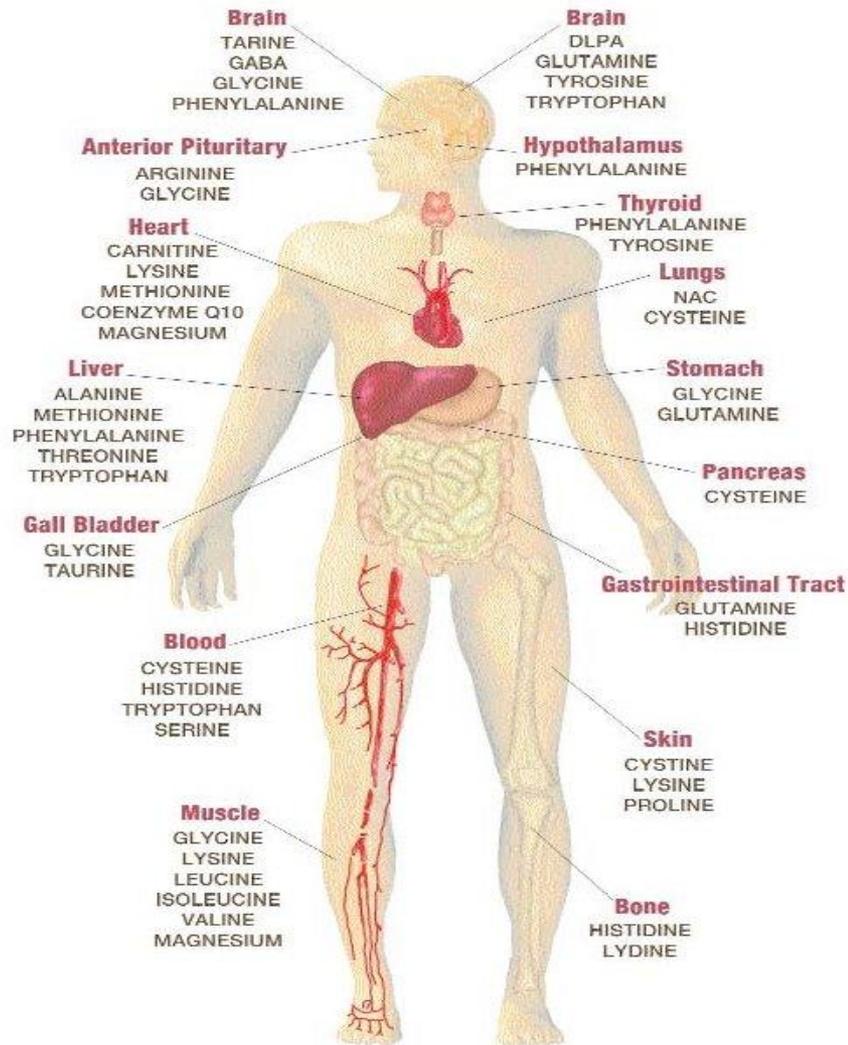
**ДНК-полимераза I** – участвует в репарации молекул ДНК.

3. **Белки-гормоны**. 50% гормонов человека - белки. **Инсулин** - регулирует потребление глюкозы, **вазопрессин** - стимулирует обратное всасывание воды почками.
4. **Транспортная функция**. **Гемоглобин** - переносит кислород, **сывороточный альбумин** переносит жирные кислоты, **трансферрин** - транспорт железа.
5. **Резервная (энергетическая)** – примеры: яичный альбумин, белок мышц, лимфоидных органов, эпителиальной ткани и печени.

6. **Рецепторная.** С помощью **белков-рецепторов** происходит связывание различных биорегуляторов (гормонов, медиаторов, биогенных аминов...).
7. **Сократительная.** **Актин, миозин** - участвуют в сокращении мышц.
8. **Иммунологическая.** Образование **антител**.
9. **Гемостатическая.** **Белки свёртывания крови.**
10. **Обезвреживающая.** **Белки молока** являются противоядием при отравлении солями тяжёлых металлов (свинец, медь

11. Создание **биопотенциалов** мембран клеток и мембран митохондрий.
12. **Геннорегуляторная** функция- биосинтез белка в клетке.
13. Белки- **буферные системы**.
14. Белки – **токсины** (яды насекомых...)



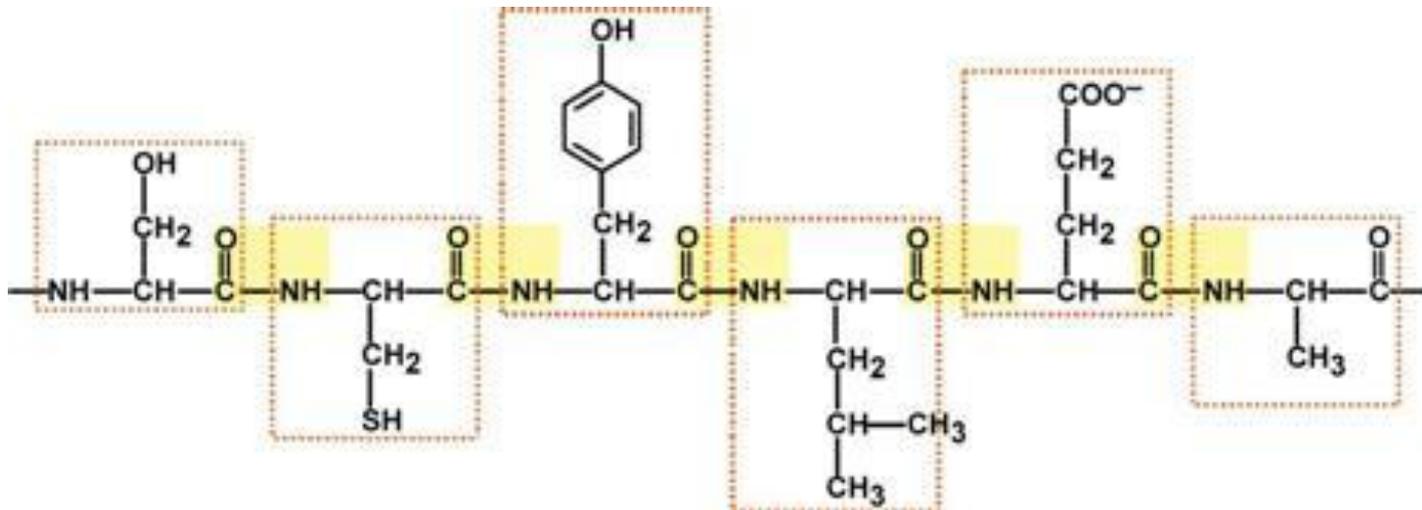


Source: *Healing with Amino Acids, Pain and Stress Publications* 1998.

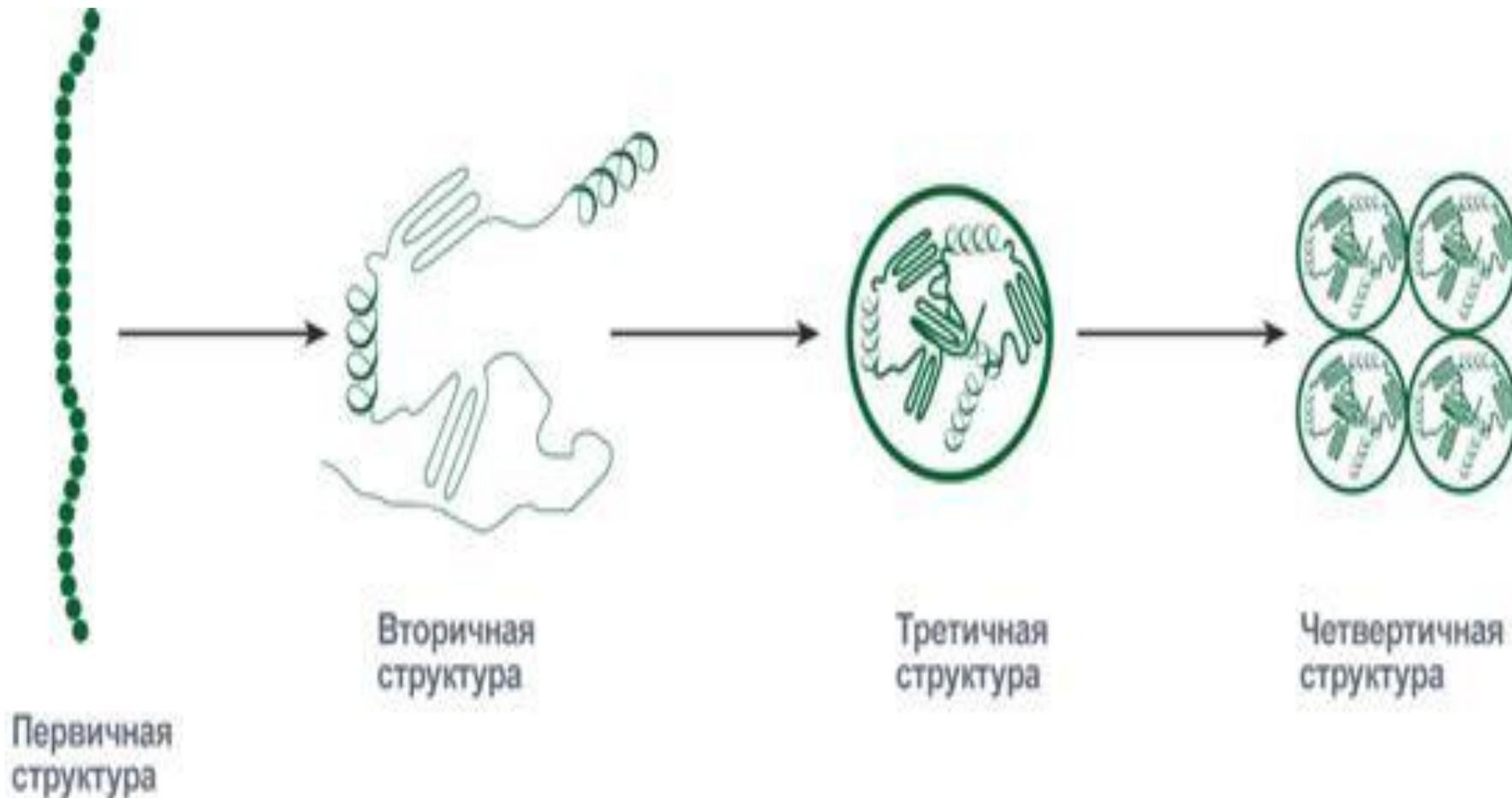
## Как формируется молекула белка?

В пространственной структуре белков – **4 уровня** организации.

**Первичная** структура-последовательность остатков аминокислот в полипептидной цепи. Образуется за счёт пептидных связей. (Вид связи – ковалентная).  
Основа цепи – **–CO-CH-NH–**. Радикалы расположены вне цепи несут главную нагрузку при выполнении белками их функций.



**Вторичная структура** белка. На уровне вторичной структуры белковые “бусы” могут укладываться в виде спирали и в виде складчатого слоя.



**Вторичная укладка происходит только за счёт водородных связей**



Два варианта укладки цепи:

**Альфа-спираль** (альфа-структура).

Является правозакрученной, образуется при помощи водородных связей между пептидными группами аминокислотных остатков.

**Бета-складчатый** слой – белковая молекула лежит змейкой. Связь-водородная между пептидными

**Третичная структура.** Укладка полипептидной цепи в **клубок** или глобулу. Более компактная структура.

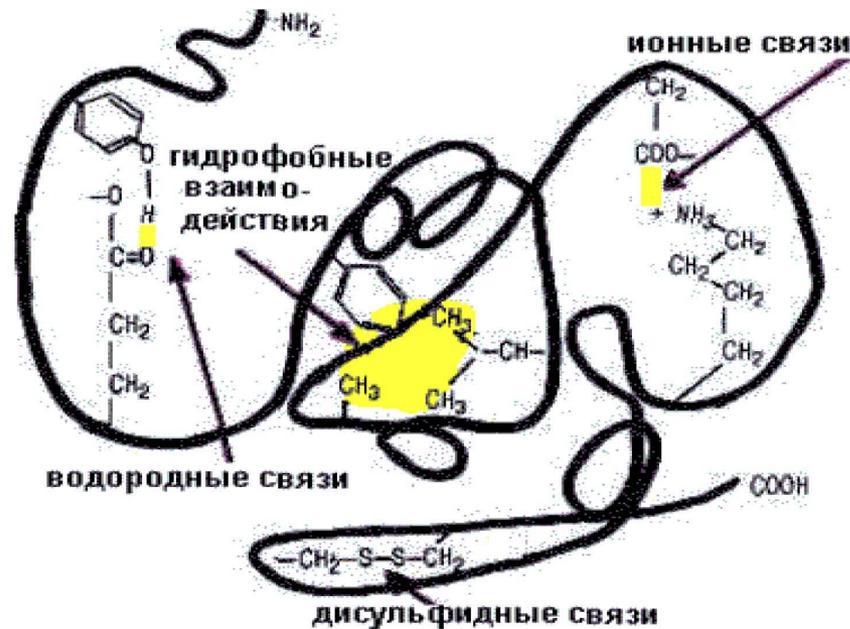
**Инсулин** состоит из 52% альфа-спиралей и 6% бета структур

**Трипсин** -14% альфа-, и 45% бета – структур.

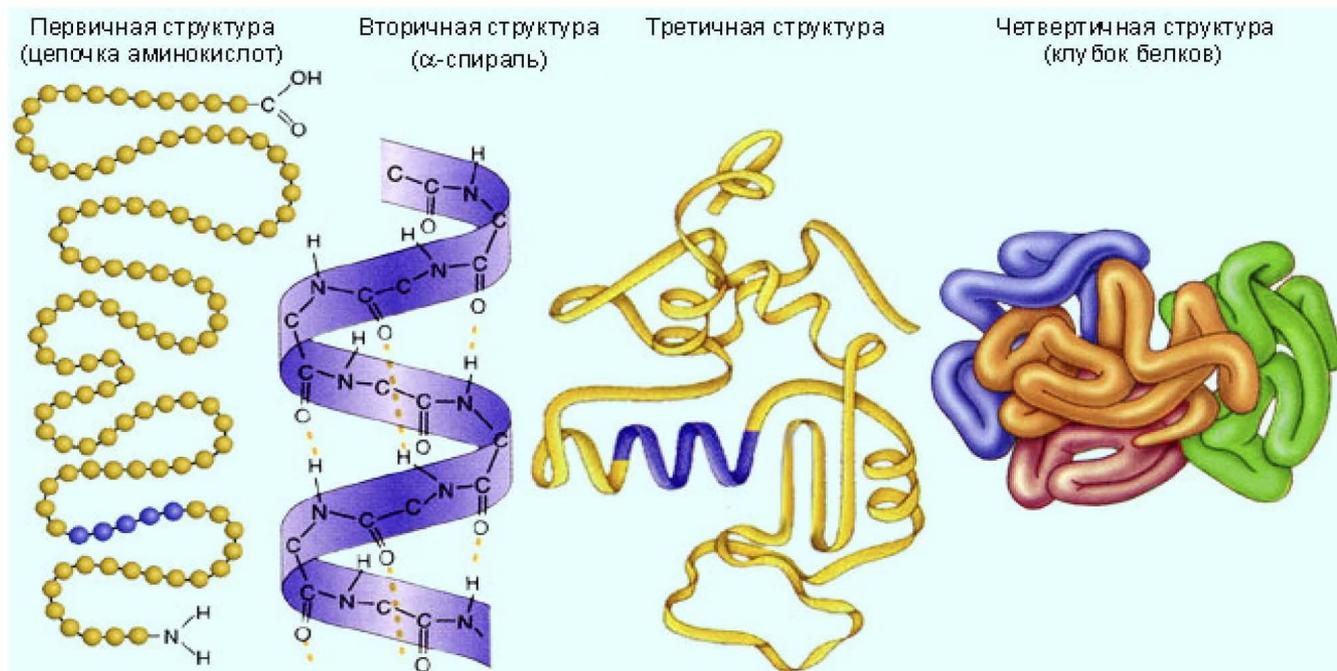
Третичная структура- “субъединица”.

**Четвертичная** –комплекс субъединиц . Представитель- гемоглб<sup>ин</sup>

## Третичная структура



# Уровни структурной организации



# Виды химических связей, формирующих структуру белка:

**Водородные**-между HO-, COOH-, NH<sub>2</sub>- группами.

**Гидрофобные**-между остатками алифатических и ароматических аминокислот.

**Ионные**-между группами COO<sup>-</sup> и NH<sub>3</sub><sup>+</sup>

**Дисульфидные** –S-S- - между остатками цистеина.

Единица измерения массы белковой молекулы - **Дальтон**.

(Джон Дальтон, 1766-1844), англ. ученый-ввел понятие – “единица атомной массы”

**1 Дальтон** равен весу 1 атома водорода.

# Классификация белков.



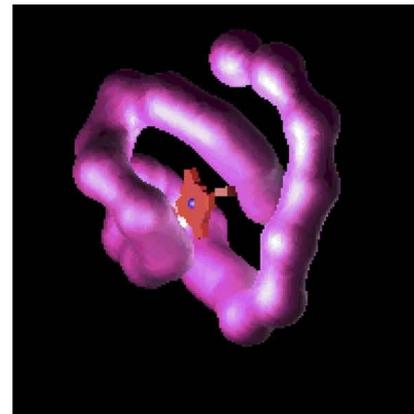
# Простые (**протеины**).

Примеры простых белков	
<b>Альбумины</b>	Нейтральные. Растворимы в воде, в солевых растворах (яичный альбумин, сывороточный альбумин крови).
<b>Глобулины</b>	Нейтральные. Нерастворимы в воде, растворимы в солевых растворах (антитела крови, фибрин).
<b>Гистоны</b>	Основные (щелочные), растворимы в воде, связаны с нуклеиновыми кислотами клетки.
<b>Склеропротеины</b>	Нерастворимы в воде. (Кератин волос, кожи; коллаген сухожилий, эластин связок)

# Сложные белки -протеиды

Апопротеин+ простетическая группа

- фосфопротеины - фосфорная кислота
- хромопротеины – пигменты
- нуклеопротеины - нуклеиновые кислоты
- гликопротеины – углеводы
- липопротеины – липиды
- металлопротеины - металлы



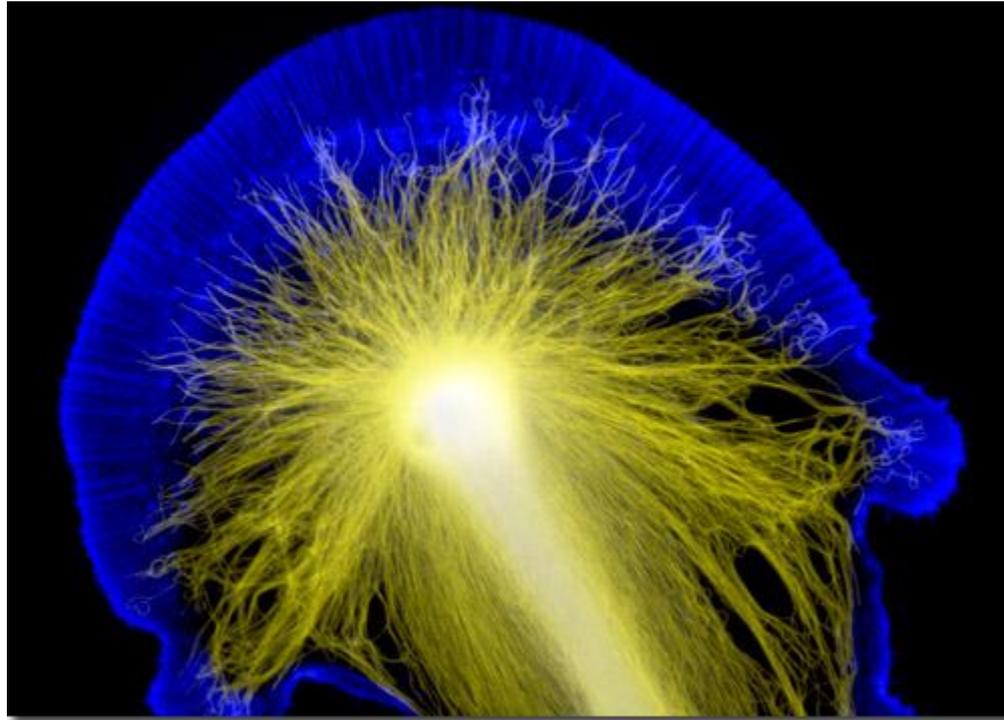
# Сложные белки – **протеиды**. (Белок + **простетическая группа**).

название	простетическая группа	пример
<b>фосфопротеины</b>	фосфорная кислота	казеин молока
<b>гликопротеины</b>	углевод	плазма крови, муцин (компонент слюны).
<b>нуклеопротеины</b>	нуклеиновая кислота	компонент вирусов, хромосом , рибосом.
<b>хромопротеины</b>	пигмент	гемоглобин (железосодержащий пигмент)
<b>липопротеины</b>	липид	липопротеины (обеспечивают транспорт липидов крови), компоненты мембран клетки
<b>металлопротеины</b>	металл	ферритин, трансферрин (обеспечивают транспорт и депонирование металлов).

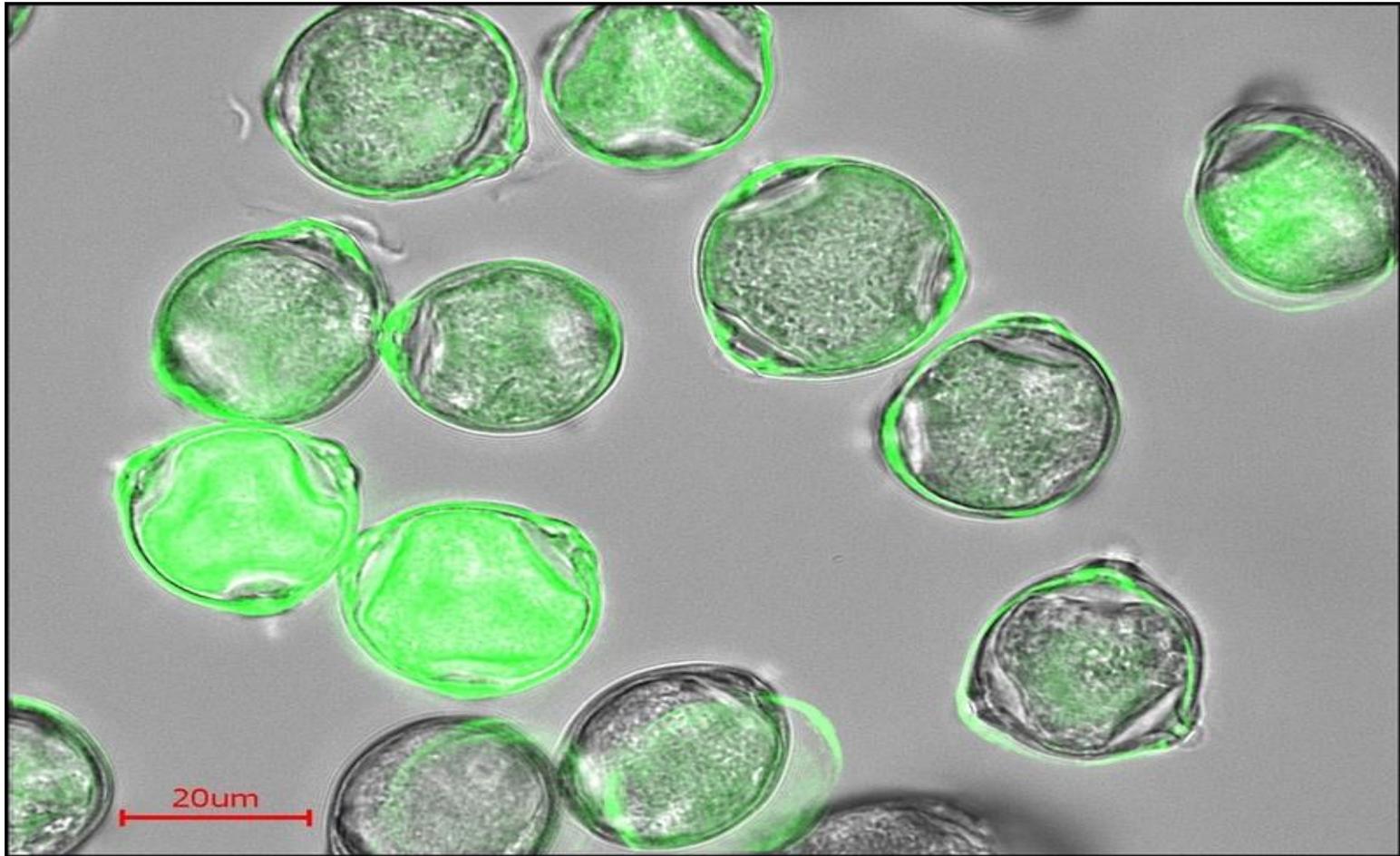
# Классификация белков **по** **структуре.**

структура		представители
<b>фибрилярная</b>	Структура вторичная, нерастворимы в воде, большая механическая прочность, образуют волокна или слоистые структуры	коллаген (сухожилия), миозин (мышцы), кератин (волосы, ногти)
<b>глобулярная</b>	Структура – третичная, цепи свернуты в глобулы, растворимы в воде, образуют коллоидные суспензии.	ферменты антитела(глобулины сыворотки) гормоны (инсулин)
<b>промежуточная</b>	Фибриллярные , но растворимы в воде	фибриноген – превращается в нерастворимый фибрин при свертывании крови.

Волокнистый актин (белок, **фибриллярная форма** которого образует с миозином мышц сократительный элемент – актомиозин , увеличение в 800 раз.



# Физические свойства белков.



# Растворы белков- коллоидные растворы.

Виды растворов:

1. **Истинные**- частицы растворимого вещества невелики, сравнимы по величине с молекулами растворителя. Система гомогенна. Её частицы не разделяются под действием силы тяжести.
2. **Коллоидные**- частицы растворимого вещества велики по сравнению с молекулами растворителя. Система гетерогенна. Не разделяются под действием силы тяжести. В биологических системах нет чёткого разделения между 1 и 2 .

**3. Суспензии и эмульсии.** Если частицы твердые-суспензия, если -жидкие (масло)-эмульсия. Оседают под действием силы тяжести.

Свойства белковых растворов определяются большими размерами молекул, т.е. **белки являются коллоидными частицами** и образуют коллоидные растворы.

### **Свойства коллоидного раствора:**

1. **Опалесценция**-рассеивание света на коллоидных частицах . Наблюдается при прохождении луча света через белковый раствор.
2. **Малая скорость диффузии** (в отличии от истинных растворов).
3. **Неспособность белковых частиц проникать через мембраны**, поры которых меньше диаметра молекулы белка. (Это используется в диализе, лежит в основе работы “искусственной почки”).

4. Создание **онкотического давления**, т. е. перемещение воды в сторону более высокой концентрации белка. Проявляется при отеках.
5. **Высокая вязкость** - в результате сил сцепления между крупными молекулами. Образование гелей и студней.

Растворимость белков зависит от заряда и наличия **гидратной оболочки**. Исчезновение одного из этих факторов ведет к осаждению белка и потере его функций.



Диполи воды

Формирование гидратной оболочки вокруг молекулы белка

# Способы удаления белков из раствора:

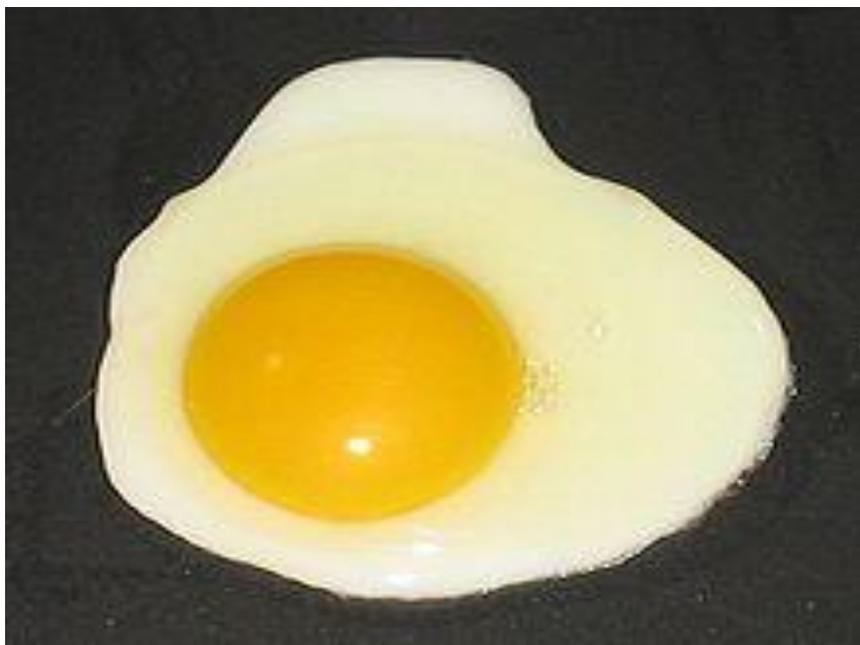
**денатурация**  
(физическая и химическая)

**высаливание**

**осаждение белков**  
водоотнимающими средствами

**изменение**  
**PH**  
раствора

# Денатурация белка.



**Денатурация**-необратимое осаждение белка из-за разрыва связей 2-й, 3-й, и 4-й структуры. Первичная структура сохраняется. Молекула белка теряет способность выполнять свою функцию.

**Ренатурация**-восстановление св-в белка.

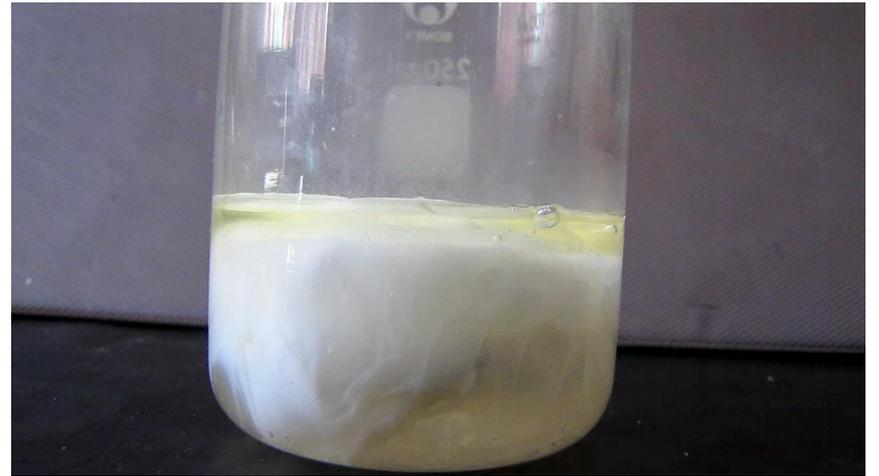
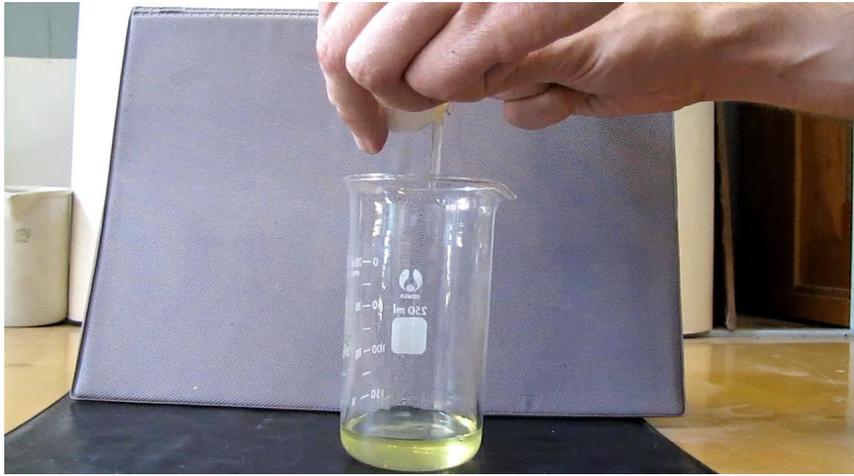
**Денатурирующие агенты** - факторы, вызывающие денатурацию.

Виды денатурации –**физическая** и **химическая**

**Физическая** – вызывается  
повышением  $T$ ,  
ультрафиолетовым и  
микроволновым излучением,  
механическим воздействием,  
ионизацией. В основе –  
возбуждение колебаний атомов  
и разрыв связей .

## Химическая .

1. **Действие кислот и щелочей** - уменьшает число ионных связей.
2. **Ионы тяжелых металлов** - образуют соединения с группами белка. Приводит к разрыву водородных и ионных связей.
3. **Органические растворители** - образуют водородные связи и вызывают дегидратацию.
4. **Восстановители** - вызывают разрыв  $-S-S-$ .
5. **Мочевина** - формирует новые водородные связи, разрывает старую



**Высаливание** - не разрушает структуры белков.

Добавление к раствору белка солей .

$\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

**Механизм высаливания** -

взаимодействие анионов ( $\text{SO}_4$ ) и катионов ( $\text{Na}$ ,  $\text{NH}_4$ ) соли с зарядами белка ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{COO}$ ). Заряд белка исчезает, резко уменьшается гидратная оболочка. Происходит слипание и осаждение молекул.

## Осаждение белков водоотнимающими средствами.

При добавлении водоотнимающих средств (этанол, ацетон) происходит отнятие у белка гидратной оболочки, но не заряда.

Растворимость белка снижается, но денатурация не наступает. Например, в этом заключается антисептическое действие этанола.

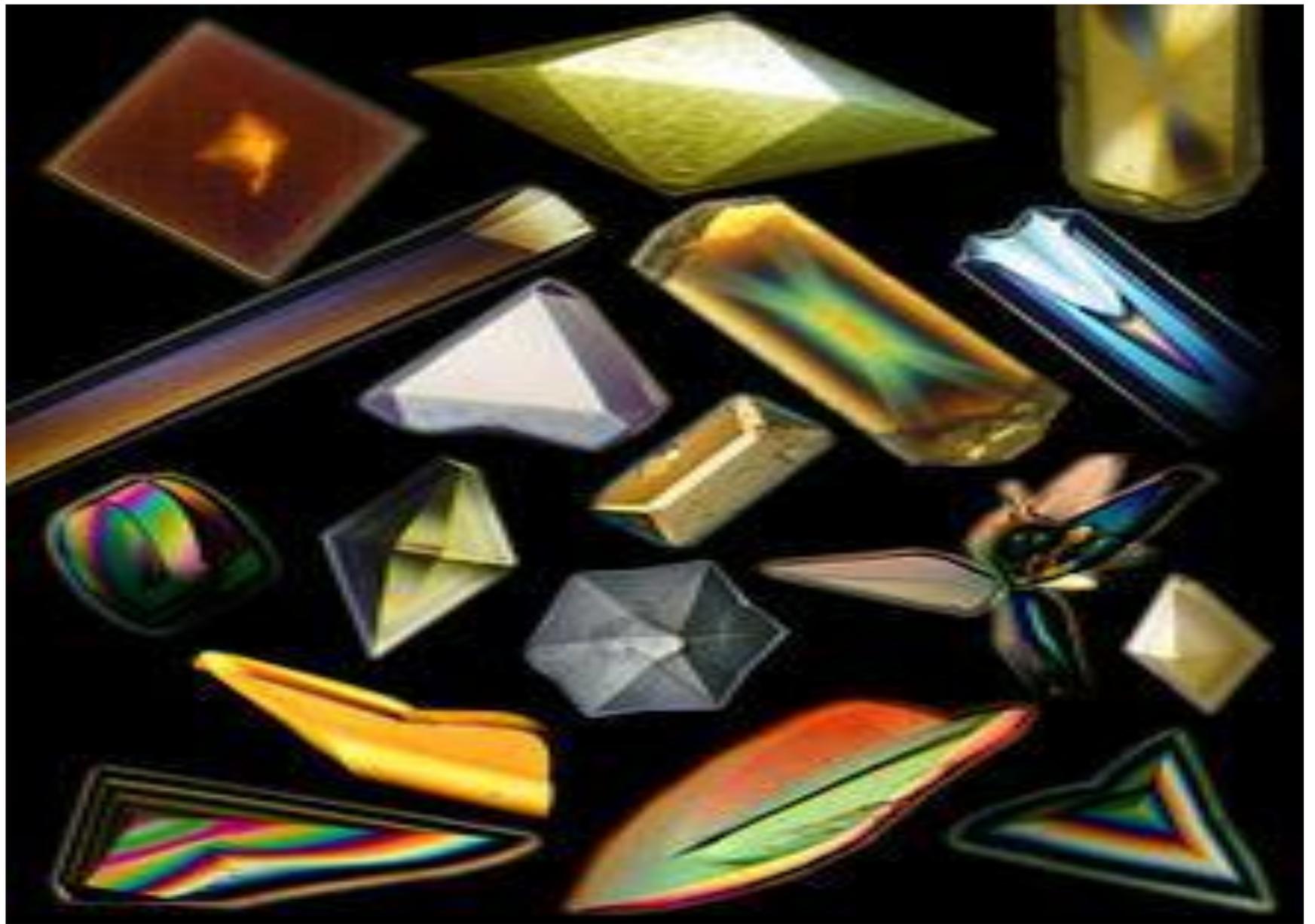
**Изменение РН раствора.** Мягкое изменение РН до изоэлектрической точки (РІ) белка ведет к исчезновению заряда, уменьшению гидратной оболочки, снижению растворимости молекулы.

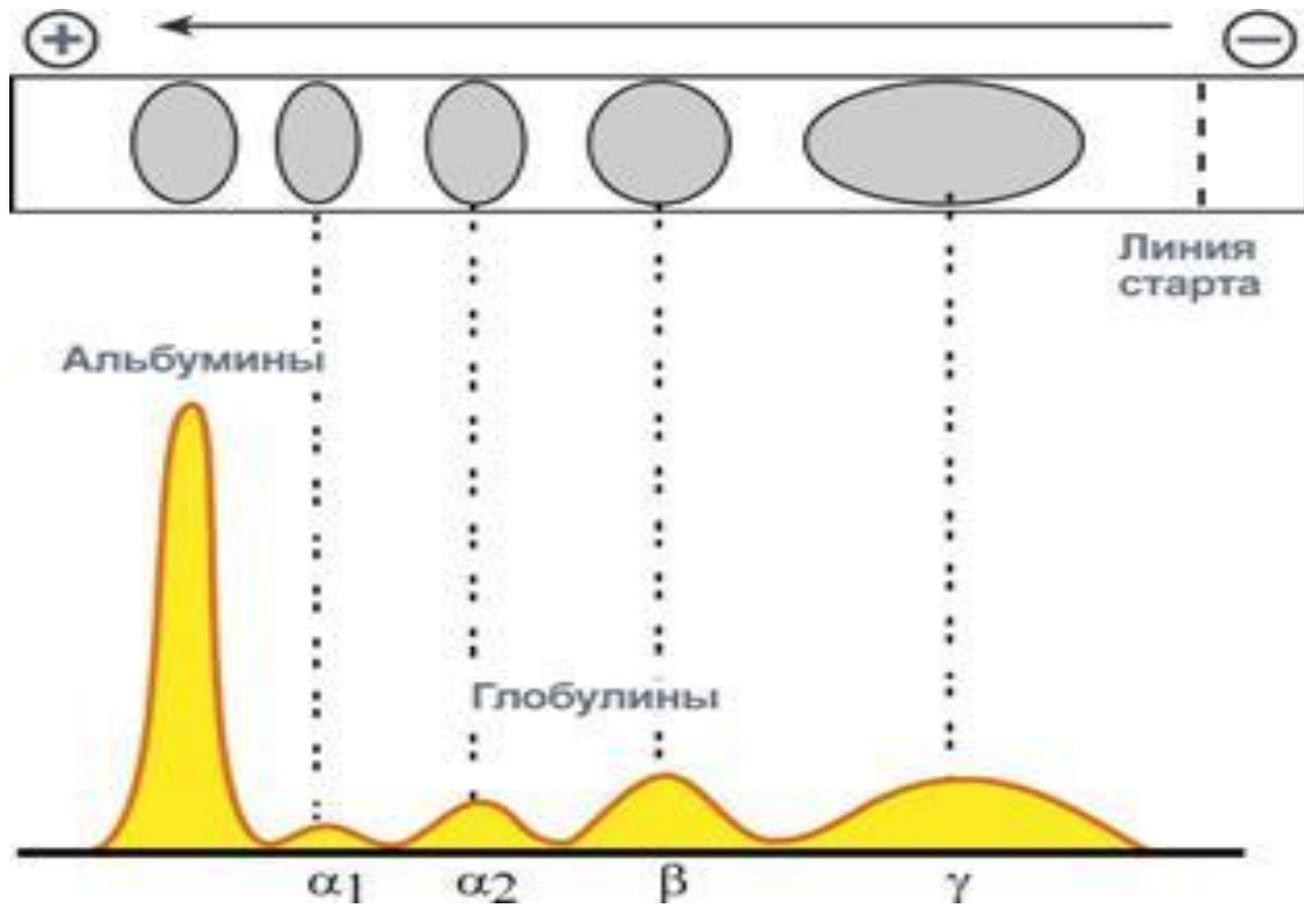
**“Нативный белок”** - белок, сохранивший свои специфические свойства (“нативная” сыворотка).

# Изоэлектрическая точка белка

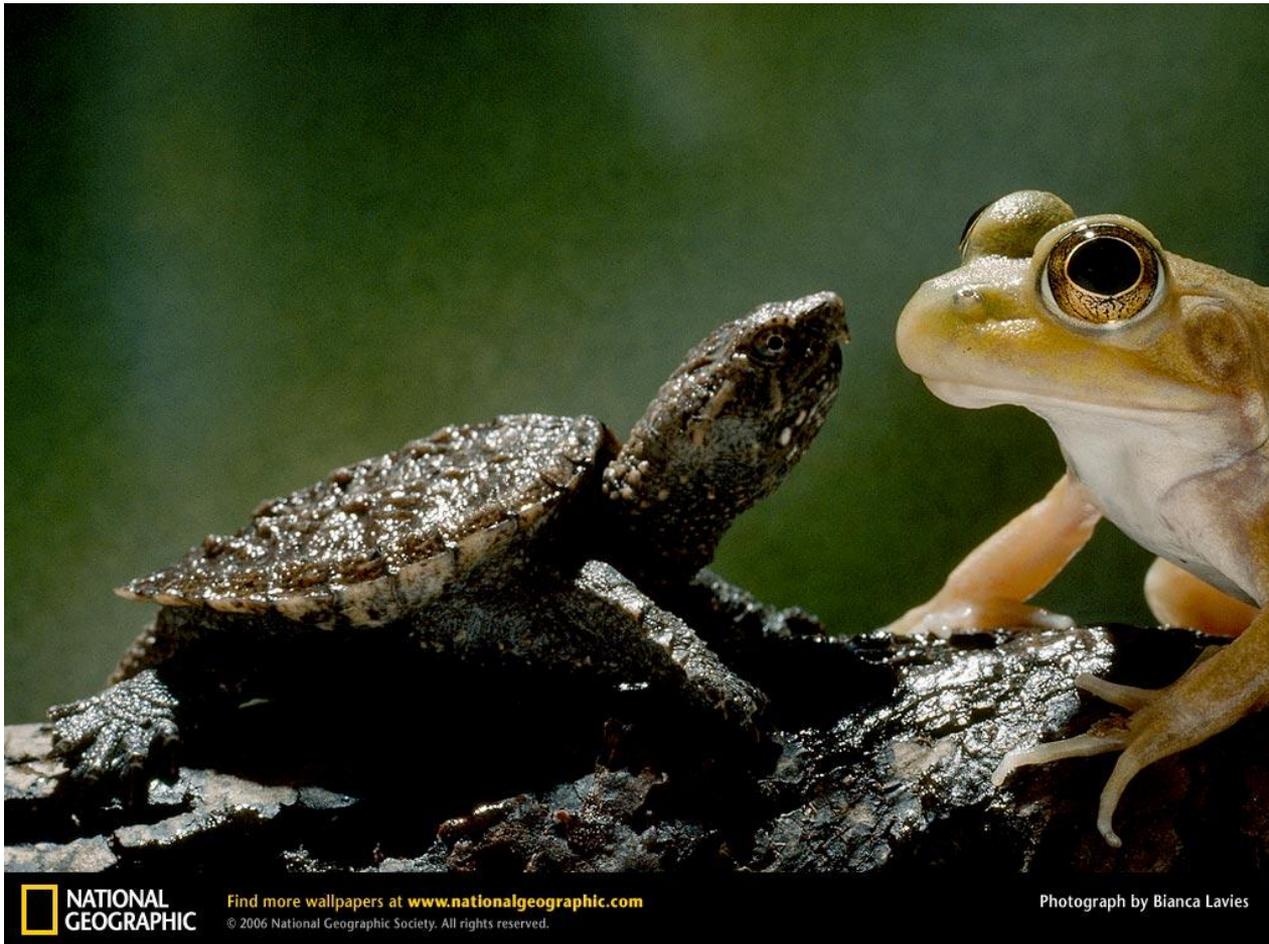
(**PI**).

Свойства белков определяются свойствами аминокислот. Белки-амфотерные соединения. Их свойства обусловлены амино- и карбоксильными группами. Как и аминокислоты, белки при определённом  $\text{pH}$  имеют нейтральный заряд. Такое значение  $\text{pH}$  - наз. "изоэлектрической точкой" белка (**PI**). При  $\text{pH}$  ниже **PI** –увеличивается число полож. зарядов, молек. белка становится катионом (+), при  $\text{pH}$  выше **PI**-увеличивается число отриц. молекул. Молекула белка становится анионом (-).  $\text{PI}$  для большинства белков в пределах  $\text{pH} = 2,7-7,9$ .





# Обмен белков.



 NATIONAL  
GEOGRAPHIC

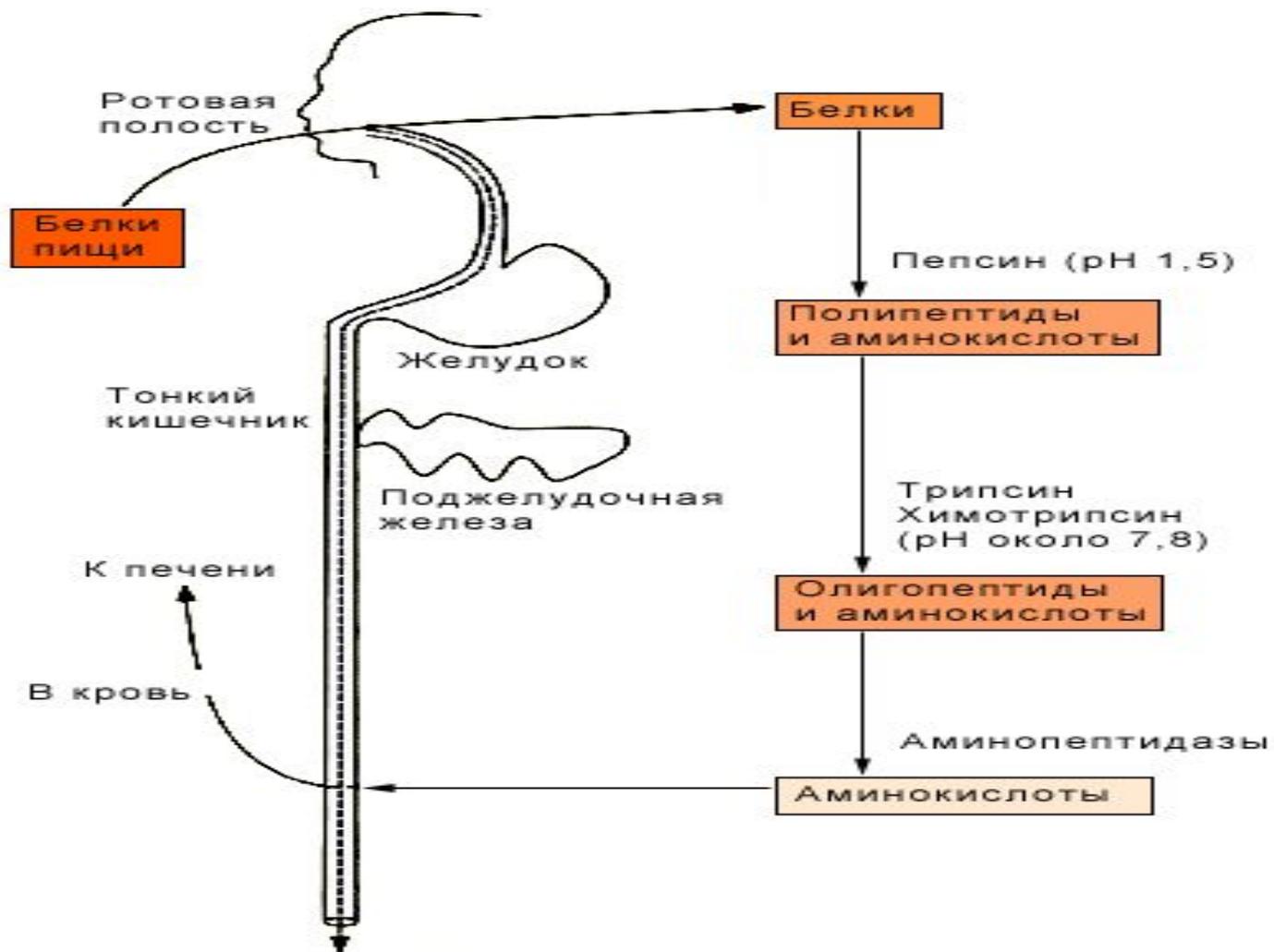
Find more wallpapers at [www.nationalgeographic.com](http://www.nationalgeographic.com)  
© 2006 National Geographic Society. All rights reserved.

Photograph by Bianca Lavies

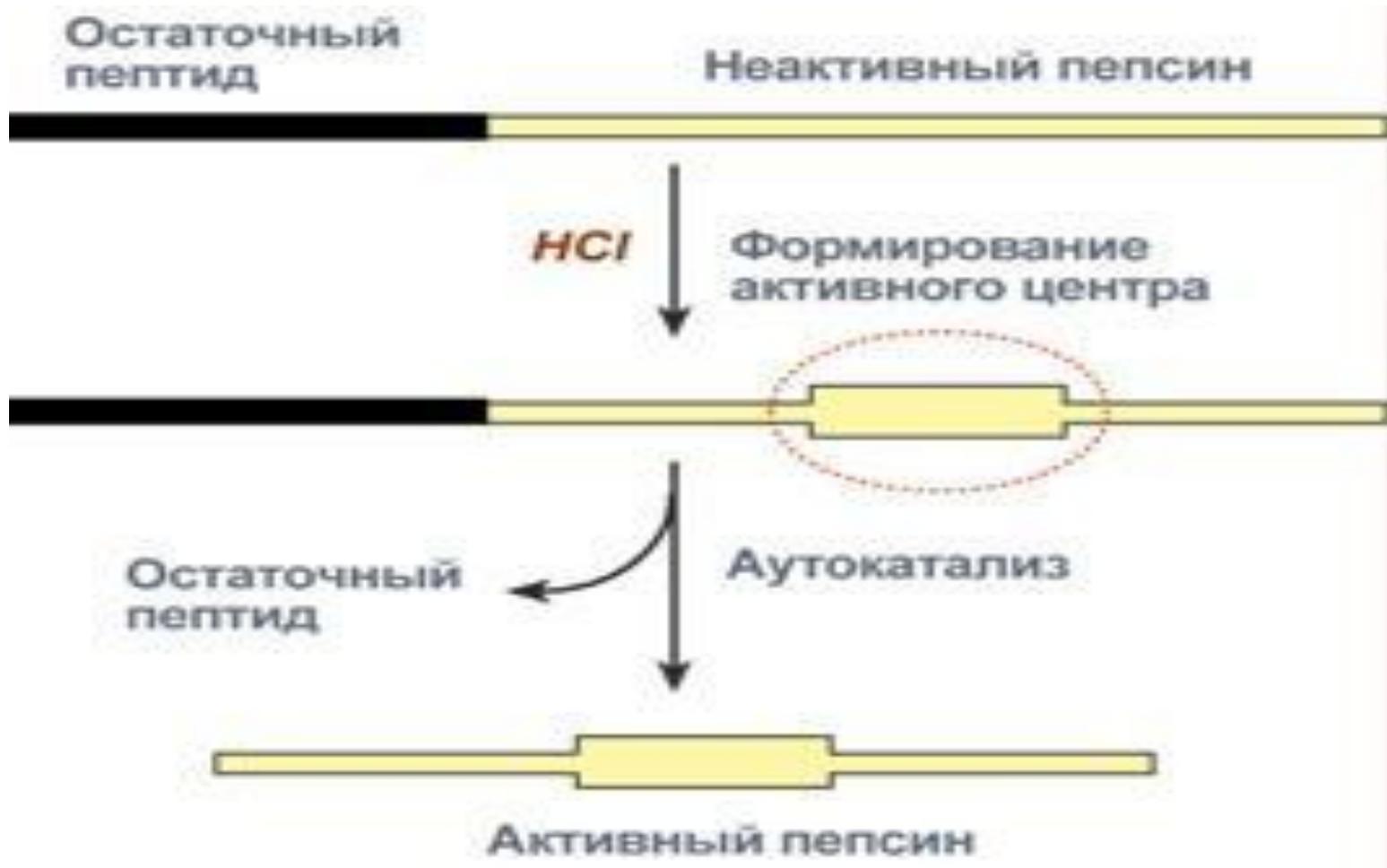
## План:

- Азотистое равновесие.
- Биологическая ценность белка.
- переваривание белков.  
(пищеварение в тонком и толстом кишечнике, гниение белков).

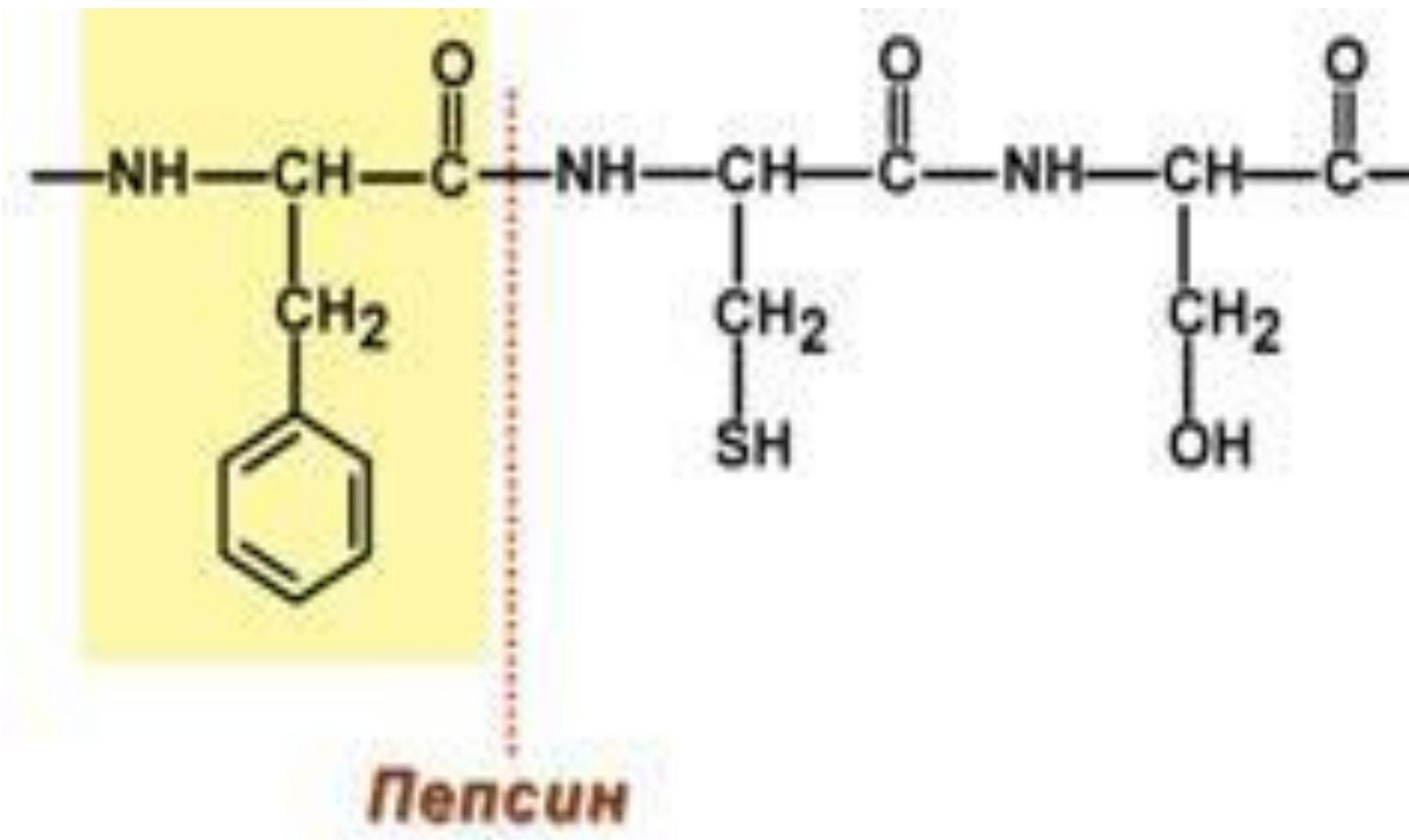
# Схема гидролиза белков в ЖКТ.



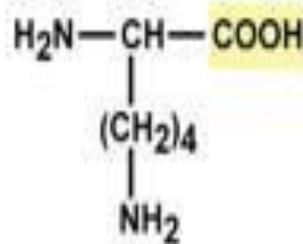
# Активация пепсина.



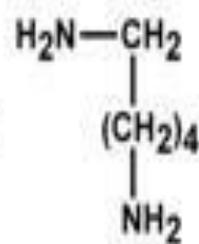
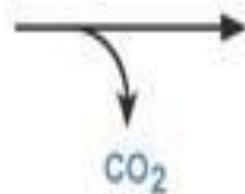
**Пепсин**-эндопептидаза, гидролизует белки на большие пептиды.



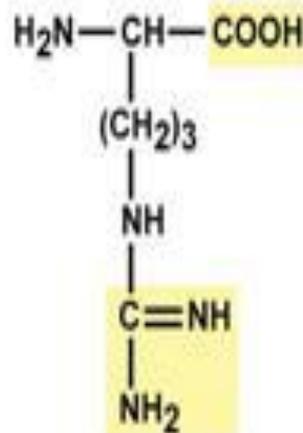
# Реакция превращения **лизина** и **аргинина**.



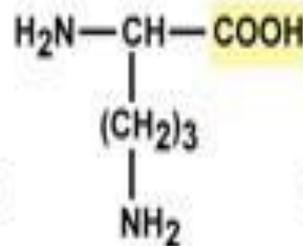
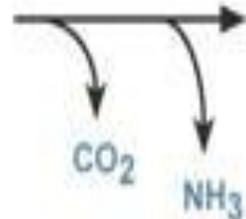
Лизин



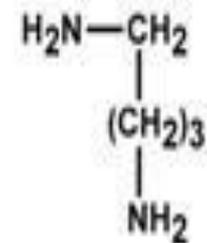
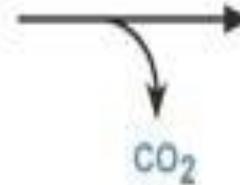
Кадаверин



Аргинин

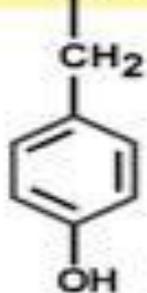
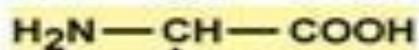


Орнитин

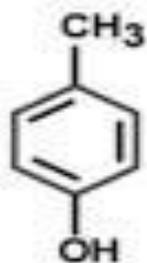


Путресцин

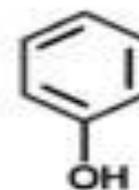
# Реакция превращения тирозина и триптофана



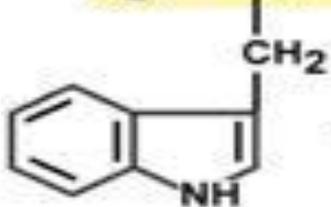
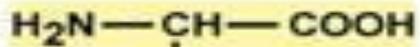
Тирозин



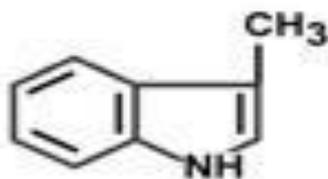
Крезол



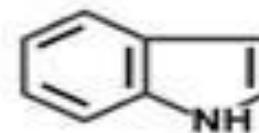
Фенол



Триптофан



Скато́л



Индол

# Участие гормонов в процессе пищеварения.

Гормоны ЖКТ – пептиды.

**Гастрин** – секретируется G-клетками желудка и 12 – п.к. Стимулирует секрецию пепсина и HCl.

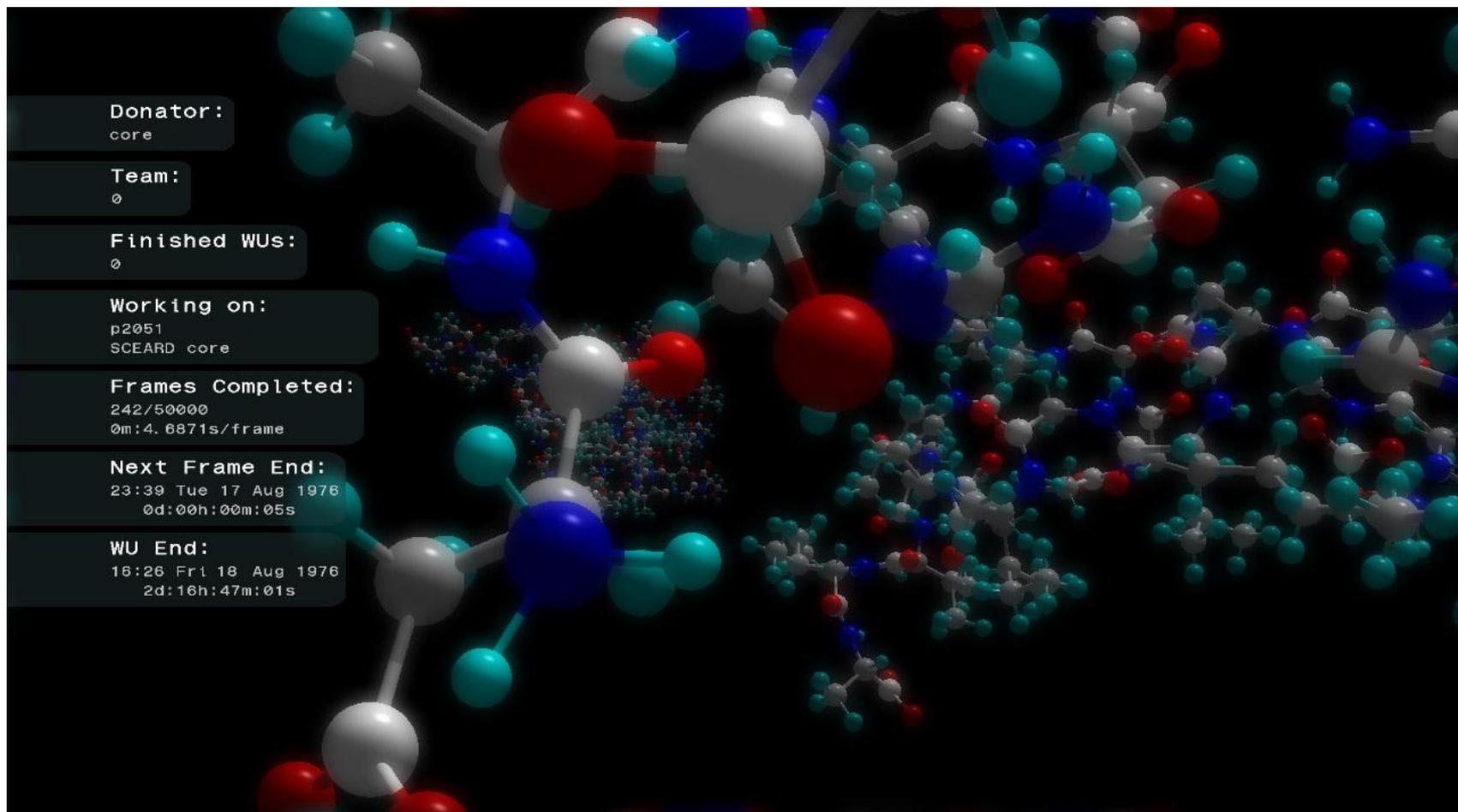
**Секретин** – выделяется S- клетками 12-п. к. Стимулирует функцию поджелудочной железы, отделение желчи.

**Энтеролюкагон** – подобен гастрину, с менее выраженным эффектом.

**Холецистокинин** – выделяется 12-п.к., активирует работу желчного пузыря и выработку желчи.

**Соматостатин** – тормозит секрецию гормонов ЖКТ.

# Промежуточный обмен аминокислот.



# Тема: Промежуточный обмен аминокислот.

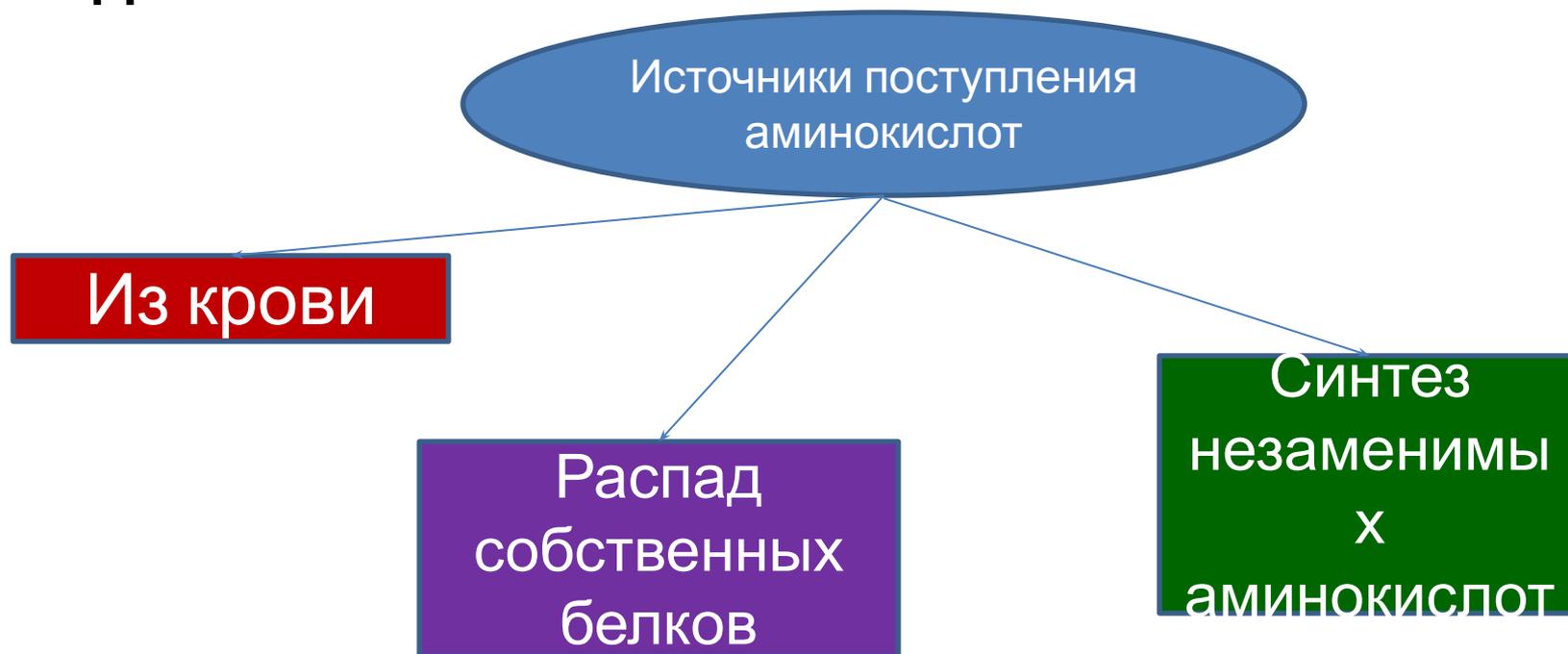
Общие пути обмена аминокислот.

Биогенные амины.

Обмена аммиака, обезвреживание аммиака.

Орнитиновый цикл. Мочевина.

**Промежуточный обмен** аминокислот - это совокупность превращений АК в организме человека от момента поступления их в кровь до выведения из организма в виде мочевины,  $CO_2$  и воды.



# МЕТАБОЛИЗМ



Идрофа

Издательство "Идрофа" (Иркутск)  
Учредитель: ООО "Идрофа"  
Иркутский филиал ООО "Идрофа"  
Иркутск, ул. Дзержинского, 10  
Тел: 8302-22-11-11  
© ООО "Идрофа", 2009

Условно **промежуточный обмен** делят на  
2:

1. **Общие пути обмена АК.**
2. Индивидуальные пути обмена АК.

# Общие пути обмена аминокислот

Включает реакции:

## ДЕЗАМИНИРОВАНИЕ

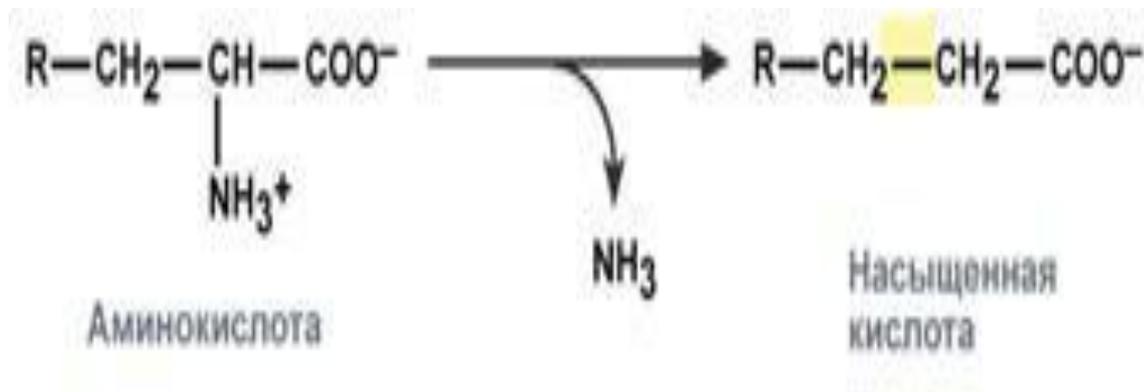
- восстановительное дезаминирование
- гидролитическое дезаминирование
- внутримолекулярное дезаминирование
- окислительное дезаминирование

## ТРАНСАМИНИРОВАНИЕ

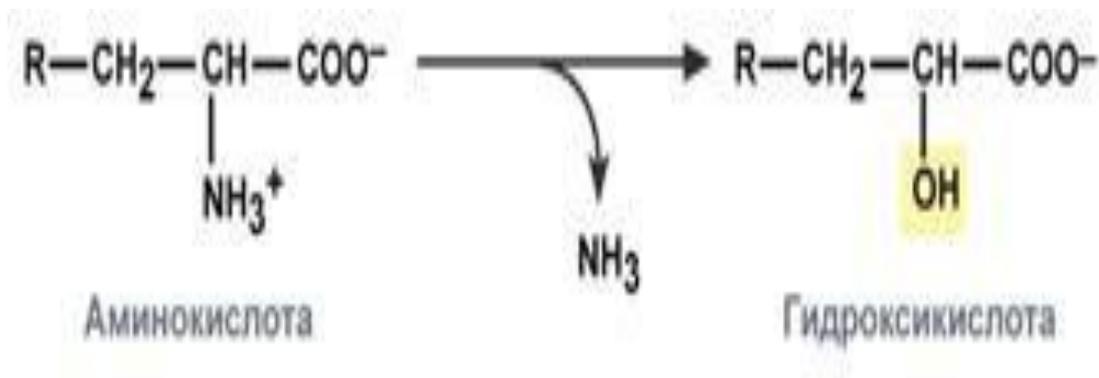
## ДЕКАРБОКСИЛИРОВАНИЕ

**ДЕЗАМИНИРОВАНИЕ** –отщепление аминогруппы.  
(для каждой реакции свой фермент).

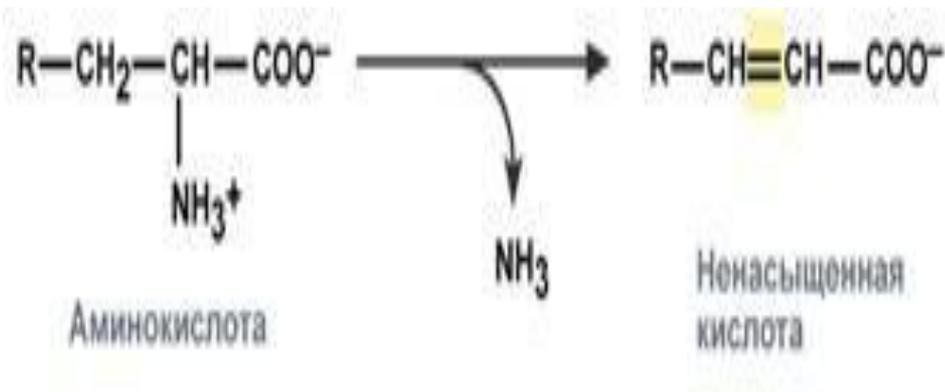
1. **Восстановительное** - восстановление с образованием карбоновых кислот.



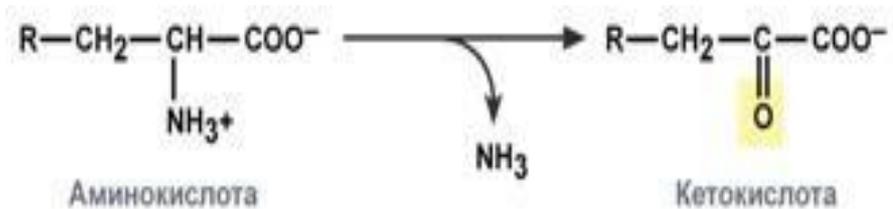
## 2. **Гидролитическое** дезаминирование с образованием гидроксикарбоновых кислот.



### 3. **Внутримолекулярное** с образованием ненасыщенных аминокислот.



## 4. **Окислительное** дезаминирование с образованием кетокислот.



**ТРАНСАМИНИРОВАНИЕ**- реакции межмолекулярного переноса аминогруппы (NH<sub>2</sub>) от аминокислоты на альфа-кетогруппу без образования аммиака.

Впервые эти реакции были открыты в 1937 г. А.Е. Браунштейном и М.Г.Крицман. Реакции трансаминирования являются **обратимыми** и универсальными для всех живых организмов.

Протекают при участии ферментов аминотрансфераз (трансаминаз).

Аминотрансфераза – локализуется в митохондриях. В тканях человека >10 аминотрансфераз.

**АЛТ**-аминотрансфераза, **АСТ**-аспарагинаминотрансфераза. Активность АСТ и АЛТ увеличивается при заболеваниях печени, сердца.

## Биологическое значение реакций трансаминирования:

1. Синтез 10 заменимых аминокислот
2. Доставка аминокетильной группы АК из мышц в печень в цикле аланин-глюкоза.
3. Доставка аминокетильной группы АК печени через аспартат в биосинтезе мочевины.

# В клинике широко используется определение активности АСТ и АЛТ.



# ДЕКАРБОКСИЛИРОВАНИЕ – процесс отщепления карбоксильной группы в виде $\text{CO}_2$ .

Фермент-декарбоксилаза аминокислот при участии активной формы витамина В6. (пиридоксальфосфат)  
Продукты реакции – **БАА** биологически активные вещества (серотонин, гистамин, мелатонин, ГАМК и др.)



# Продукты реакции декарбоксилирования (**БАА**)- биологически активные амины.

представитель	функция
Триптамин	Повышает тонус сосудов
Серотонин	Участвует в регуляции АД, Т тела, дыхания, почечной фильтрации, перистальтике кишечника
катехоламин	Участвует в мобилизации из депо гликогена и липидов, повышает тонус периферических сосудов, участвует в проведении нервных импульсов
Гистамин	Стимулирует секрецию желудочного сока, повышает проницаемость капилляров (отеки), снижает АД, сокращает гладкую мускулатуру (удушье), участвует в реакции воспаления...
Холин	Участвует в синтезе фосфолипидов и ацетилхолина
Дофамин	Предшественник норадреналина и адреналина

## Судьба биогенных аминов.

Накопление **БАА** может отрицательно сказаться на физиологическом статусе. Однако, органы и ткани имеют специальные механизмы обезвреживания биогенных аминов. БАА инактивируются в печени-это окислительное дезаминирование с образованием **альдегидов** и **аммиака**. Проходит при участии ферментов **моноаминоксидазы** и **диаминоксидазы**.

# Обмен аммиака.

В сутки распадается 70 г. аминокислот (АК).

При этом в результате дезаминирования, трансаминирования и окисления БАА высвобождается аммиак. Концентрация аммиака в крови не  $>0,02-0,04$  ммоль/л.

При концентрациях  $>0,06$  ммоль/л-раздражение ЦНС (рвота, судороги, потеря сознания, летальный исход).



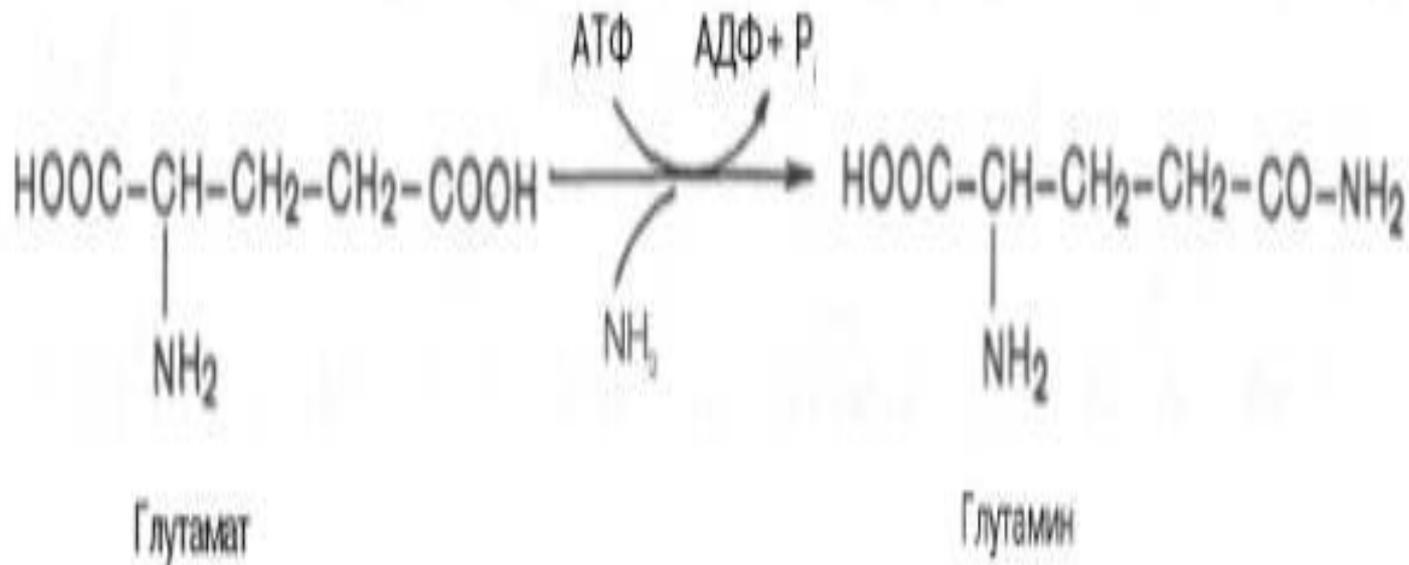
## Обезвреживание аммиака.

Образующийся в процессе дезаминирования аммиак используется в небольших количествах в процессе внутриклеточного метаболизма. Аммиак токсичен. Основная масса должна выводиться из организма. Наиболее активно производят аммиак органы с высоким обменом АК-нервная ткань, печень, кишечник, мышцы. В сутки подвергается распаду 70 гр. АК. Концентрация аммиака 3 Ммоль./литр-токсична. В каждой клетке должны быть механизмы по обезвреживанию аммиака.

## Основные пути обезвреживания аммиака.

- 1. Образование амонийных солей**  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (0,5 г в сутки), которые выводятся с мочой. При ацидозе их образование усиливается, что спасает для организма катионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ . (Ацидоз-смещение кислотно-щелочного баланса организма в сторону увеличения кислотности).
- 2. Восстановительное аминирование** (реаминирование) и **трансаминирование альфа-аминокислот**- является механизмом обезвреживания аммиака и одновременно вариантом биосинтеза заменимых АК.

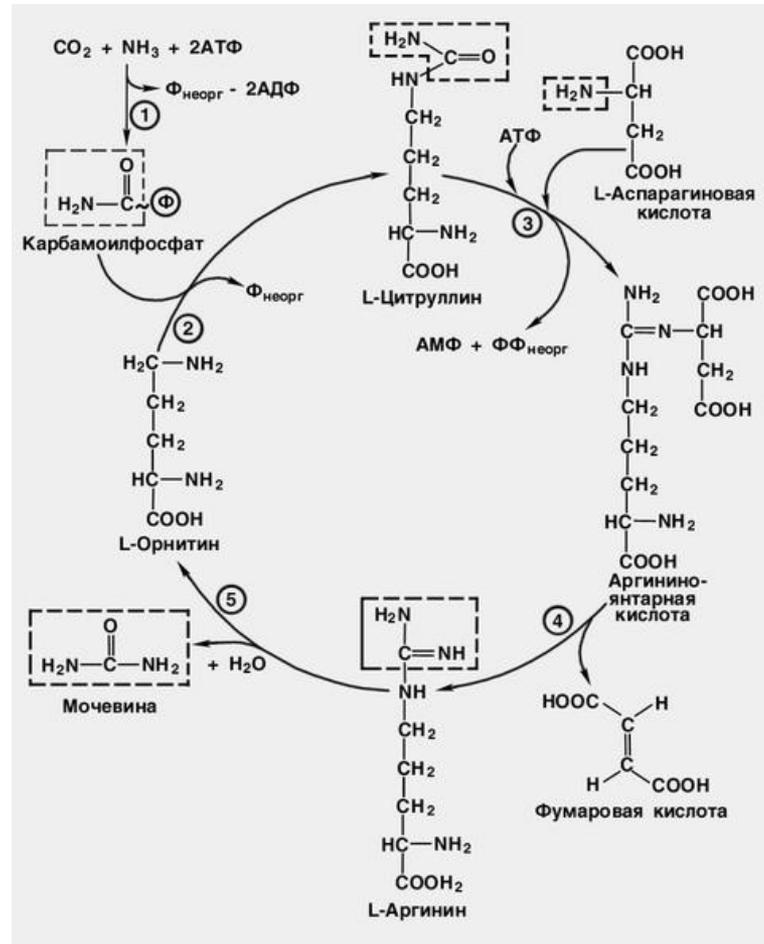
**3. Образование амидов дикарбоновых кислот**-важный путь обезвреживания аммиака в тканях мозга, скелетных мышцах и печени, откуда он в составе глутамина и аспарагина поступает в кровь, затем в печень и почки, где превращается в мочевины.



## Орнитиновый цикл.

4. Основной механизм обезвреживания аммиака- **биосинтез мочевины**.  
Выводится с мочой в качестве главного конечного продукта белкового обмена. На долю мочевины приходится 80-85% всего азота мочи. Реакции синтеза мочевины представлены в виде **орнитинового цикла** (орнитиновый цикл мочевинообразования Кребса).

# Орнитиновый цикл.



# Биологическое значение орнитинового цикла:

Обезвреживание аммиака.

Регуляция азотистого  
баланса.

Биосинтез заменимых АК.

Участие в биосинтезе  
глюкозы и др.







Photograph by David Scharf, Getty

Visions of Earth  
National Geographic, February 2007  
© 2007 National Geographic Society. All rights reserved.