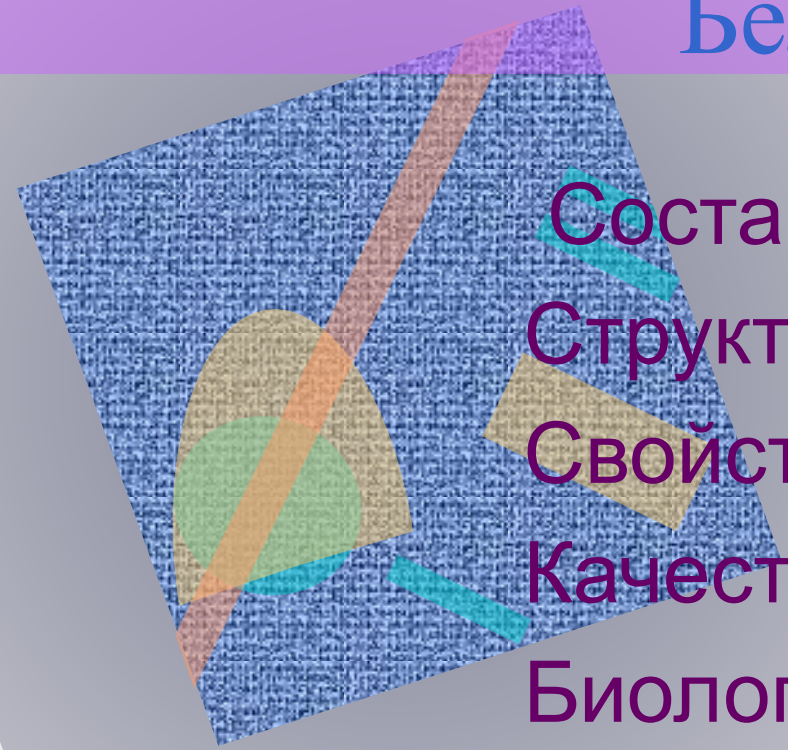


# Белки



Состав  
Структура  
Свойства  
Качественные реакции  
Биологическая роль

Белки



# Понятие «белки»

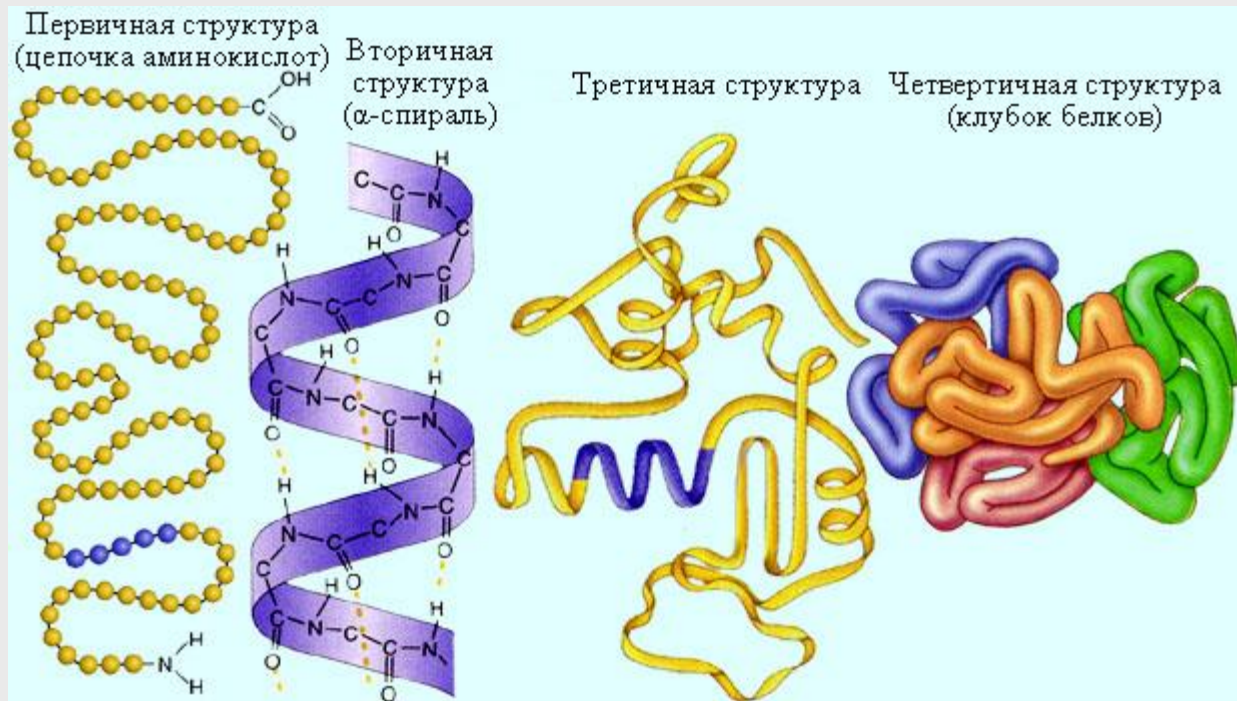
**Белки** – высокомолекулярные соединения, образующиеся в результате связывания отдельных полипептидных цепей водородными связями.

Все белки подразделяются на глобулярные и фибриллярные. Глобулярные белки компактны, обладают сферической и приближенными к ней формами. Глобулярный белок диаметром 2,5 нм представляет собой полипептидную цепь длиной до 50 нм, свернутую в клубок.

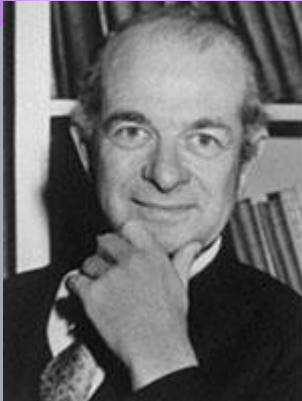
Фибриллярные белки обычно вытянуты и входят в состав тканей, мышц, волос. Полипептидные цепи такого белка, свернутые в винтовую спираль, ориентированы параллельно друг другу.

На рис. (следующий слайд) приведена структура нити мышечного белка. Одной из важнейших вторичных структур является  $\alpha$ -спираль, впервые найденная [Л. Полингом](#) и Р. Б. Кори.

# Структура нити мышечного белка



# Л. Полинг



**Полинг (Паулинг) Лайнус Карл** (28.II.1901–19.VIII.1994) Американский физик и химик. Работы посвящены главным образом изучению строения молекул и природы химической связи.

Наряду с американским физикохимиком Дж. Слейтером разработал (1931–1934) квантово-механический метод изучения и описания структуры молекул – метод валентных связей.

Количественно определил (1932) понятие электроотрицательности (ЭО), предложил **шкалу ЭО**.

**Заложил основы структурного анализа белка. Разработал представления о структуре полипептидной цепи в белках,**

**Впервые высказав мысль о ее спиральном строении и дал описание  $\alpha$ -спирали.**

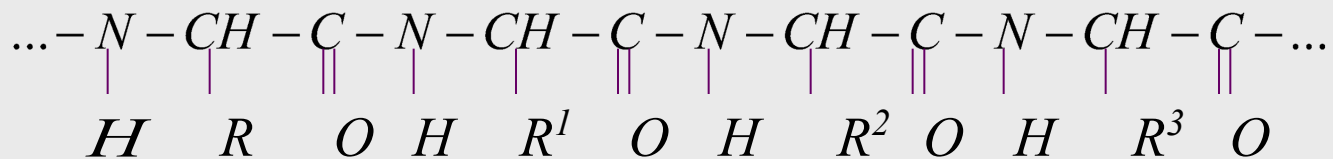
**Открыл молекулярные аномалии при некоторых болезнях крови. Занимался изучением строения дезоксирибонуклеиновой кислоты, структуры антител и природы иммунологических реакций, проблемами эволюционной биологии. Нобелевская премия (1954).**



Белками, или белковыми  
веществами, называют  
высокомолекулярные  
(молекулярная масса варьирует от  
5-10 тыс. до 1 млн и более)  
природные полимеры, молекулы  
которых построены из остатков  
аминокислот, соединённых  
амидной (пептидной) связью.

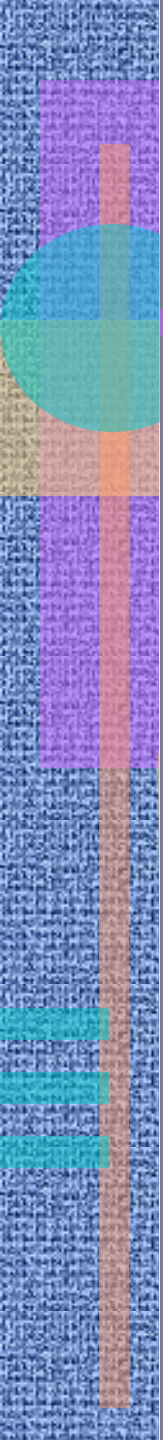
# СТРОЕНИЕ

**В молекулах белка  $\alpha$  - аминокислоты связаны между собой пептидными (-CO-NH-) связями. Чередование аминокислот в молекуле представляет первичную структуру.**



**Построенные таким образом полипептидные цепи или отдельные участки внутри полипептидной цепи могут быть в отдельных случаях дополнительно связаны между собой дисульфидными (-S-S-) связями, дисульфидными мостиками, между аминокислотами, содержащими серу.**

**Молекула белка имеет четыре структурных организации: первичную, вторичную, третичную и четвертичную.**

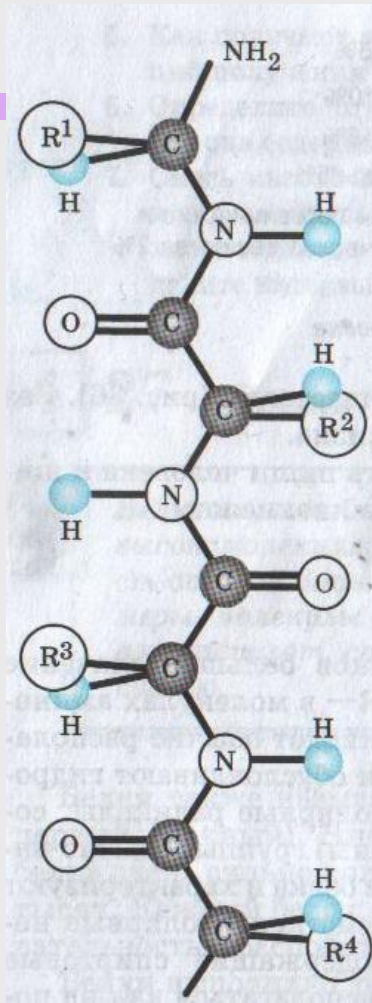


Большую роль в создании структуры белков играют ионные (солевые) и водородные связи, а также гидрофобное взаимодействие – особый вид контактов между гидрофобными компонентами молекул белков в водной среде. Все эти связи имеют различную прочность и обеспечивают образование сложной, большой молекулы белка.

Несмотря на различие в строении и функциях белковых веществ, их элементный состав колеблется незначительно (в %) : углерода-**51-53**; кислорода-**21,5-23,5**; азота-**16,8-18,4**; водорода-**6,5-7,3**; серы-**0,3-2,5**  
Некоторые белки содержат в небольших количествах фосфор, селен и другие элементы.

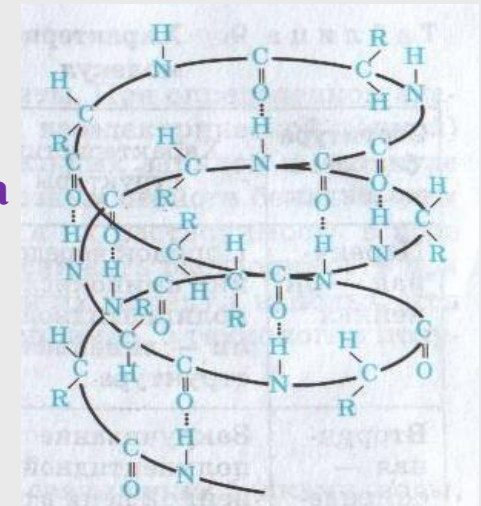


# Первичная и вторичная структура белковой молекулы



Последовательность соединения аминокислотных остатков в полипептидной цепи получила название **первичной структурой белка**. Общее число различных типов белков у всех видов живых организмов составляет  **$10^{10}$ - $10^{12}$**

**Вторичной структурой** обладает большая часть белков, правда, не всегда на всём протяжении полипептидной цепи. **(Закрученная в спираль).**



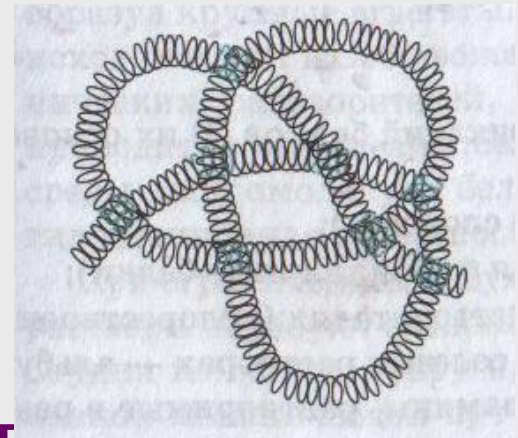
# Третичная структура молекулы белка

Полипептидные цепочки с определённой вторичной структурой могут быть по-разному расположены в пространстве.

Это пространственное расположение получило название **третичной структуры**.

В формировании третичной структуры, кроме водородных связей, большую роль играет ионное взаимодействие.

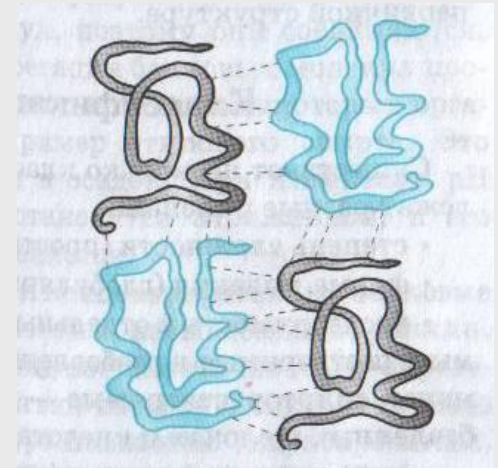
По характеру «упаковки» белковых молекул различают глобулярные, или шаровидные, и фибриллярные, или нитевидные, белки.



# Четвертичная структура молекулы белка

В ряде случаев отдельные субъединицы белка с помощью водородных связей, электростатического и других взаимодействий образуют сложные ансамбли. В этом случае образуется **четвертичная структура белков**.

В организации более высоких структур белка исключительная роль принадлежит первичной структуре.



# Характеристика трёх структур белковых молекул

Структура белковой молекулы	Характеристика структуры	Тип связи, определяющий структуру	Графическое изображение
Первичная – линейная	Порядок чередования аминокислот в полипептидной цепи – линейная структура	Пептидная связь – NH – CO –	
Вторичная – спиралевидная	Закручивание полипептидной линейной цепи в спираль – спиралевидная структура	Внутримолекулярные ВОДОРОДНЫЕ ВСЯЗИ	CO...HNCO...HN 
Третичная – глобулярная	Упаковка вторичной спирали в клубок – клубочковидная структура	Дисульфидные и ионные связи	

## Свойства

**Белки** – амфотерные электролиты. При определённом значении pH среды (она называется изоэлектрической точкой) число положительных и отрицательных зарядов в молекуле белка одинаково. Это одной из свойств белка. Белки в этой точке электронейтральны, а их растворимость в воде наименьшая. Способность белков снижать растворимость при достижении электронейтральности их молекул используется для выделения их из растворов, например в технологии получения белковых продуктов.

# Гидратация

Процесс гидратации означает связывание белками воды, при этом они проявляют гидрофильные свойства: набухают, их масса и объём увеличиваются. Набухание белка сопровождается его частичным растворением. Гидрофильность отдельных белков зависит от их строения. Имеющиеся в составе и расположенные на поверхности белковой макромолекулы гидрофильные амидные ( $\text{CO-NH-}$ , пептидная связь), аминные ( $\text{NH}_2$ ) и карбоксильные ( $\text{COOH}$ ) группы притягивают к себе молекулы воды, строго ориентируя их на поверхности молекулы. Окружающая белковые глобулы гидратная (водная) оболочка препятствует агрегации и осаждению, а следовательно способствует устойчивости раствора белка.

При ограниченном набухании концентрированные белковые растворы образуют сложные системы, называемые *студнями*. Студни не текучи, упруги, обладают пластичностью, определенной механической прочностью, способны сохранять свою форму. Глобулярные белки могут полностью гидратироваться, растворяясь в воде (например, белки молока), образуя растворы с невысокой концентрацией.

Гидрофильность белков зерна и муки играет большую роль при хранении и переработке зерна, в хлебопечении. Тесто, которое получают в хлебопекарном производстве, представляет собой набухший в воде белок, концентрированный студень, содержащий зёрна крахмала.

# Денатурация белков

При денатурации под влиянием внешних факторов (температуры, механического воздействия, действия химических агентов и ряда других факторов) происходит изменение вторичной, третичной и четвертичной структур белковой макромолекулы, т. е. её нативной пространственной структуры. Первичная структура, а следовательно. И химический состав белка не меняются. Изменяются физические свойства: снижается растворимость, способность к гидратации, теряется биологическая активность. Меняется форма белковой макромолекулы, происходит агрегирование. В то же время увеличивается активность некоторых химических групп, облегчается воздействие на белки протеолитических ферментов, а следовательно и легче гидролизуются.

В пищевой технологии особое практическое значение имеет тепловая денатурация белков, степень которой зависит от температуры, продолжительности нагрева и влажности.

Денатурация белков может вызываться и механическим воздействием (давлением, растиранием, встряхиванием, ультразвуком). Наконец, к денатурации белков приводит действие химических реагентов (кислот, щелочей, спирта, ацетона. Все эти приёмы широко используются в пищевой промышленности и в биотехнологии.

# Пенообразование

Под процессом пенообразования понимают способность белков образовывать высококонцентрированные системы «жидкость – газ», называемые пенами. Устойчивость пены, в которой белок является пенообразователем, зависит не только от его природы и от концентрации, но и от температуры. Белки в качестве пенообразователей используются в кондитерской промышленности (пастила, зефир, суфле). Структуру пены имеет хлеб, а это влияет на его вкусовые свойства.

Для пищевой промышленности можно выделить два очень важных процесса:

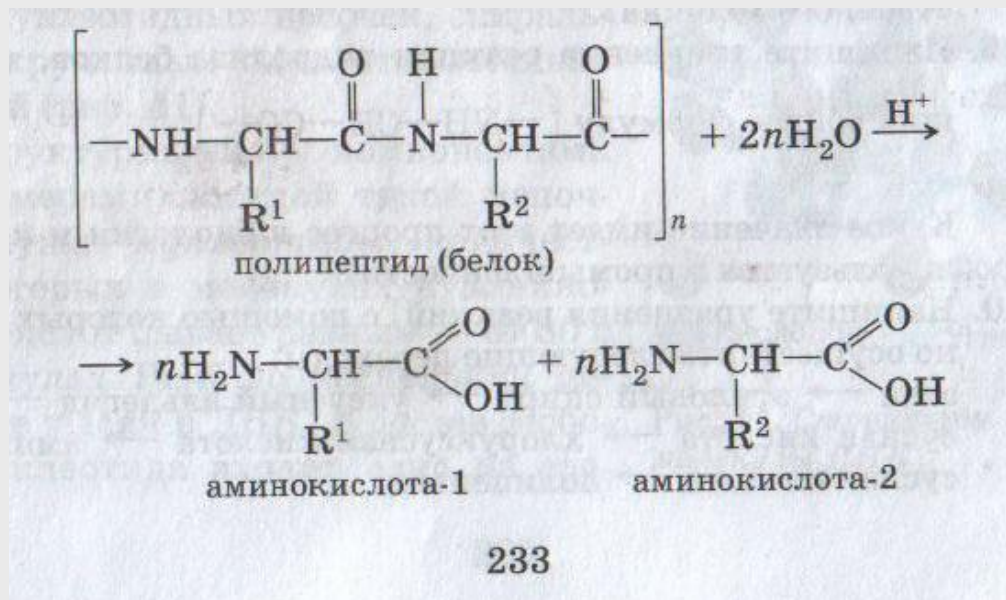
- 1) Гидролиз белков под действием ферментов;
- 2) Взаимодействие аминокрупп белков или аминокислот с карбонильными группами восстанавливающих сахаров.

Скорость гидролиза белка зависит от его состава, молекулярной структуры, активности фермента и условий.



# Гидролиз белков

Реакцию гидролиза с образованием аминокислот в общем виде можно записать так:



# Горение

Белки горят с образованием азота, углекислого газа и воды, а также некоторых других веществ. Горение сопровождается характерным запахом жжёных перьев.

## Цветные реакции

Используют следующие реакции:

- ◆ **ксантопротеиновую**, при которой происходит взаимодействие ароматических и гетероатомных циклов в молекуле белка с концентрированной азотной кислотой, сопровождающееся появлением жёлтой окраски;
- ◆ **биуретовую**, при которой происходит взаимодействие слабощелочных растворов белков с раствором сульфата меди(II) с образованием комплексных соединений между ионами  $\text{Cu}^{2+}$  и полипептидами. Реакция сопровождается появлением фиолетово-синей окраски.

## Нормы белка. Биологическая ценность.

- Общее количество поступающего белка
- 0,7 г/кг – день
- Новорожденные – 4 г/кг
- Дети – 2 г/кг
- 5 лет – 1 г/кг

Минимальная норма белка = **30 г т.к.** через кишечник и немного через почки организм постоянно теряет белок.

Аминокислоты **не запасаются** в организме, в печени окисляется или используется до **100 г** аминокислот в сутки.

Содержащийся в них азот превращается в мочевины и выделяется с мочой, а углеродный скелет используется в синтезе углеводов, липидов или окисляется с образованием АТФ.

Окисление аминокислот поставляет 10 - 15 % метаболической энергии.

- В организме взрослого человека **ежедневно** разрушается до аминокислот **300-400 г** белка (**протеолиз**). В тоже время примерно то же самое количество аминокислот вновь образуют молекулы белков (**белковый биосинтез**). Многие белки относительно **недолговечны**: они начинают обновляться спустя несколько часов после синтеза, а биохимический полупериод составляет 2-8 дней.

# Нормы белка. Биологическая ценность белков.

- Общее количество поступающего белка
- перевариваемость белка
- Аминокислотный состав
- Общая калорийность поступающих продуктов питания
- 0,7 г/кг – день
- Новорожденные – 4 г/кг
- Дети – 2 г/кг
- 5 лет – 1 г/кг

# Минимальная норма белка

- Через кишечник и немного через почки организм постоянно теряет белок. В связи с этими неизбежными потерями ежедневно необходимо получать с пищей не менее **30 г белка**.

# Источники и пути использования аминокислот

- Аминокислоты - 30 г.
- В крови - 35 - 65 мг/дл.
- Белки - 15 кг

Пища

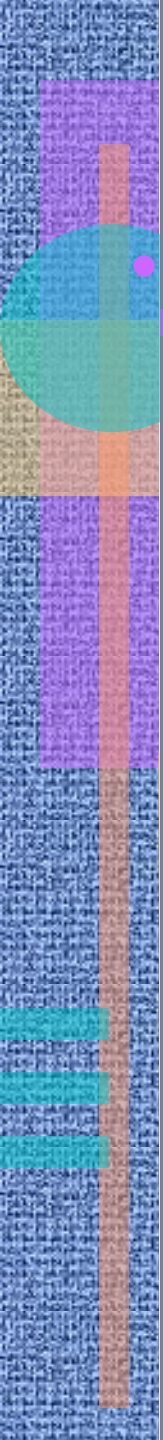
белки тканей

аминокислоты

углеводы



- В организме взрослого человека **ежедневно** разрушается до аминокислот **300-400 г** белка (**протеолиз**) В тоже время примерно то же самое количество аминокислот включается во вновь образованные молекулы белков (**белковый биосинтез**). Многие белки относительно *недолговечны*: они начинают обновляться спустя несколько часов после синтеза, а биохимический полупериод составляет 2-8 дней.

- 
- Аминокислоты **не запасаются** в организме, в печени окисляется или используется до 100 г аминокислот в сутки. Содержащийся в них азот превращается в мочевину и выделяется с мочой, а углеродный скелет используется в синтезе углеводов, липидов или окисляется с образованием АТФ.



# Азотистый баланс

- В организме человека массой 70 кг содержится около 15 кг белка, причем большая его часть локализована в мышцах. **Баланс азота** в организме определяется метаболизмом белков.

Нпищи – Нвыделяемый  
Азотистое равновесие (=0)  
+ Азотистый баланс  
- Азотистый баланс

# Азотистый баланс

- В организме взрослого человека метаболизм азота в целом **сбалансирован**, т. е. количества поступающего и выделяемого белкового азота примерно равны. Если выделяется только часть вновь поступающего азота, баланс *положителен*. Это наблюдается, например, при росте организма. *Отрицательный* баланс встречается при катаболических состояниях, как следствие заболеваний.

КОНЕЦ

