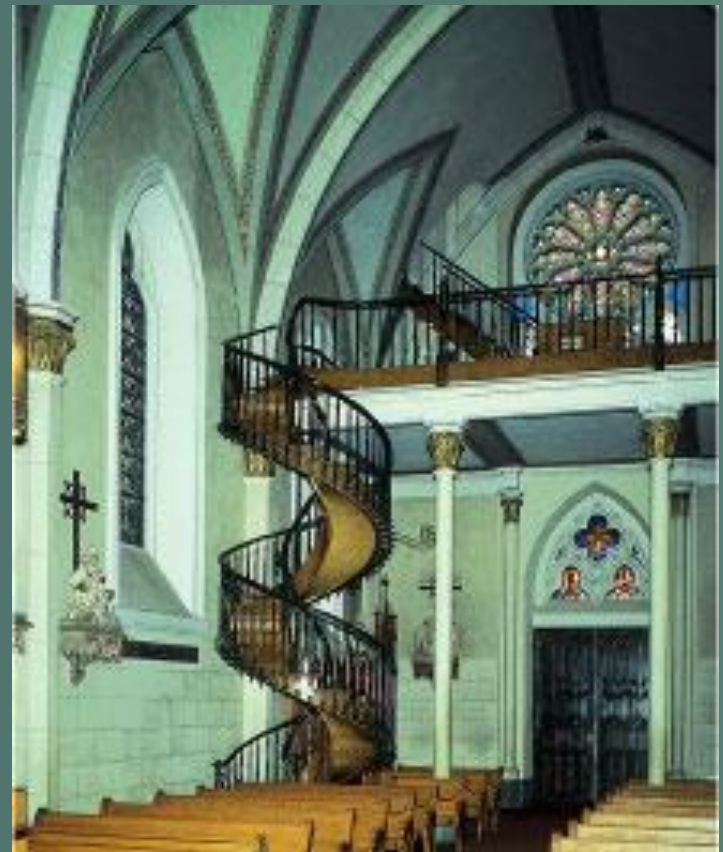


# Аминокислоты и белки

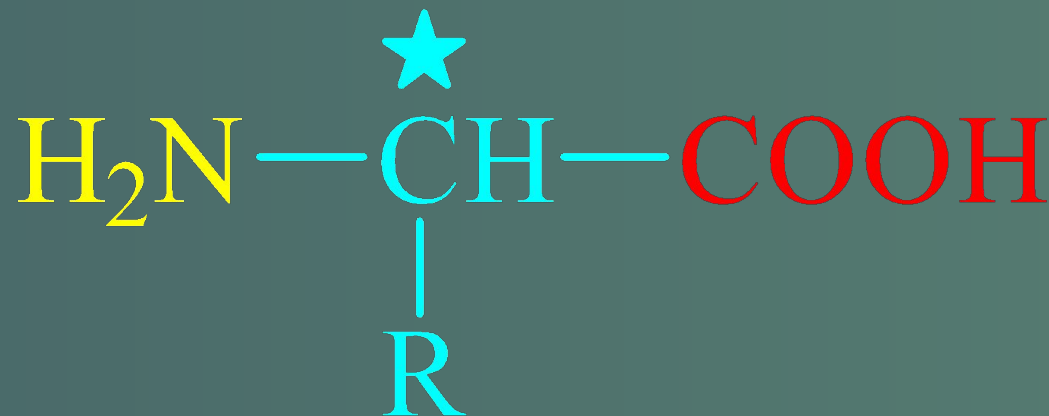
## Строение, свойства

**Спирали встречаются во многих областях: в архитектуре, в макромолекулах белков, нуклеиновых кислот и даже в полисахаридах (Loretto Chapel, Santa Fe, NM/© Sarbo )**



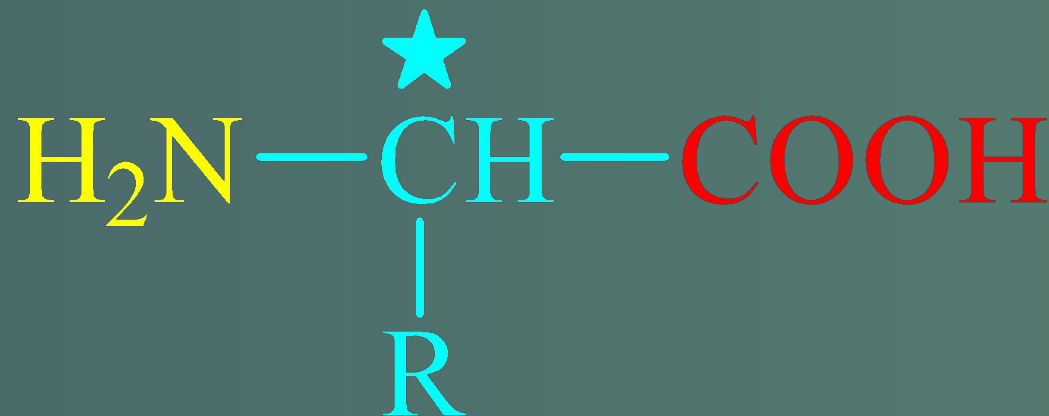
# Аминокислоты

Аминокислоты (аминокарбоновые кислоты) — органические соединения, в молекуле которых одновременно содержатся **карбоксильные** и **аминные** группы.



# Аминокислоты

Аминокислоты могут рассматриваться как производные **карбоновых кислот**, в которых один или несколько атомов водорода заменены на **аминные группы**.



# Протеиногенные аминокислоты

- В процессе биосинтеза белка в полипептидную цепь включаются 20 **протеиногенных**, или **стандартных** α-аминокислот, кодируемых генетическим кодом.
- В последнее время к протеиногенным аминокислотам иногда причисляют трансляционно включаемые селеноцистеин (Sec, U) и пирролизин (Pyl, O). Это так называемые 21-я и 22-я аминокислоты.

# Классификация

По радикалу

**Неполярные:** глицин, аланин, валин, изолейцин, лейцин, пролин, метионин, фенилаланин, триптофан,

**Полярные незаряженные** (заряды скомпенсированы) при  $\text{pH}=7$ : серин, треонин, цистеин, аспарагин, глутамин, тирозин

**Полярные заряженные отрицательно** при  $\text{pH}=7$ : аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота

**Полярные заряженные положительно** при  $\text{pH}=7$ : лизин, аргинин, гистидин

# Классификация

По функциональным группам

Алифатические

**Моноаминомонокарбоновые:** глицин, аланин, валин, изолейцин, лейцин

**Оксимоноаминокарбоновые:** серин, треонин

**Моноаминодикарбоновые:** аспартат, глутамат, за счёт второй карбоксильной группы несут в растворе отрицательный заряд

**Амиды моноаминодикарбоновых:** аспарагин, глутамин

# Классификация

По функциональным группам

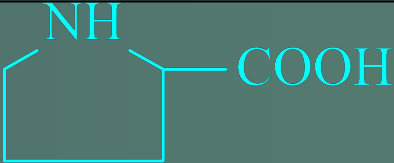
**Диаминомонокарбоновые:** лизин, аргинин, несут в растворе положительный заряд

**Серосодержащие:** цистеин, метионин

**Ароматические:** фенилаланин, тирозин, триптофан, (гистидин)

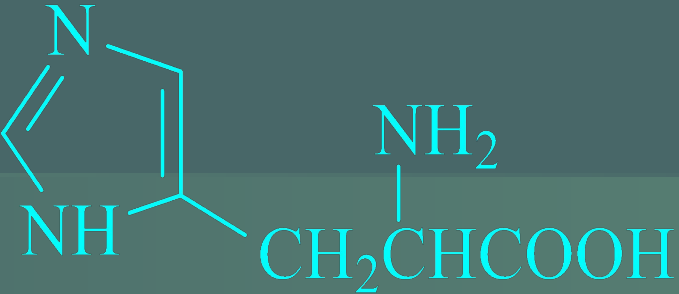
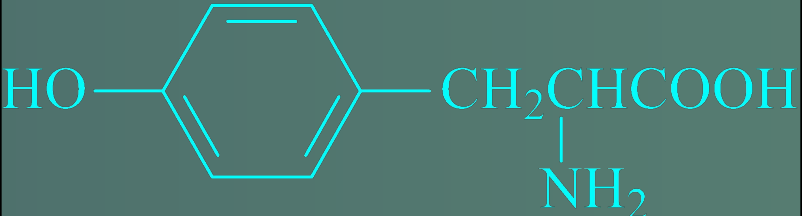

**Гетероциклические:** триптофан, гистидин, пролин

**Иминокислоты:** пролин

Название	Сокращение	Структурная формула	(pI)
Глицин	gly	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$	5.97
Аланин	ala	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
Валин	val	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CHCHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97
Лейцин	leu	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.98
Пролин	pro		6.10
Фенилаланин	phe	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.88
Триптофан	try	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CHCOOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.88



Название	Сокращение	Структурная формула	(pI)
Аспарагин	asn	$\text{H}_2\text{N}(\text{O})\text{CCH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}\text{COOH}$	5.41
Глутаминовая кислота	glu	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}\text{COOH}$	3.22
Лизин	lys	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}\text{COOH}$	9.74
Аргинин	arg	$\begin{array}{c} \text{HN} \\ \text{H}_2\text{N} \end{array} \text{C} = \text{NH} - \text{CH}_2\text{CH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}\text{COOH}$	10.76

Название	Сокращение	Структурная формула	(pI)
Гистидин	his	 <chem>NC(Cc1c[nH]cn1)C(=O)O</chem>	7.58
Тирозин	tyr	 <chem>NC(Cc1ccc(O)cc1)C(=O)O</chem>	5.65
Цистеин	cySH	 <chem>NC(CS)C(=O)O</chem>	5.02

# Незаменимые аминокислоты

*Незаменимыми* называются аминокислоты, которые не могут быть синтезированы организмом из веществ, поступающих с пищей, в количествах, достаточных для того, чтобы удовлетворить физиологические потребности организма.

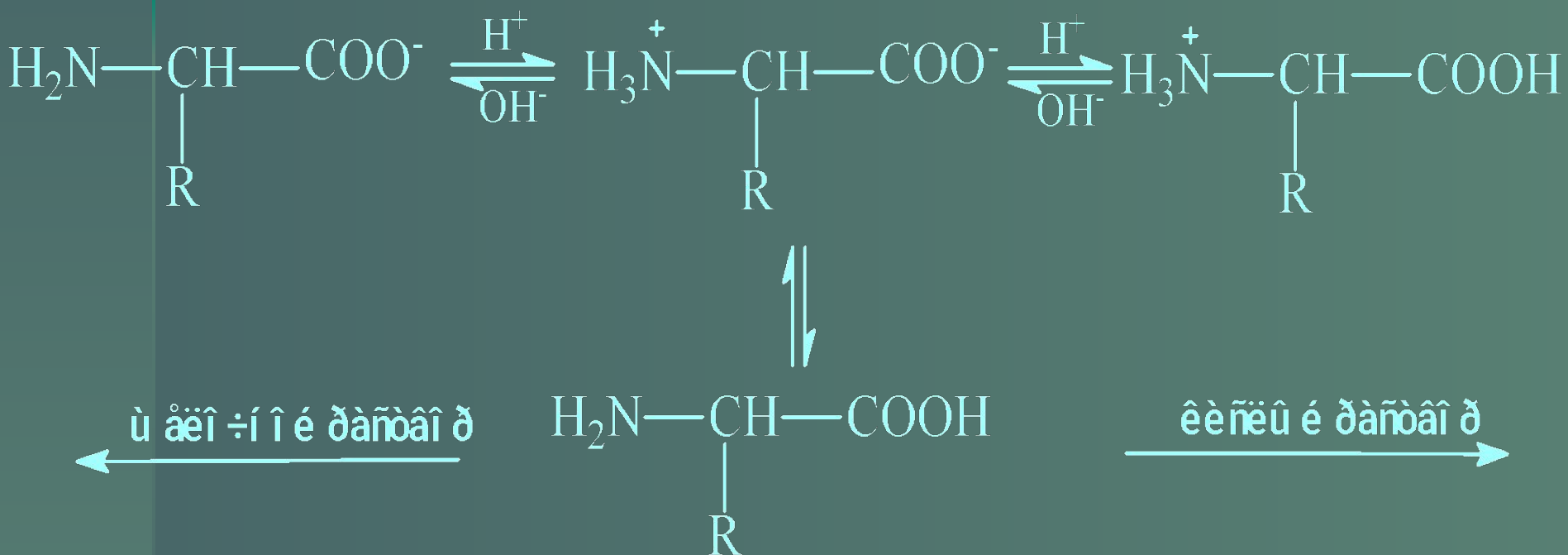
# Незаменимые аминокислоты

Следующие аминокислоты принято считать незаменимыми для организма человека:

*Лизин, Метионин, Фенилаланин,  
Триптофан, Треонин, Лейцин, Валин  
Изолейцин, Аргинин и Гистидин.*

- Для запоминания десяти незаменимых аминокислот существует мнемоническое правило:
- Лиза Метнула Фен в Трибуну, Трезвый  
Лейтенант Валялся в Изоляторе с  
Аргентинским Гитаристом.

# Кислотно-основные свойства



# Кислотно-основные свойства



не ионная форма;  
идеализированная  
аминокислота



цвиттер-ион;  
аминокислота в  
твердом состоянии

# Изоэлектрическая точка (pI)

Изоэлектрической точкой называется такое значение pH, имеющее определенное значение для каждой аминокислоты, при котором содержание диполярного иона (цвиттер-иона) максимально



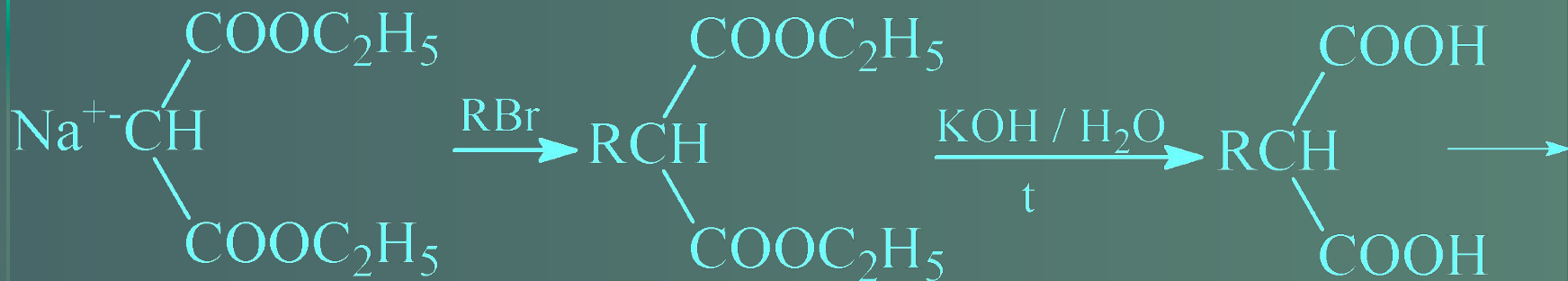
# Способы получения аминокислот

## Аминирование $\alpha$ -галогензамещенных кислот

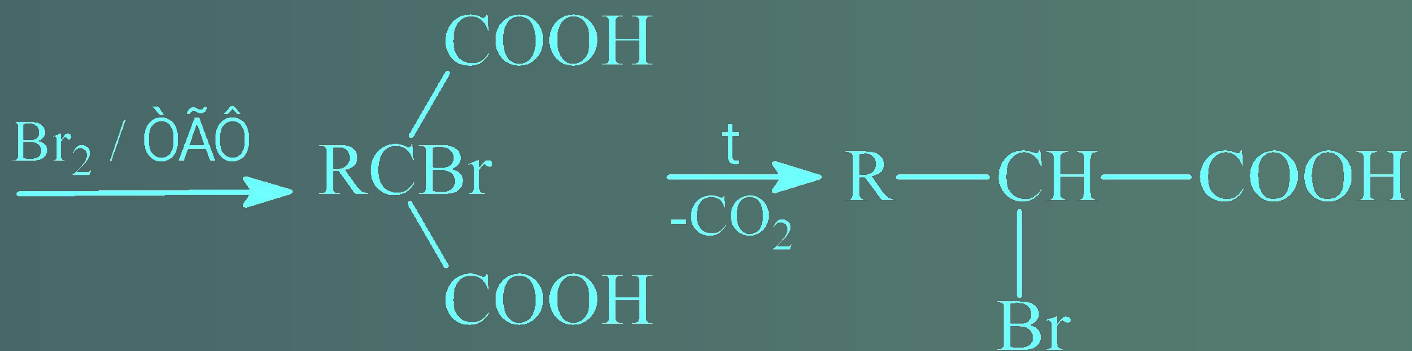


# Способы получения аминокислот

## Бромирование при помощи малоновой кислоты

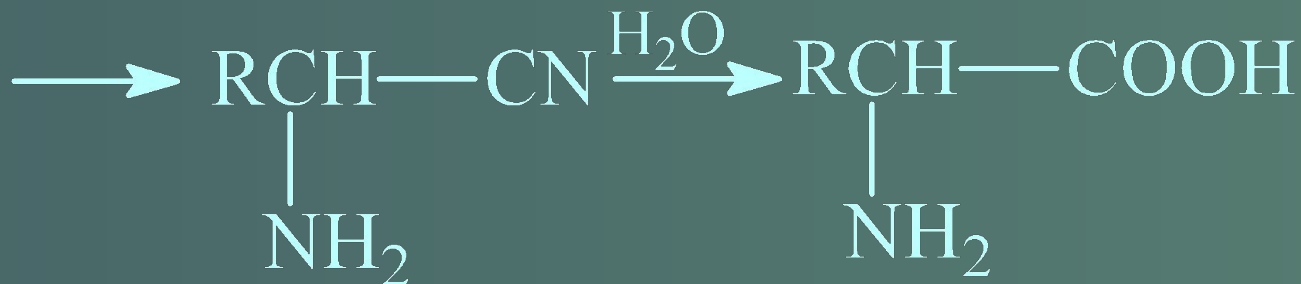
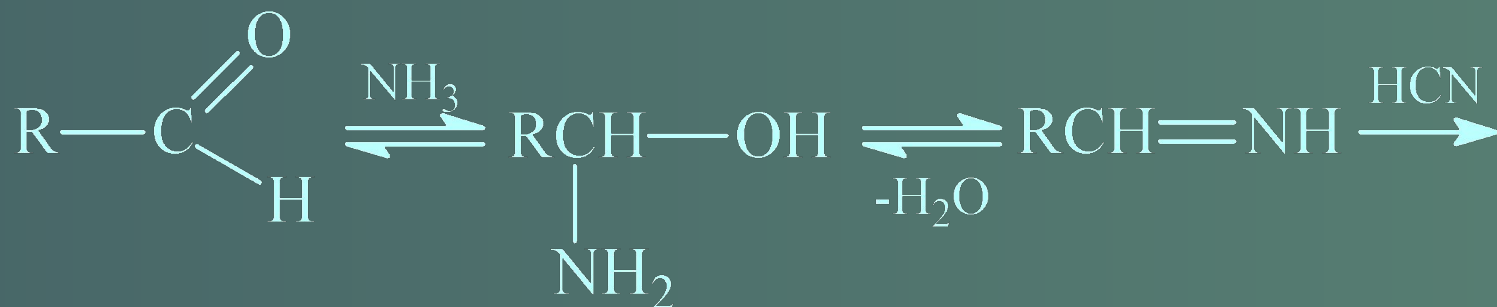


í àòðì àëî í î âû é ýôèď



# Способы получения аминокислот

## Синтез Штреккера–Зелинского



$\alpha$ -аминокислота

$\alpha$ -аминокислота

# Способы получения аминокислот

- Алкилирование N-замещенных аминомалоновых эфиров
- Аминирование эфиров  $\alpha$ -галогензамещенных кислот (с помощью фталимида калия)

# Способы получения аминокислот

## Биологический способ получения аминокислот



Корм с  
добавкой  
рацемической  
смеси  
 $\alpha$ -аминокислот

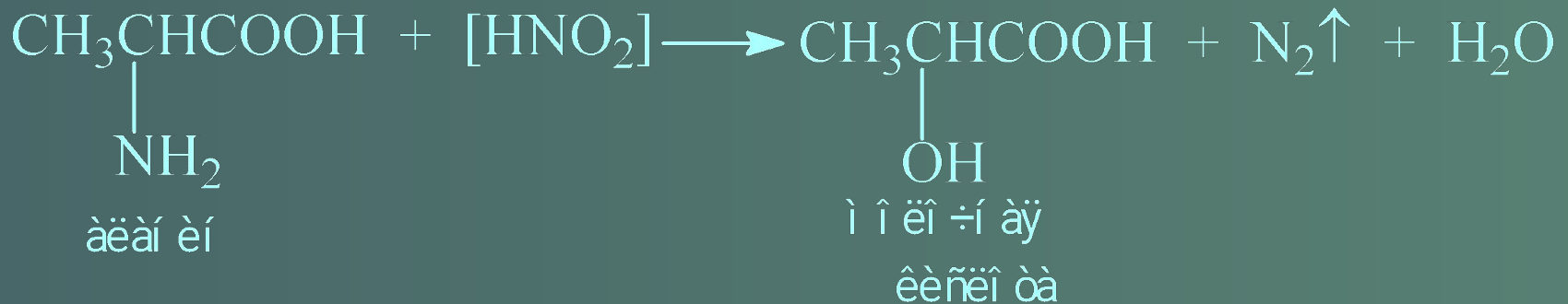
Отходы с  
оптически  
активным  
изомером  
 $\alpha$ -аминокислоты

Очистка

Оптически  
чистый изомер  
 $\alpha$ -аминокислоты

# Химические свойства аминокислот

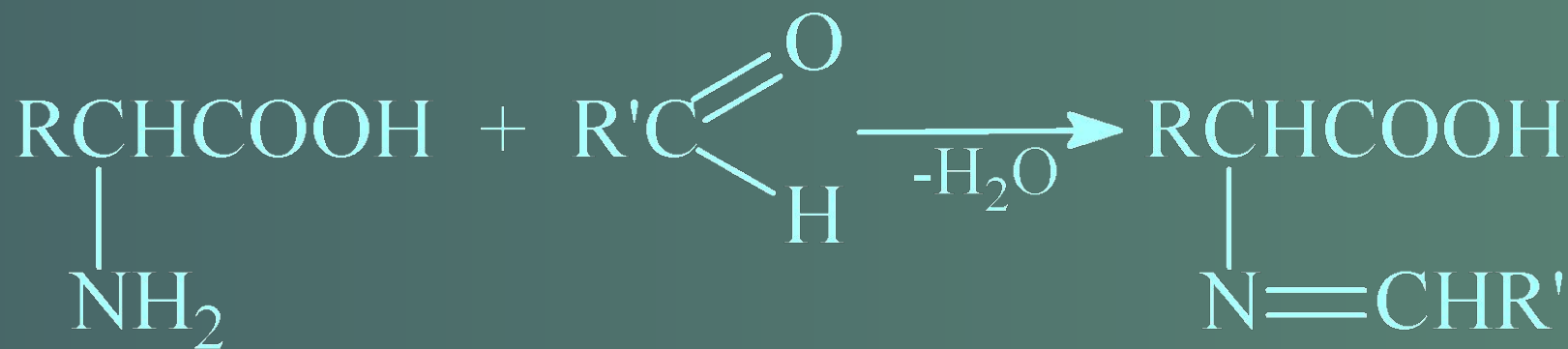
## Реакции аминогруппы



*Метод Ван-Слайка*

# Химические свойства аминокислот

## Реакции аминогруппы

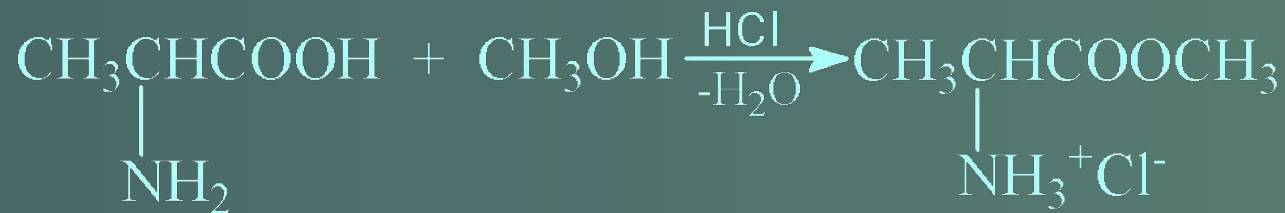


î ñí î âáí èá

Ø èôôà

# Химические свойства аминокислот

## Реакции карбоксильной группы

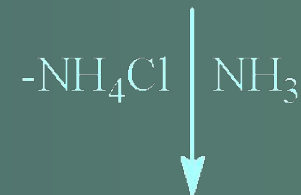


àèàí èí

ãèäõĩ õëĩ ðèä

ì àòèèĩ âĩ ãĩ ýôèðà

àèàí èí à



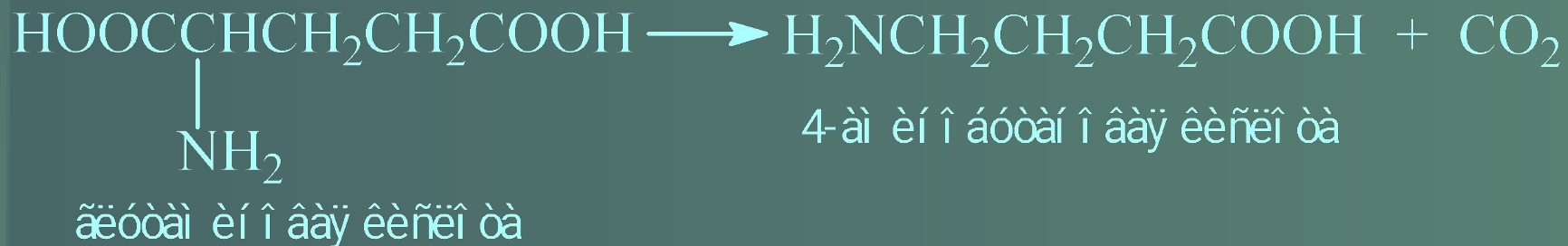
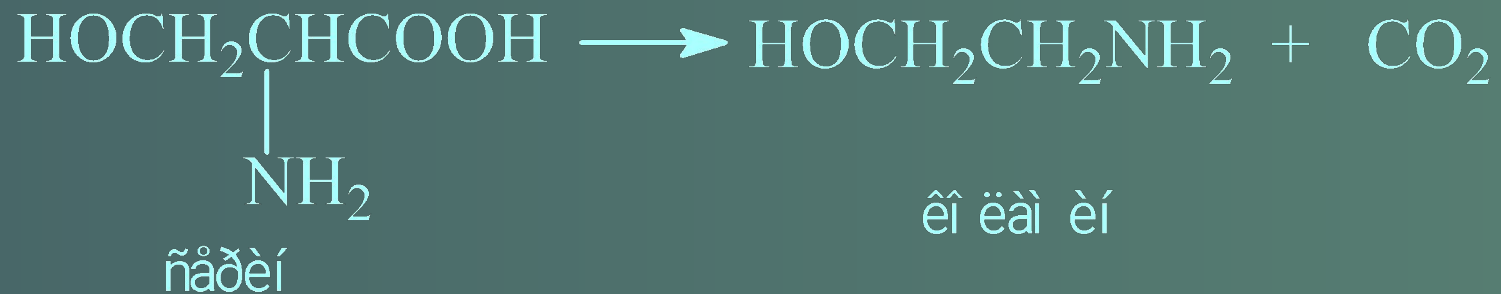
ì àòèèĩ âũ é ýôèð

àèàí èí à



# Химические свойства аминокислот

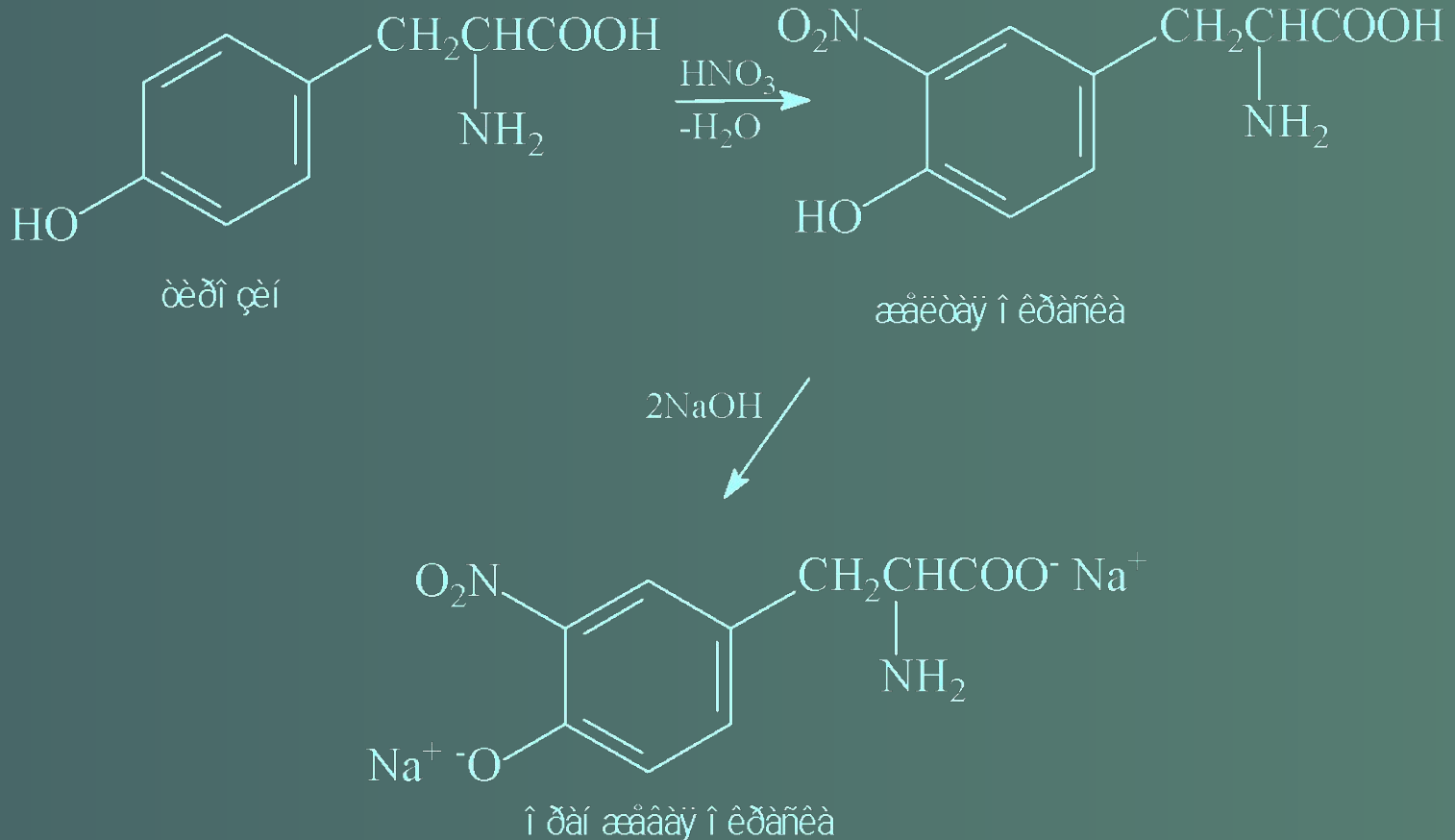
## Реакции карбоксильной группы



# Химические свойства аминокислот

## Качественные реакции

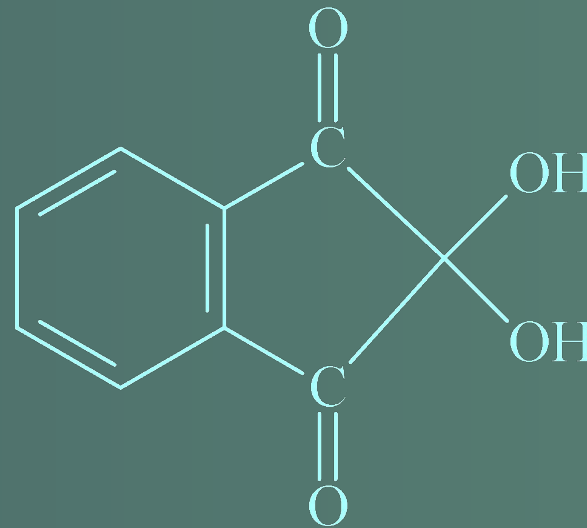
### Ксантопротеиновая реакция



# Химические свойства аминокислот

## Качественные реакции

- Биуретовая реакция  
(с гидроксидом меди (II)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ )
- Нингидринная реакция

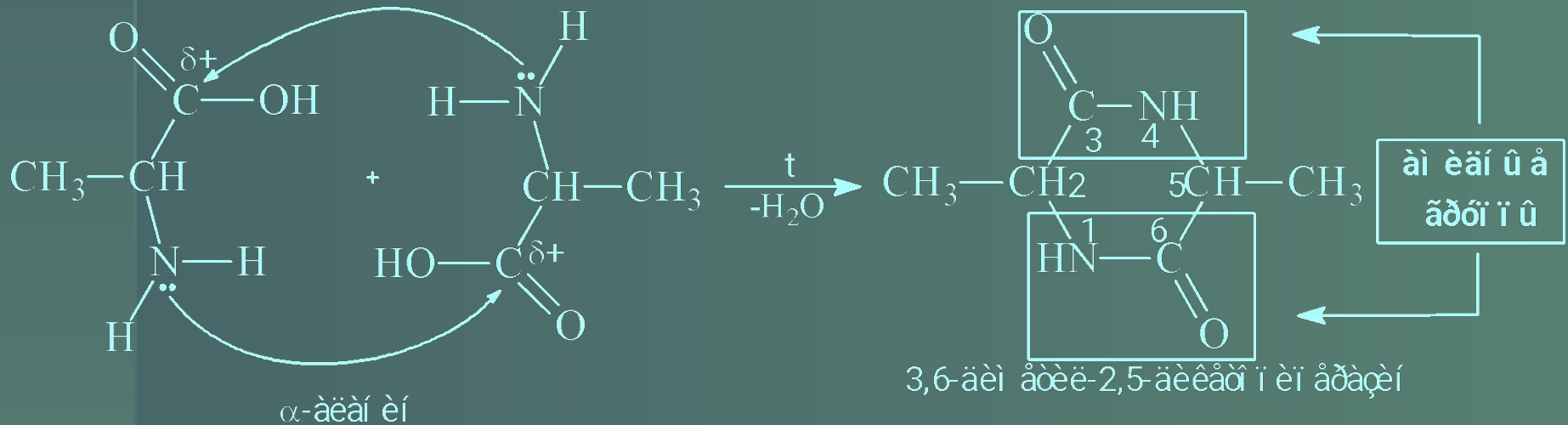


í èí ãèäðèí

# Химические свойства аминокислот

## Специфические реакции $\alpha, \beta, \gamma$ -аминокислот

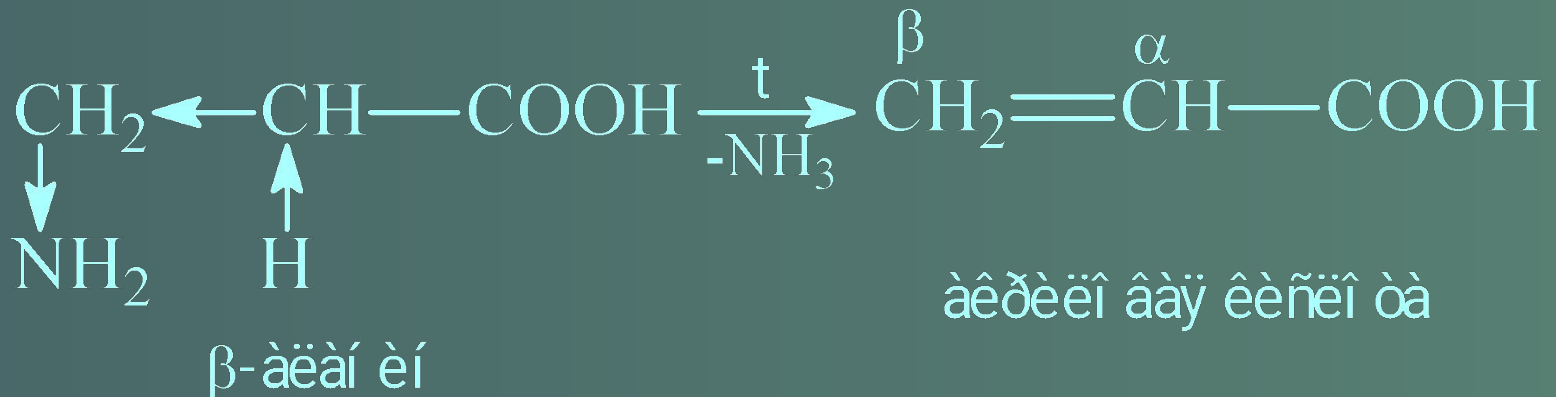
### Реакции $\alpha$ -аминокислот



# Химические свойства аминокислот

## Специфические реакции $\alpha, \beta, \gamma$ -аминокислот

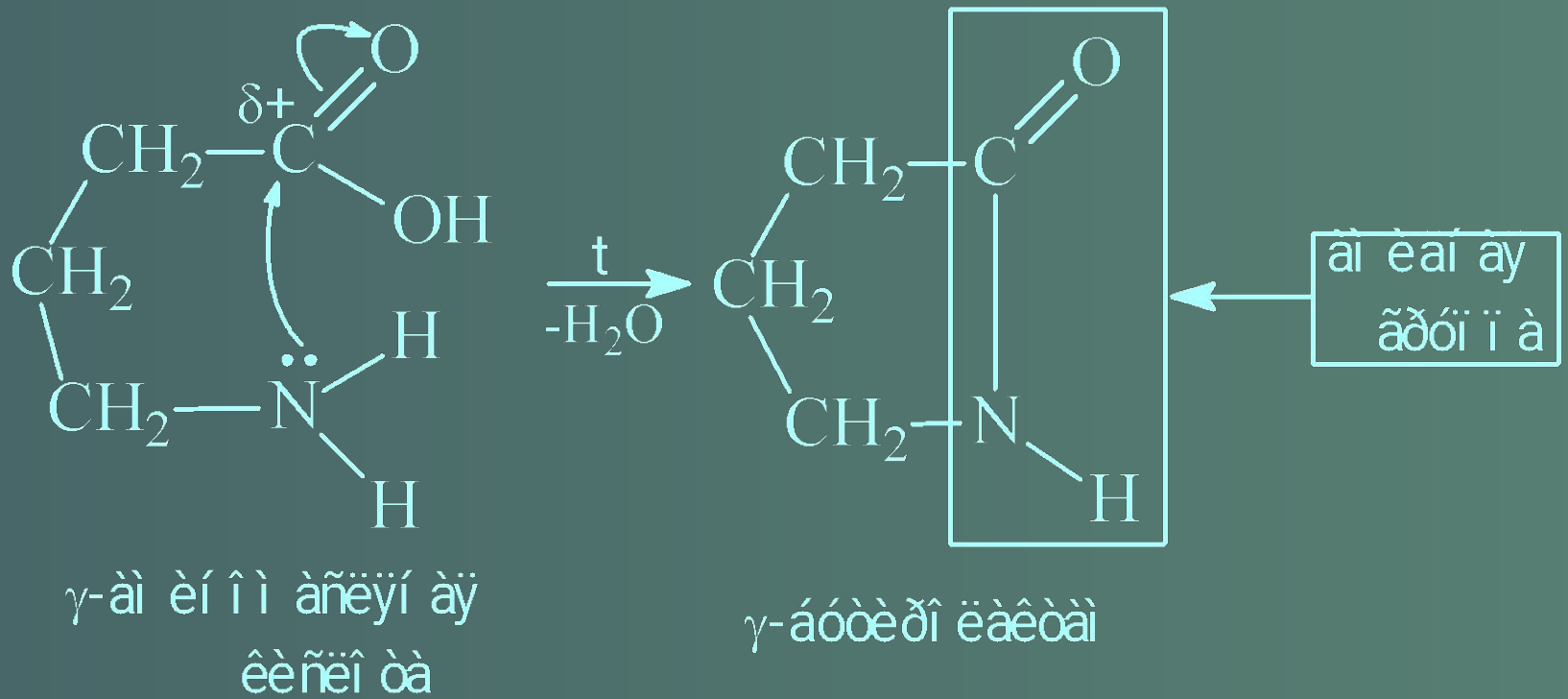
### Реакции $\beta$ -аминокислот



# Химические свойства аминокислот

## Специфические реакции $\alpha, \beta, \gamma$ -аминокислот

### Реакции $\gamma$ -аминокислот

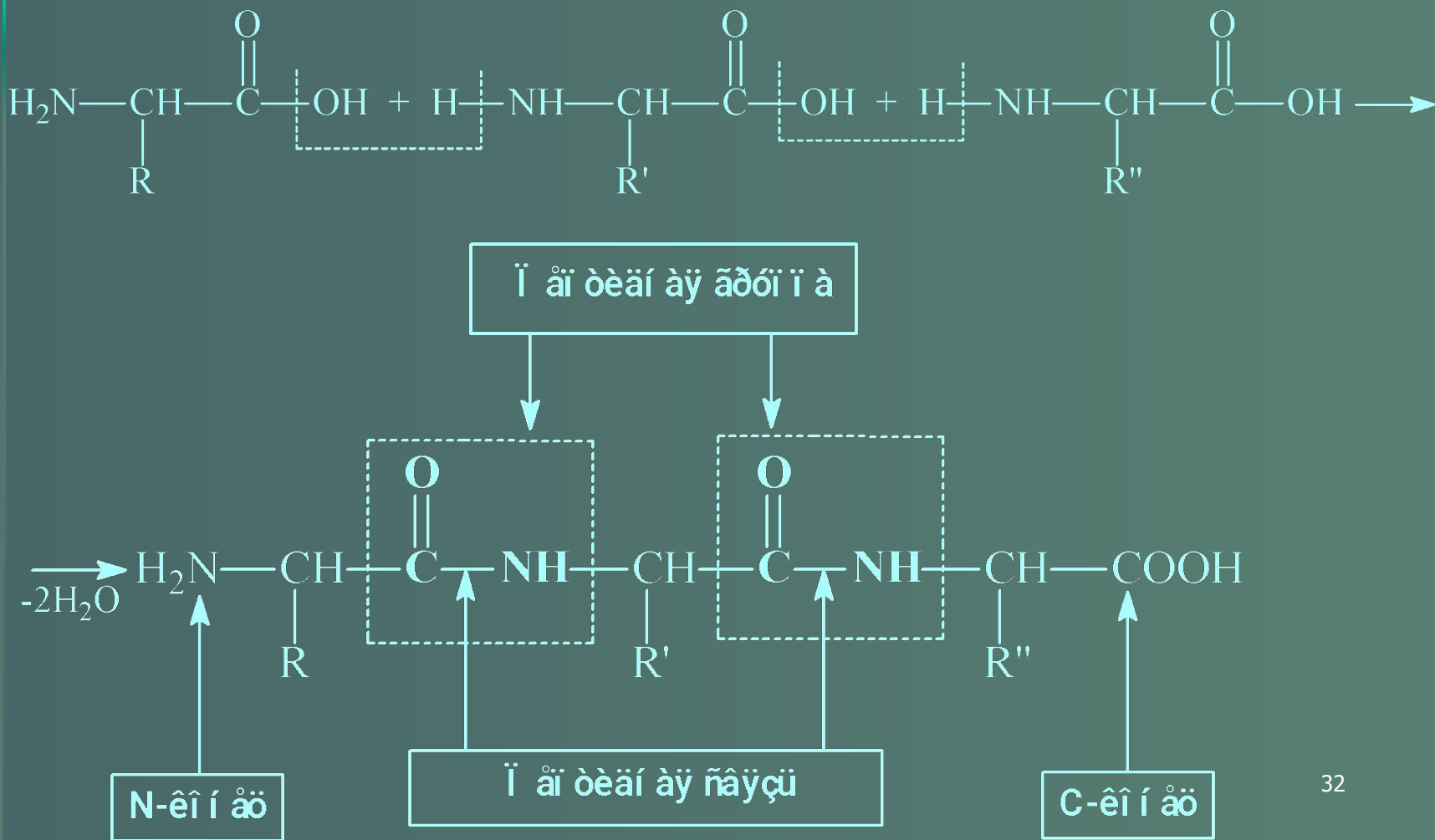


# Пептиды и белки

*Пептиды — соединения, построенные из нескольких остатков α-аминокислот, связанных амидной (пептидной) связью.*

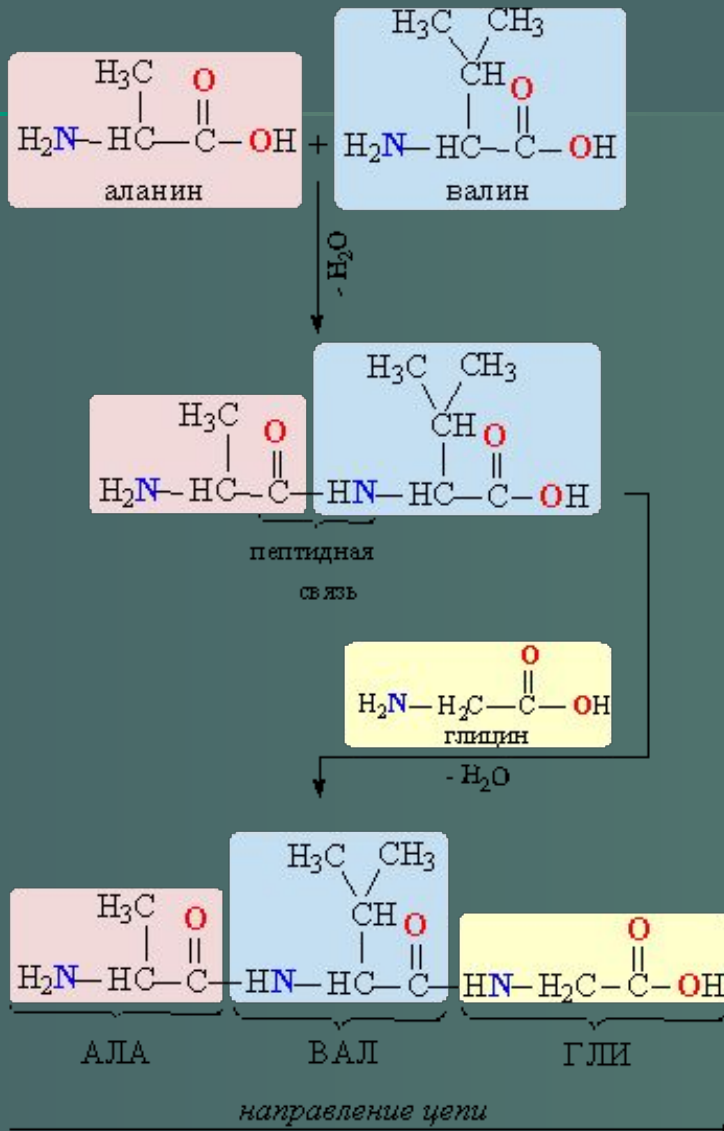


# Пептиды и белки



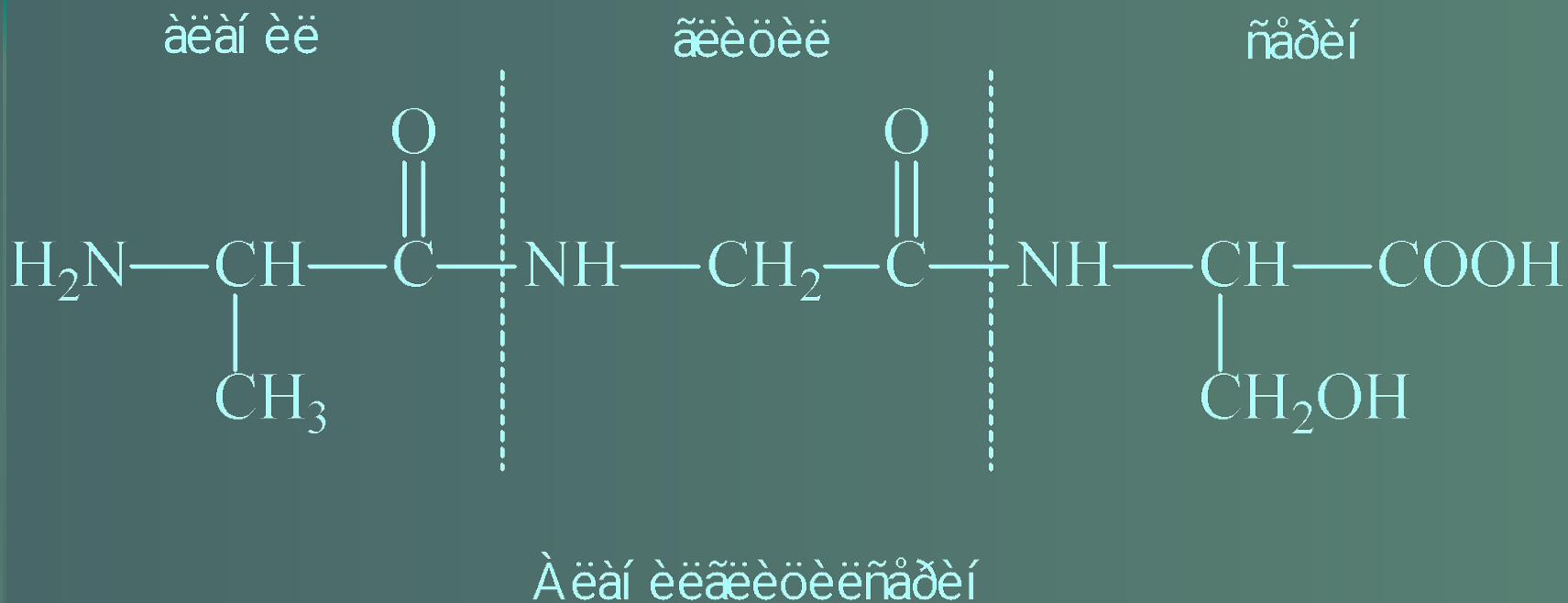


# Пептиды и белки

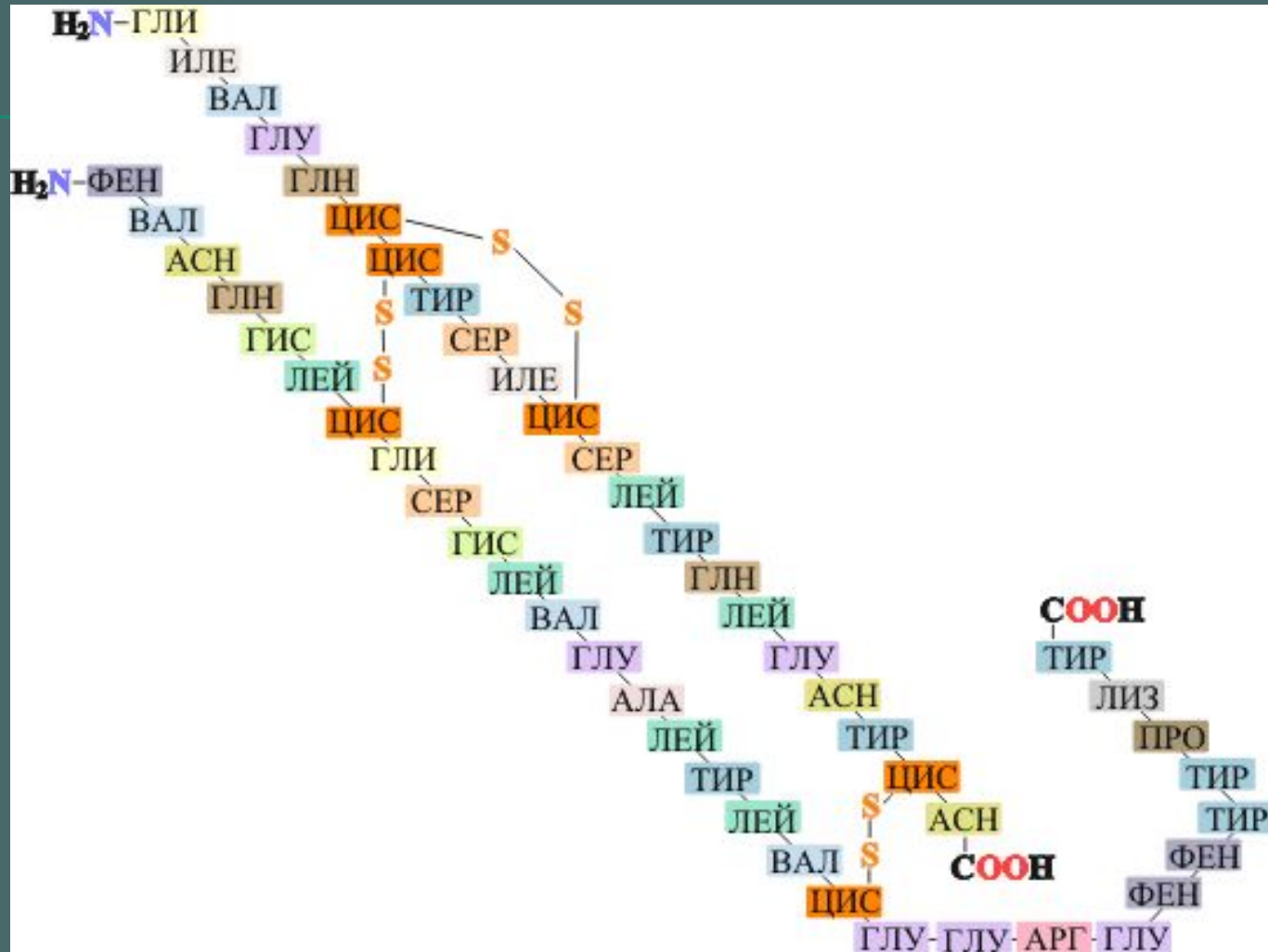


**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ  
СОЕДИНЕНИЕ  
АМИНОКИСЛОТ**

# Пептиды и белки



# Пептиды и белки



Первичная структура белка инсулина.

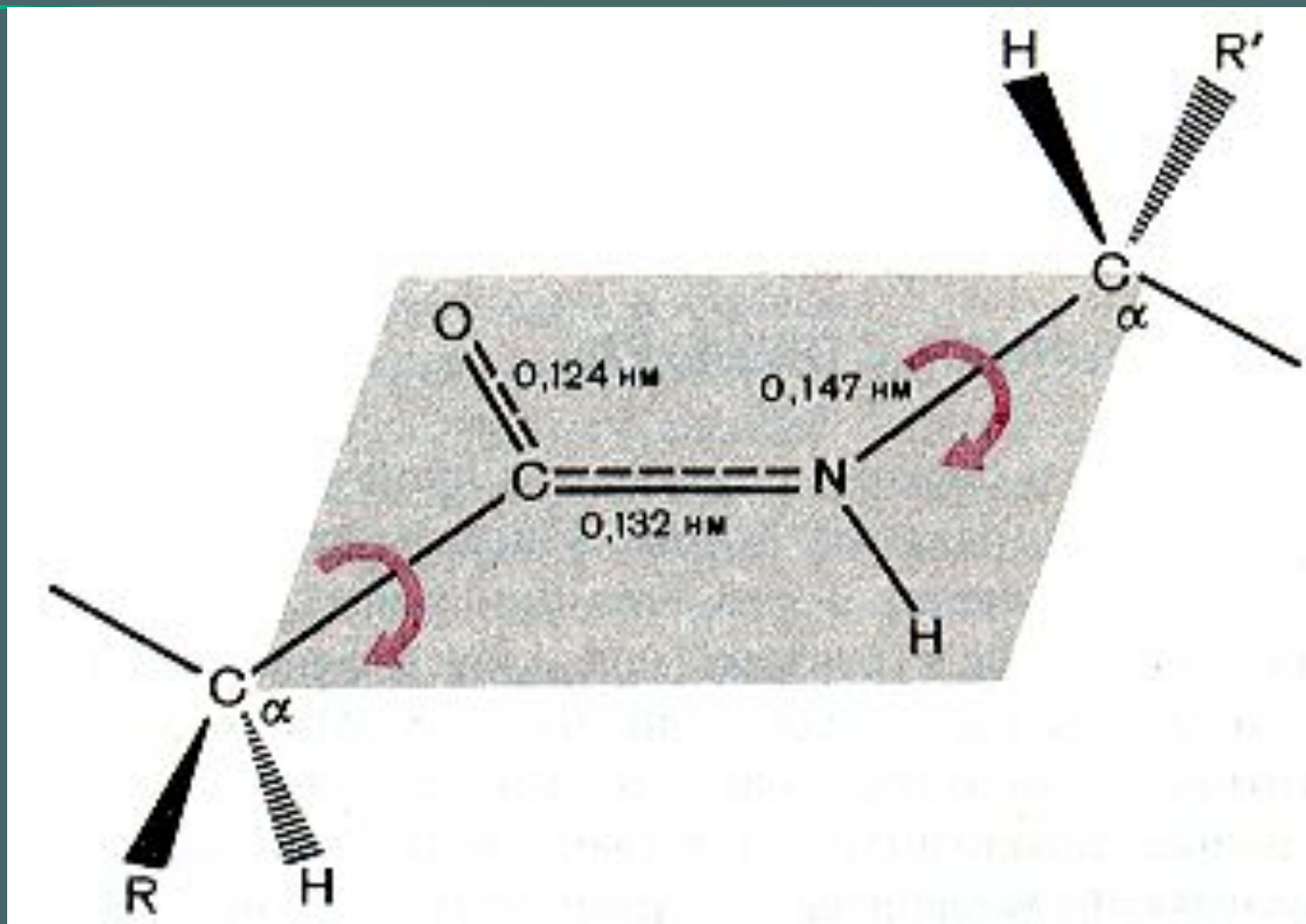
# Пептиды и белки

## *Структура белков*

*Первичная структура пептидов и белков — это последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи.*

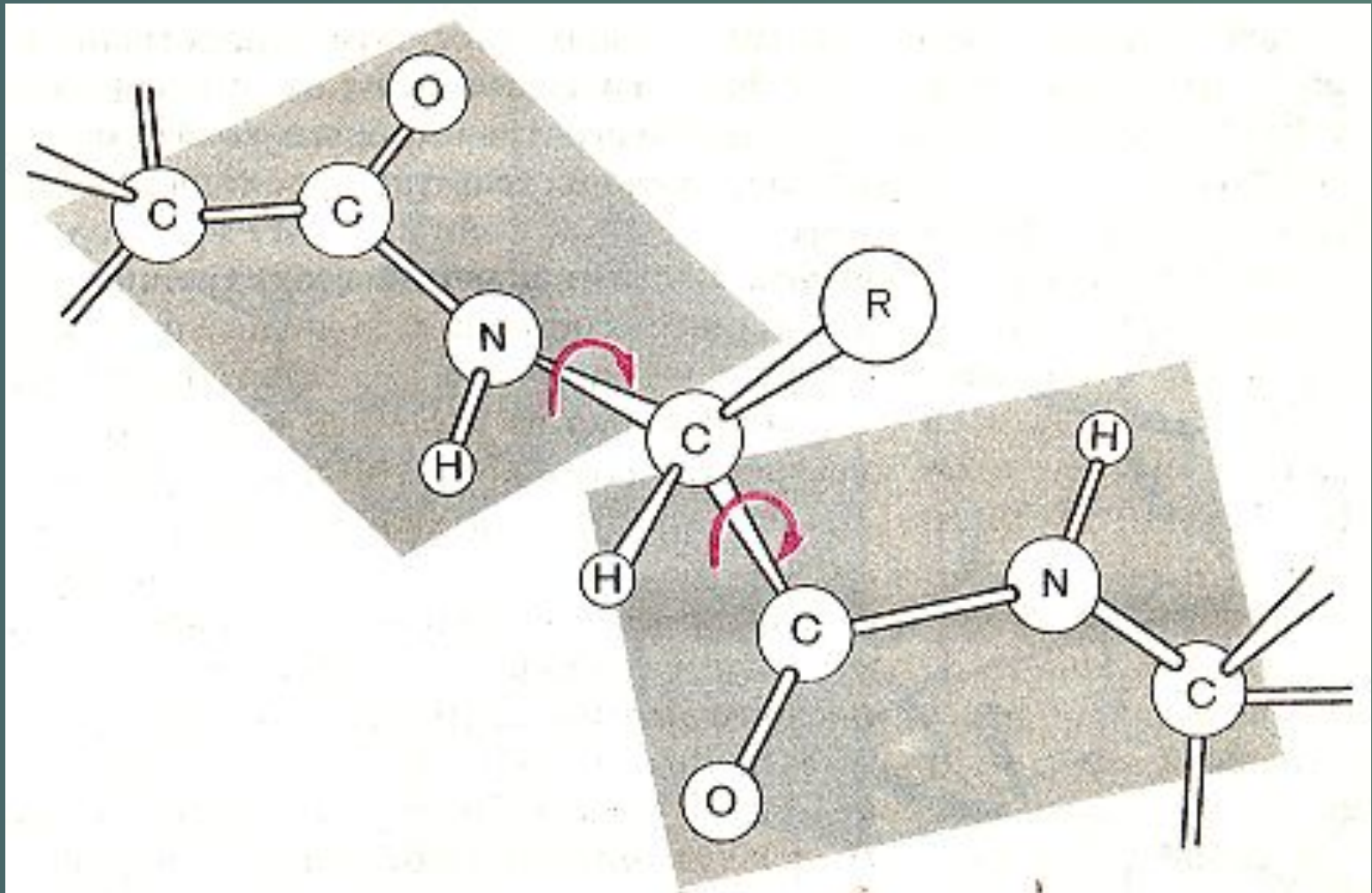
# Пептиды и белки

## *Вторичная структура белков*



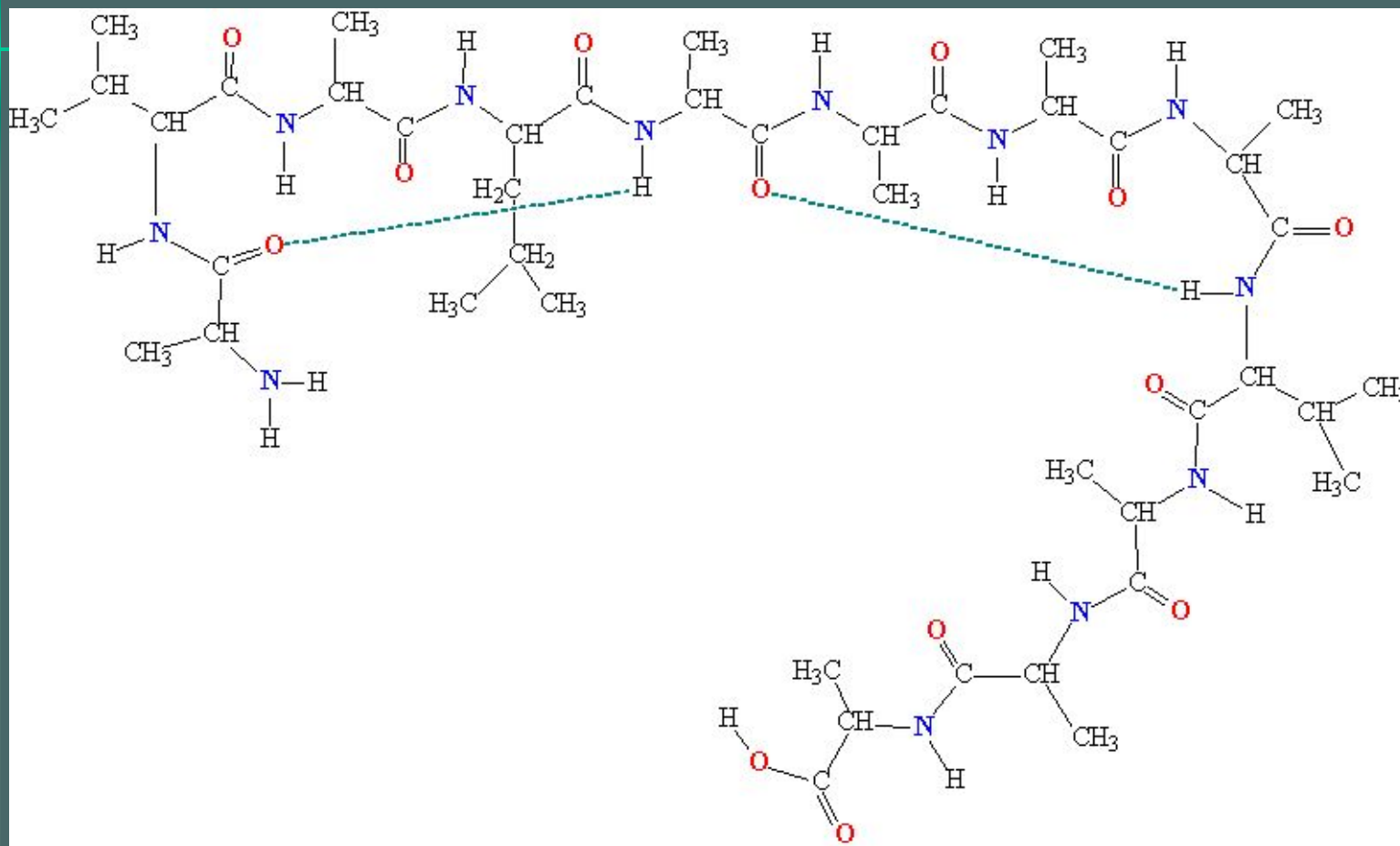
# Пептиды и белки

## *Вторичная структура белков*



# Пептиды и белки

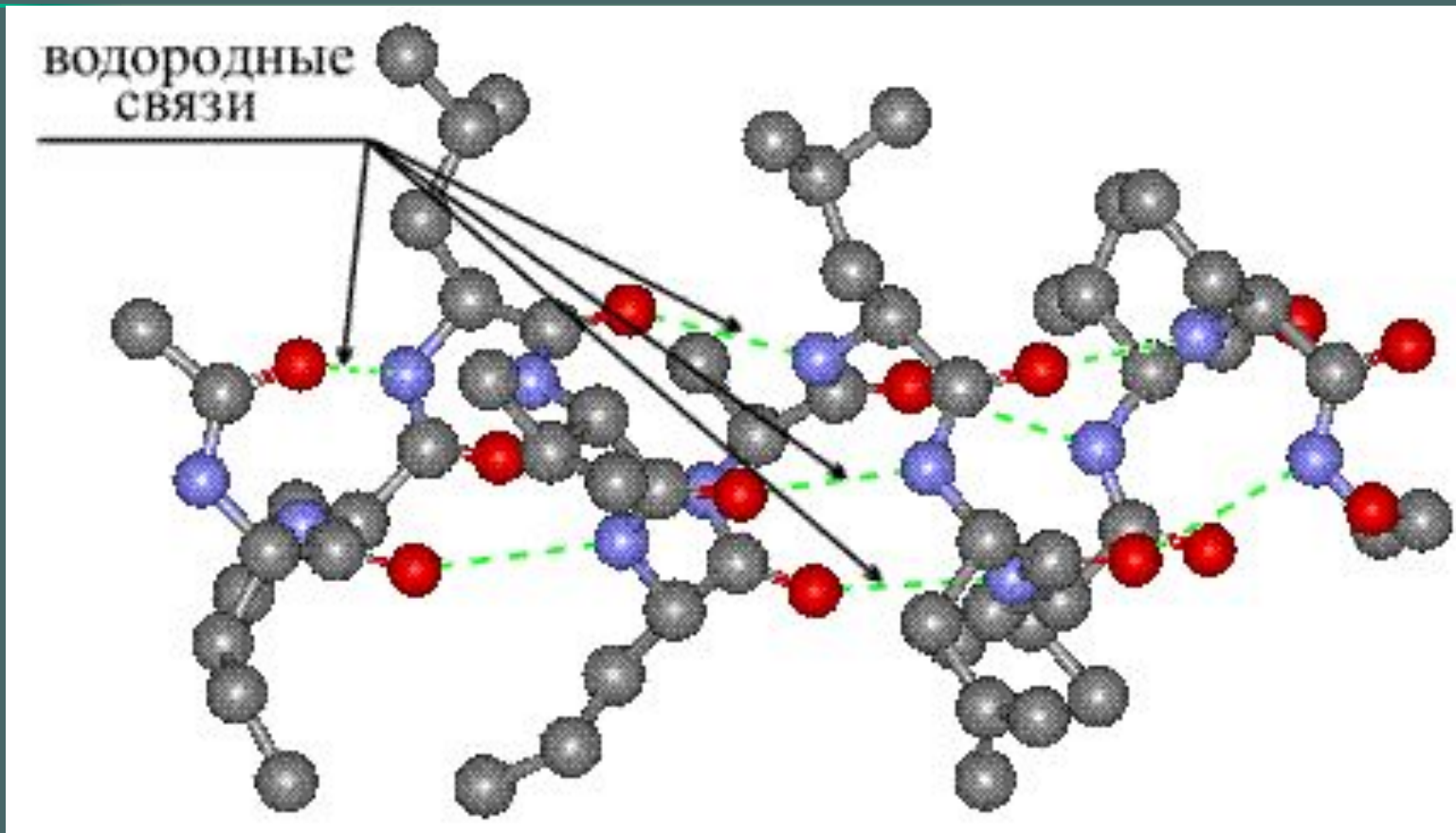
## Вторичная структура белков



**ОБРАЗОВАНИЕ ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ** (изображены пунктирными линиями) в молекуле полипептида

# Пептиды и белки

## *Вторичная структура белков*

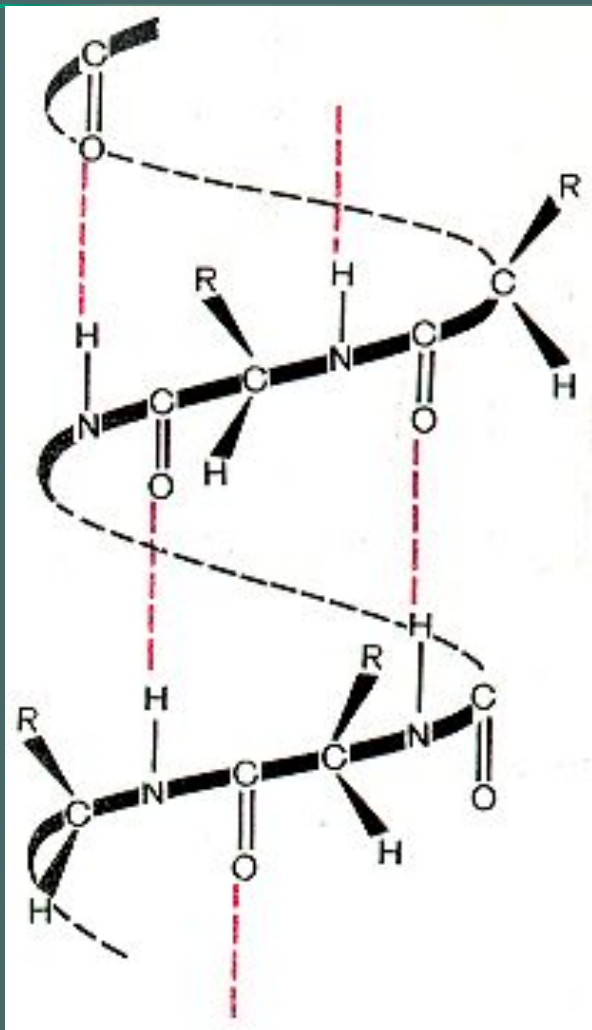


**ОБЪЕМНАЯ МОДЕЛЬ МОЛЕКУЛЫ БЕЛКА** в форме  $\alpha$ -спирали.  
Водородные связи показаны зелеными пунктирными линиями



# Пептиды и белки

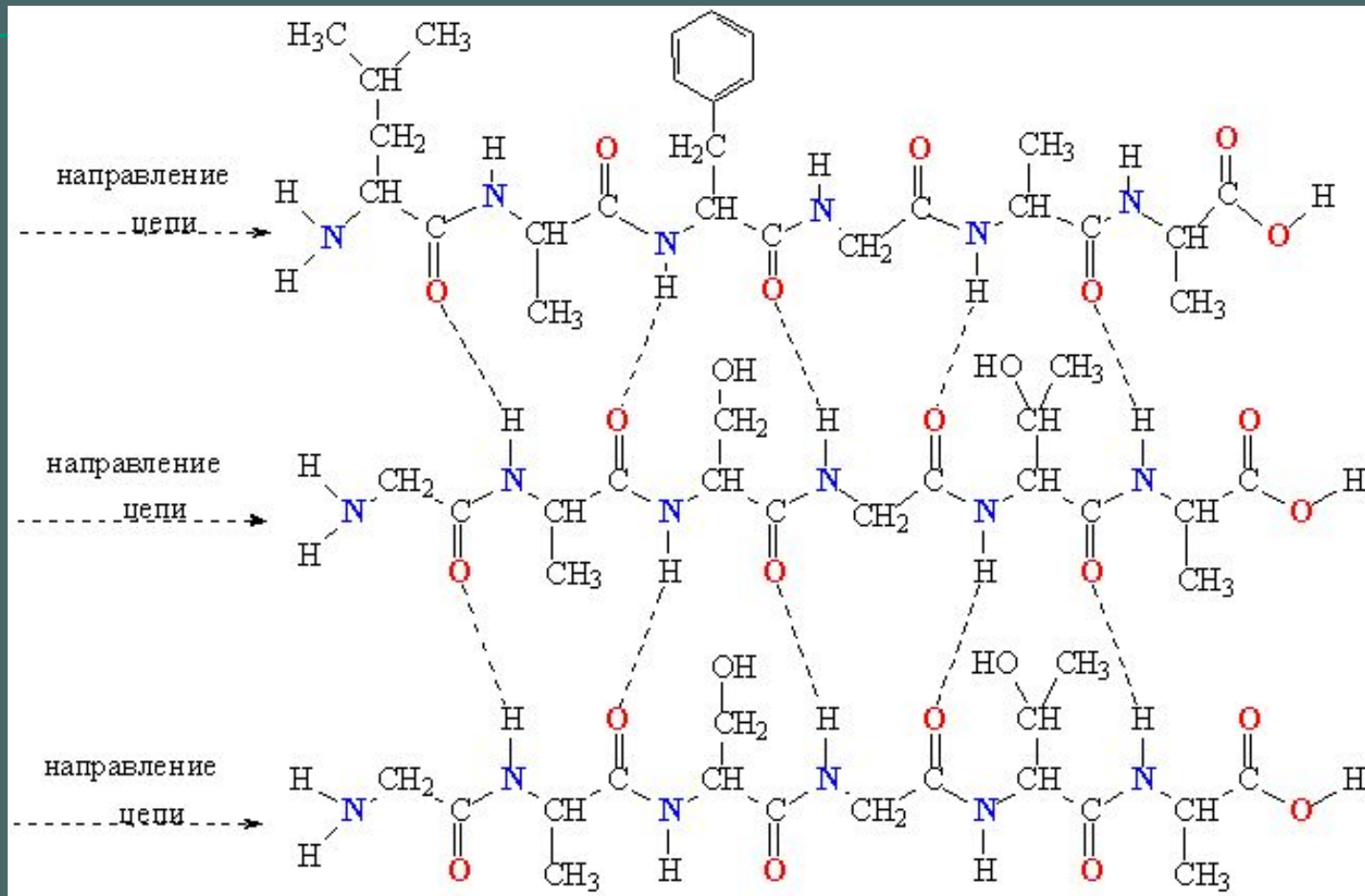
## *Вторичная структура белков*



$\alpha$ -спираль  
молекулы белка

# Пептиды и белки

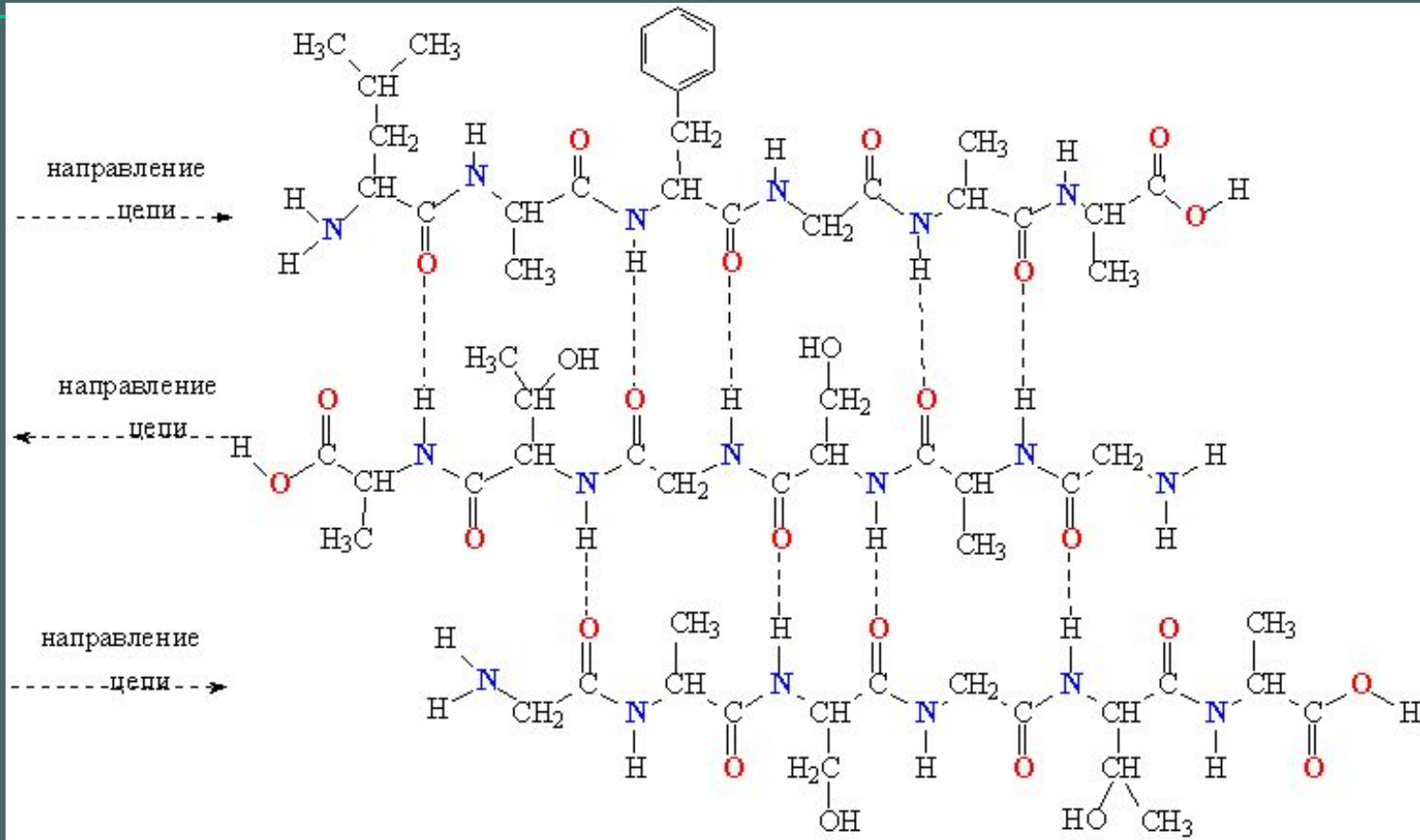
## Вторичная структура белков



**ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ  $\beta$ -СТРУКТУРА**, состоящая из трех полипептидных молекул

# Пептиды и белки

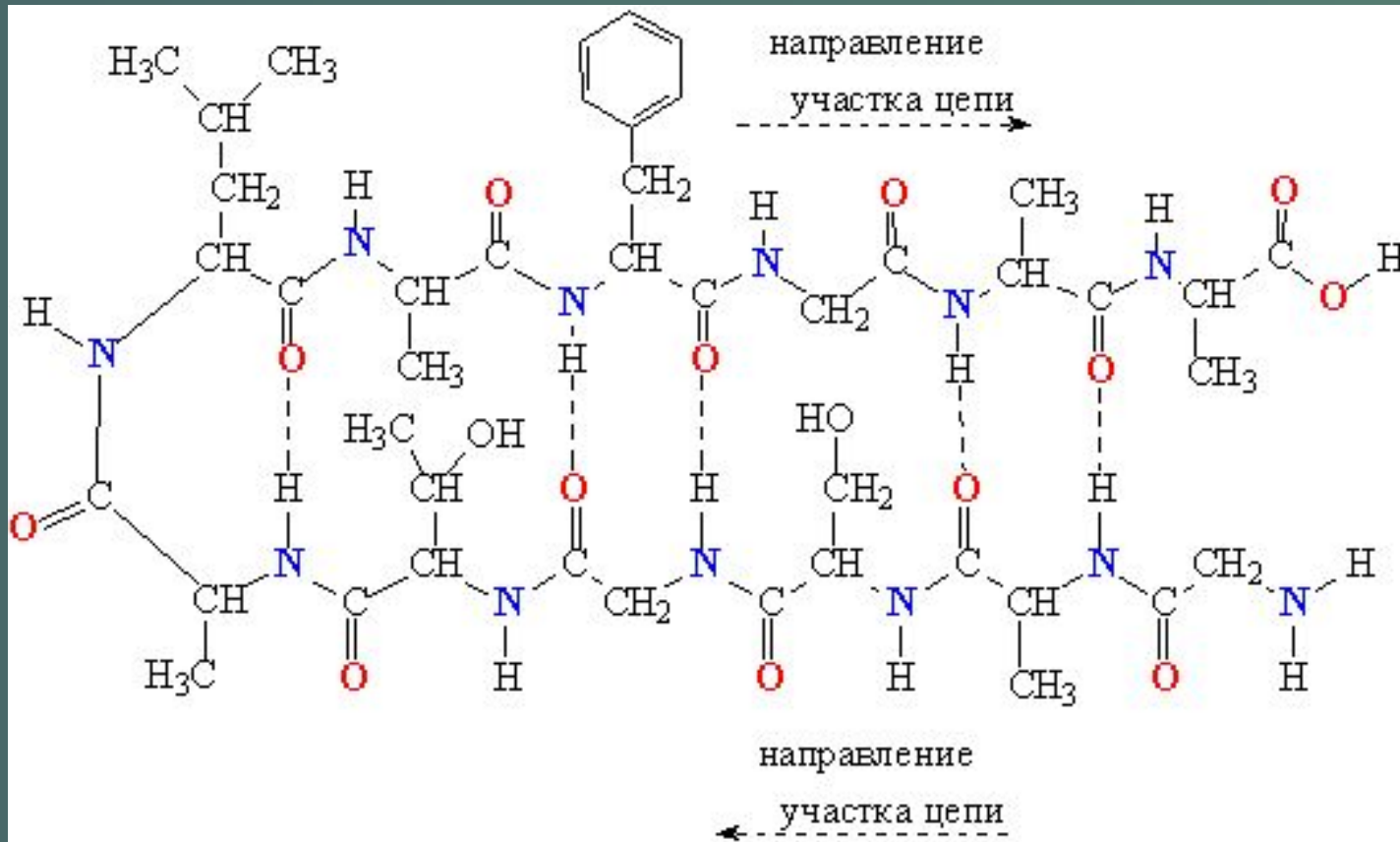
## Вторичная структура белков



**АНТИПАРАЛЛЕЛЬНАЯ  $\beta$ -СТРУКТУРА**, состоящая из трех полипептидных молекул

# Пептиды и белки

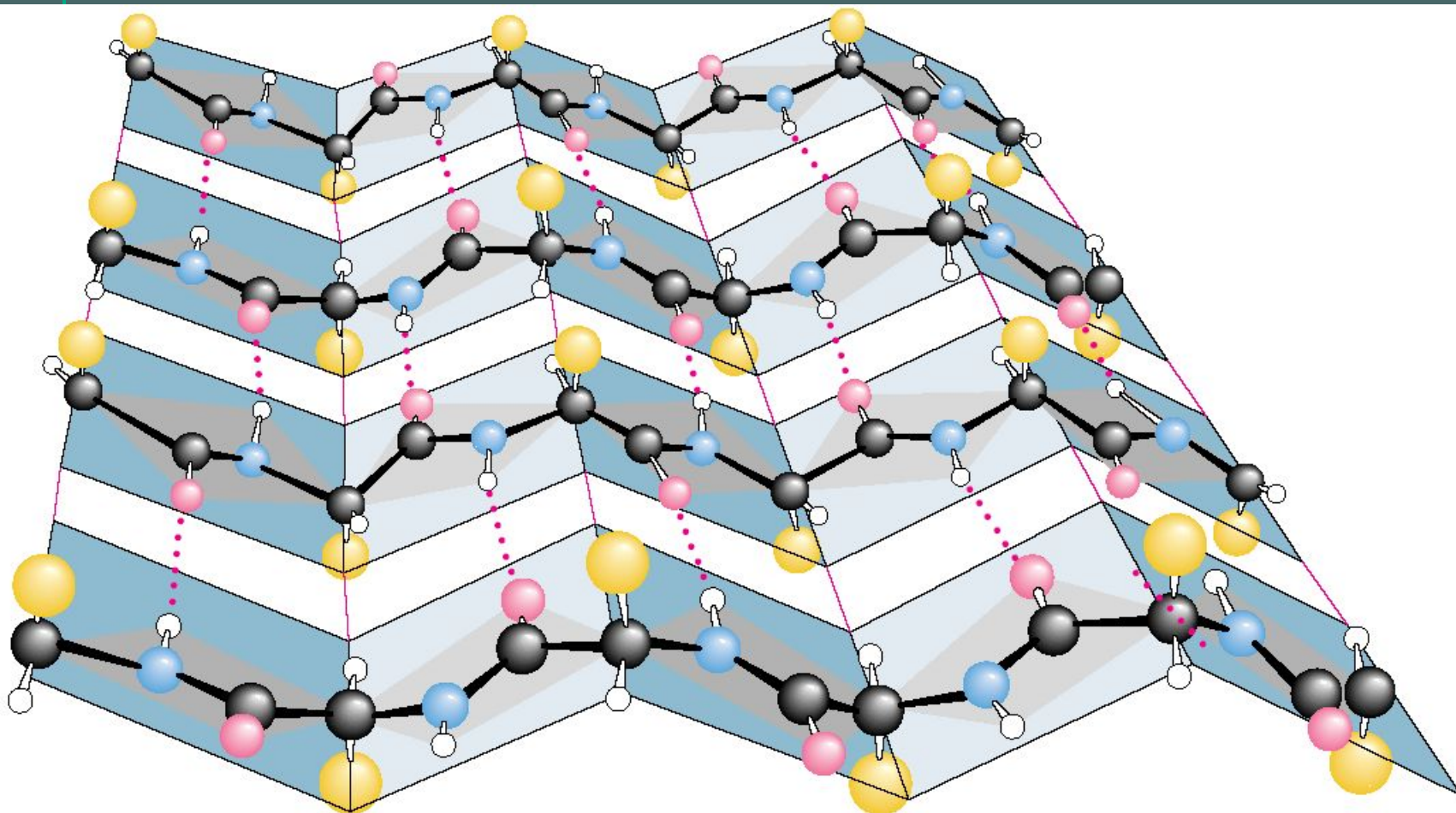
## Вторичная структура белков



**ОБРАЗОВАНИЕ  $\beta$ -СТРУКТУРЫ** внутри одной полипептидной цепи

# Пептиды и белки

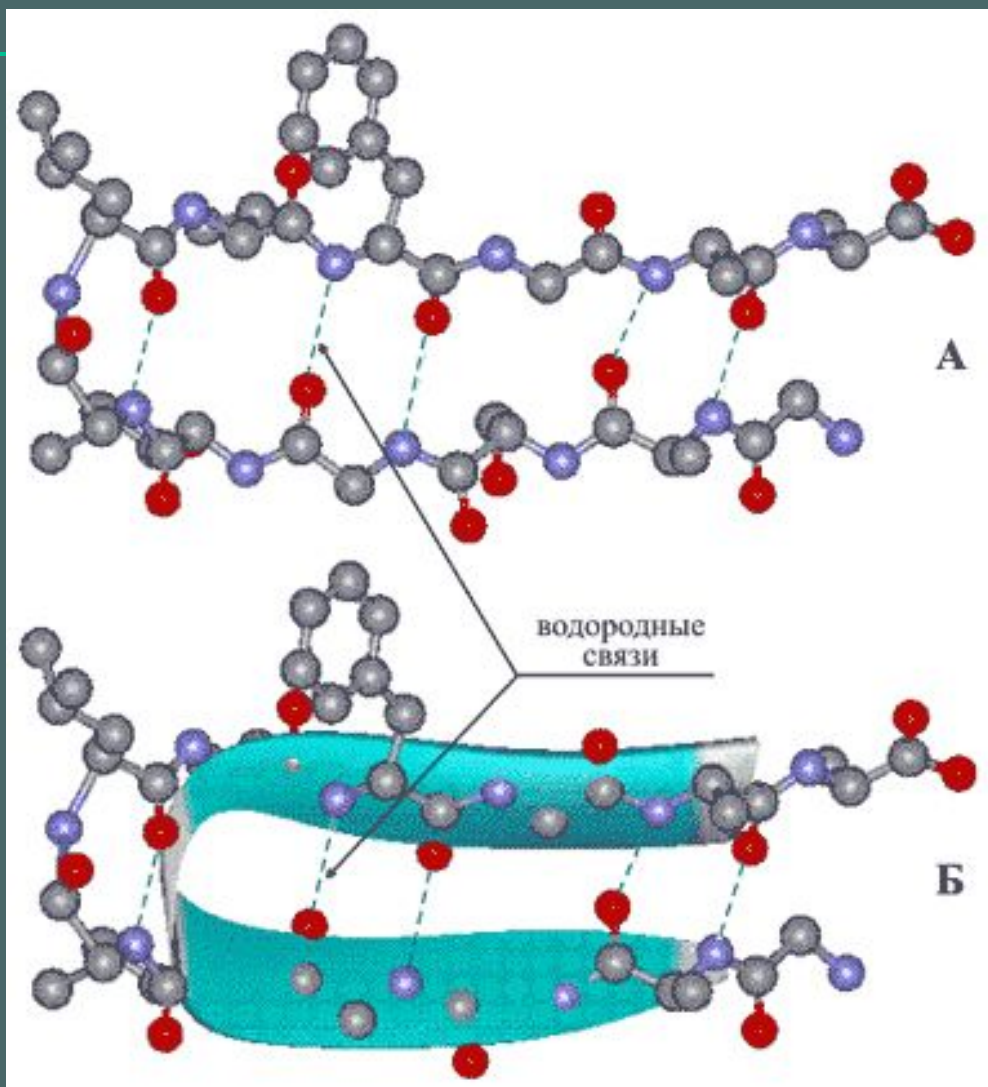
## *Вторичная структура белков*



$\beta$ -структура белка

# Пептиды и белки

## Вторичная структура белков



А – участок полипептидной цепи, соединенный водородными связями (зеленые пунктирные линии).

Б – условное изображение  $\beta$ -структуры в форме плоской ленты, проходящей через атомы полимерной цепи (атомы водорода не показаны).

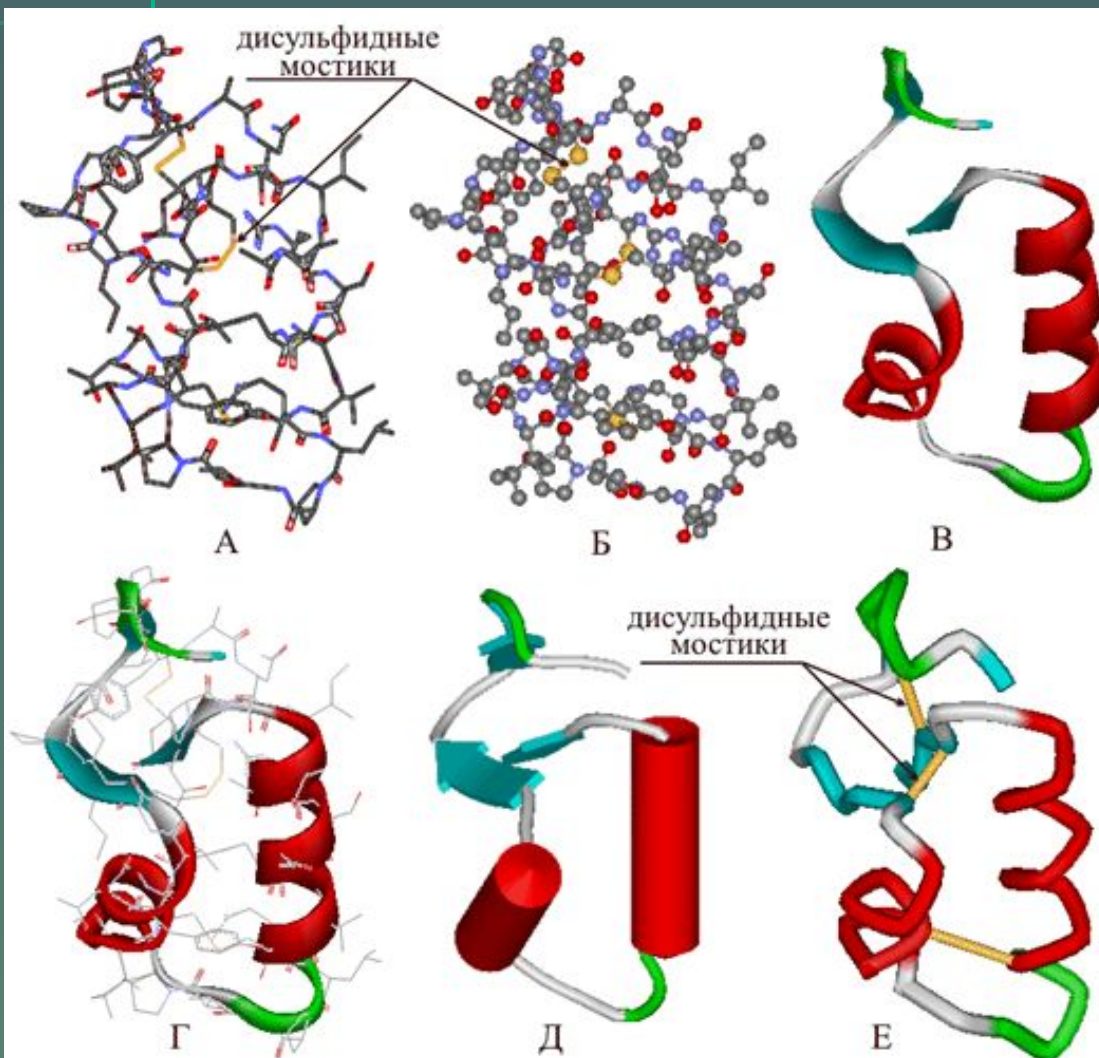
# Пептиды и белки

## *Вторичная структура белков*

*Вторичная структура белка — это более высокий уровень структурной организации, в котором закрепление конформации происходит за счет водородных связей между пептидными группами.*

# Пептиды и белки

## Третичная структура белков



### РАЗЛИЧНЫЕ ВАРИАНТЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ СТРУКТУРЫ БЕЛКА КРАМБИНА.

А– структурная формула в пространственном изображении.

Б – структура в виде объемной модели.

В – третичная структура молекулы.

Г – сочетание вариантов А и В.

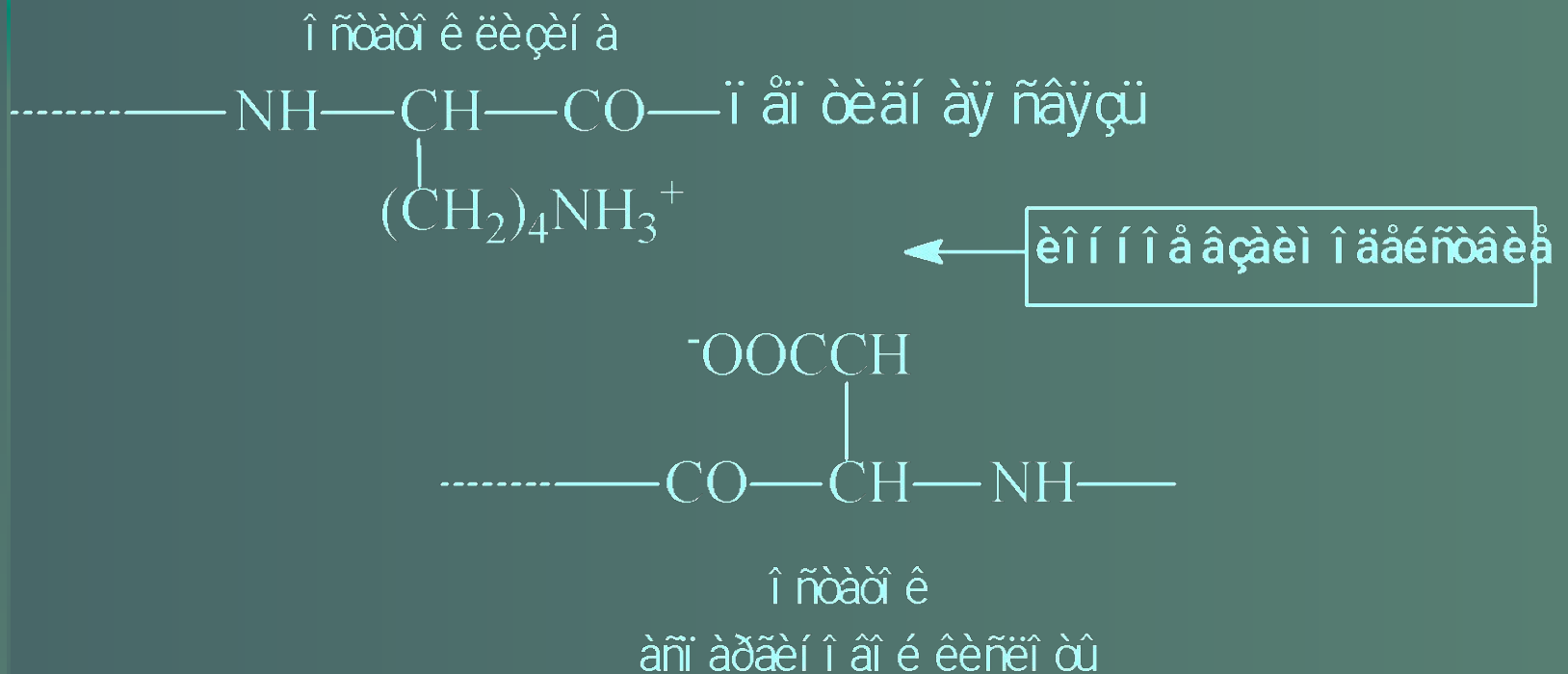
Д – упрощенное изображение третичной структуры.

Е – третичная структура с дисульфидными мостиками.



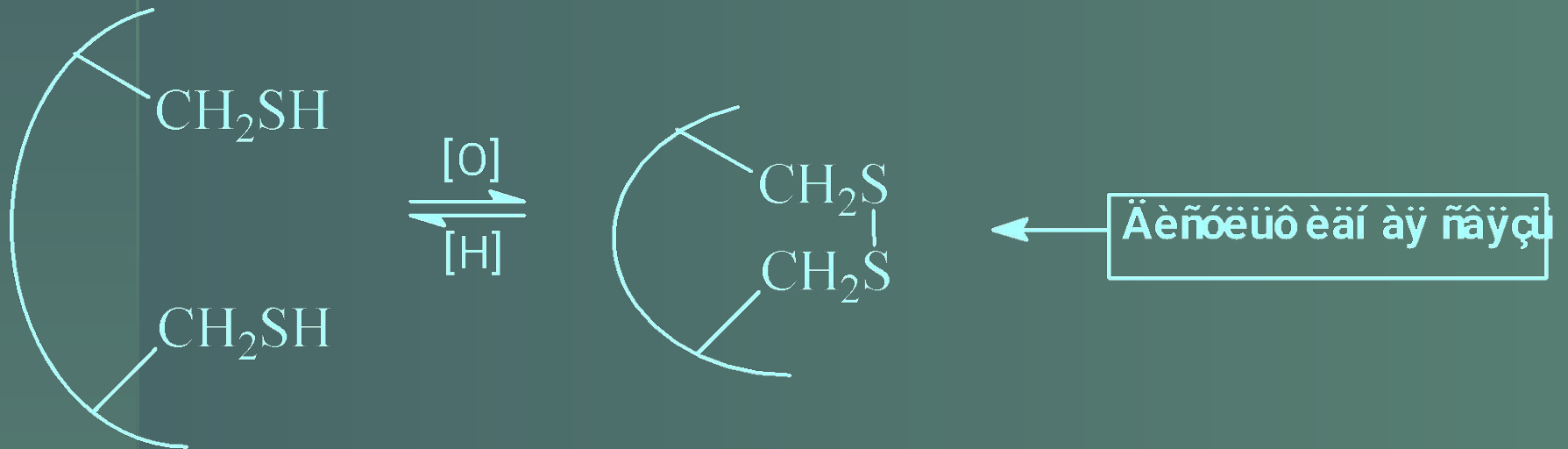
# Пептиды и белки

## Ионные взаимодействия



# Пептиды и белки

## Дисульфидные взаимодействия



# Пептиды и белки

## *Глобулярные белки*

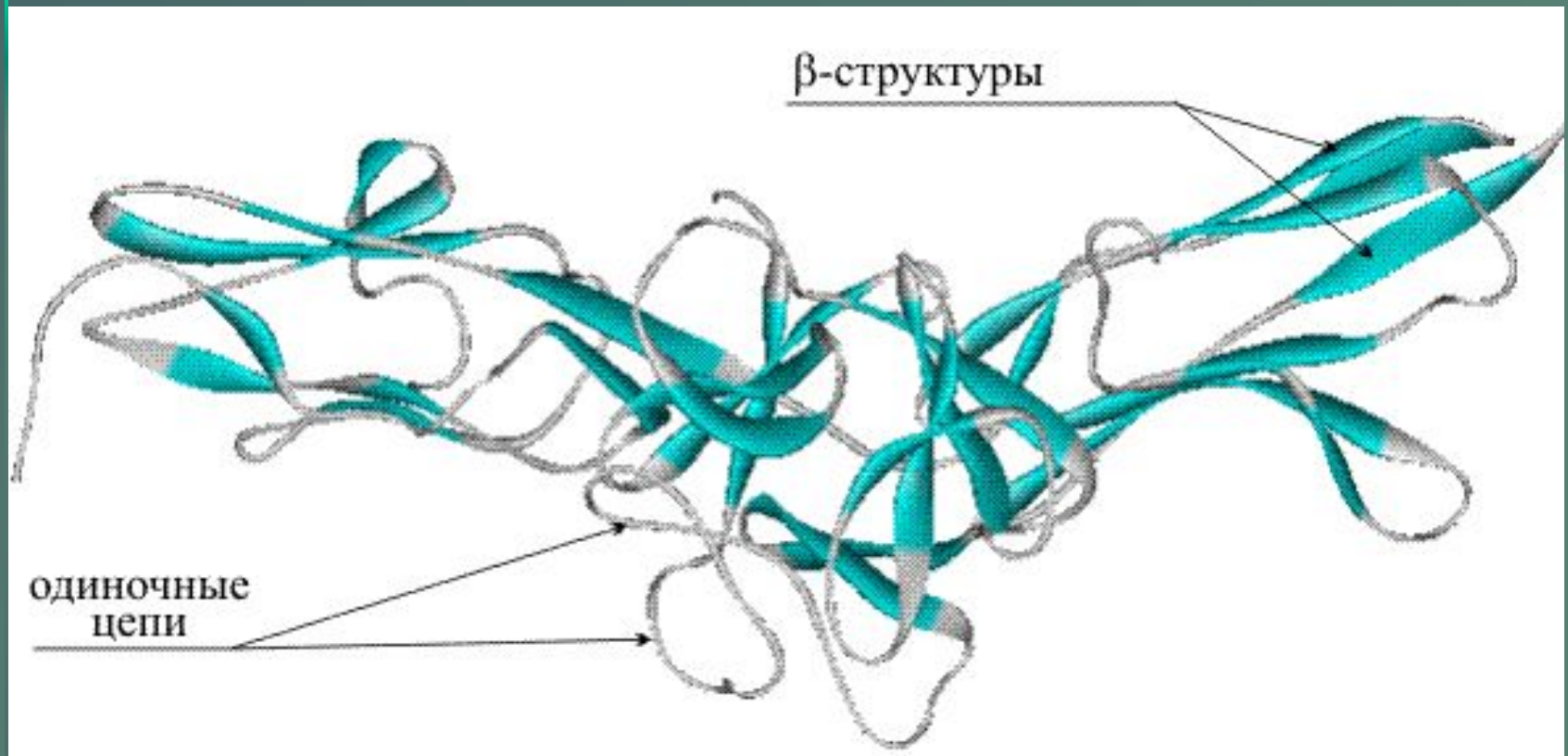


### **ГЛОБУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА**

**АЛЬБУМИНА** (белок куриного яйца). В структуре помимо дисульфидных мостиков присутствуют свободные сульфгидридные HS-группы цистеина, которые в процессе разложения белка легко образуют сероводород – источник запаха тухлых яиц. Дисульфидные мостики намного более устойчивы и при разложении белка сероводород не образуют

# Пептиды и белки

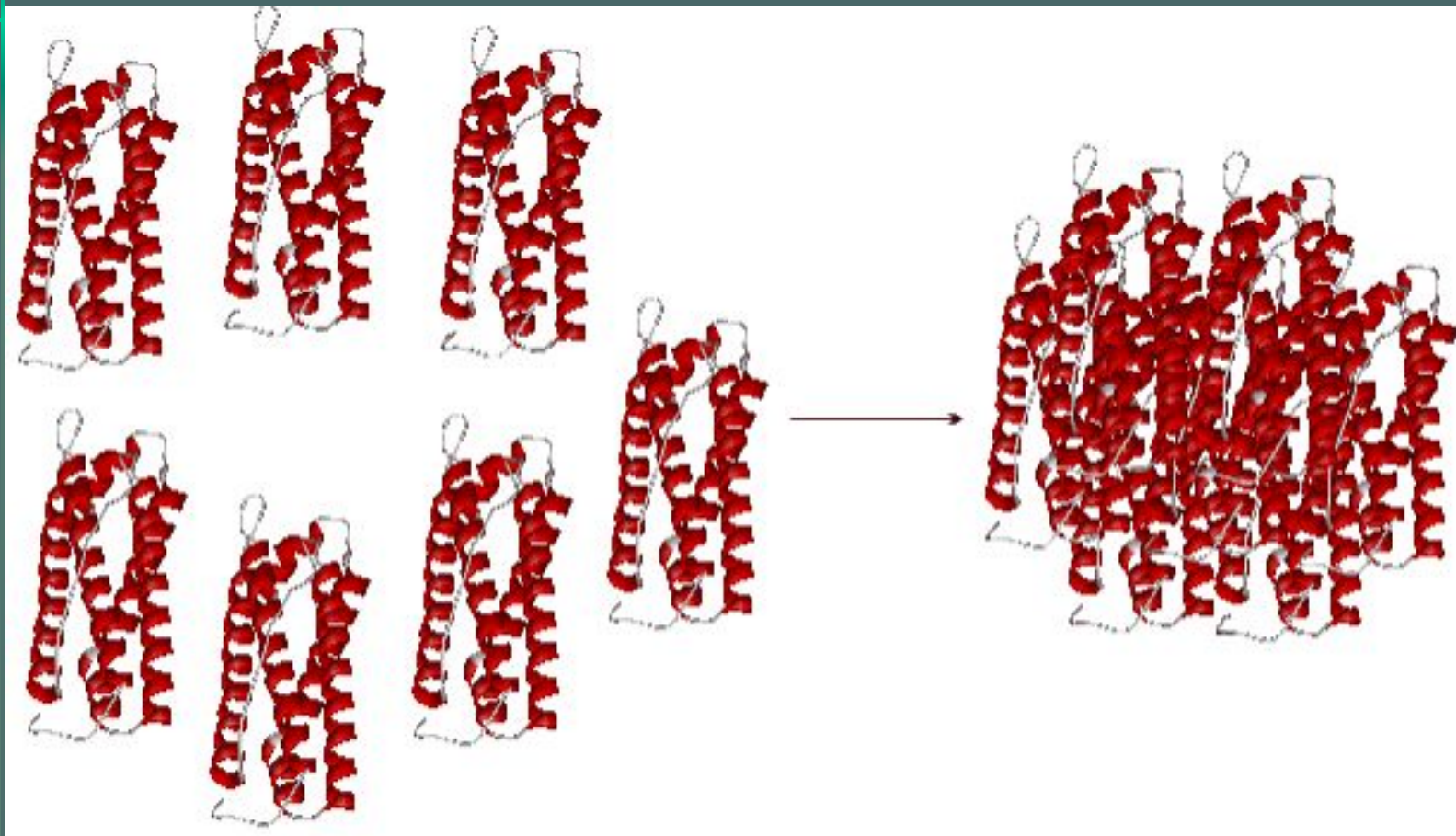
## Фибриллярные белки



**ФИБРИЛЛЯРНЫЙ БЕЛОК ФИБРОИН** – основной компонент натурального шелка и паутины

# Пептиды и белки

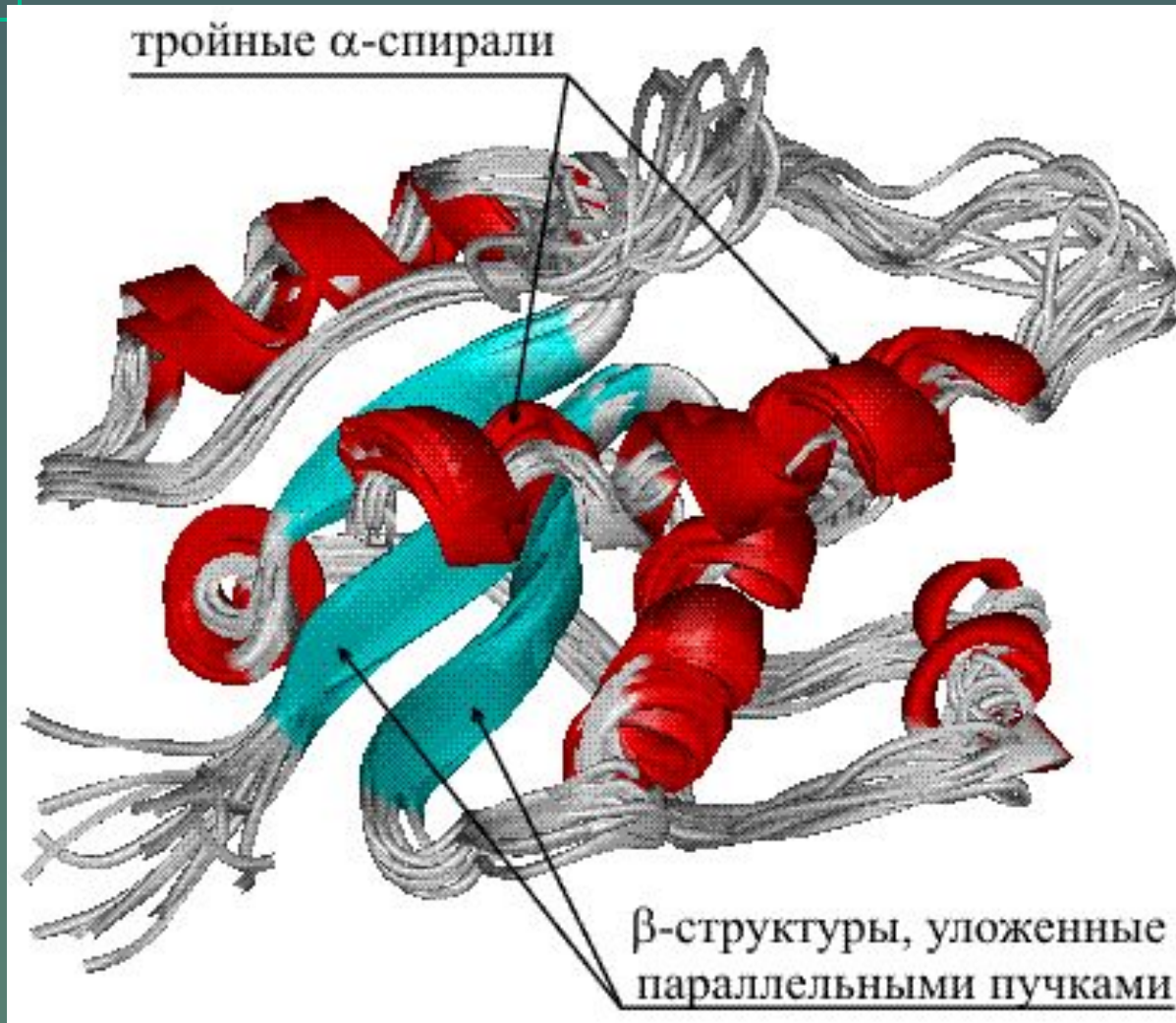
## *Четвертичная структура белков*



**ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ГЛОБУЛЯРНОГО БЕЛКА** ферритина при объединении молекул в единый ансамбль

# Пептиды и белки

## Четвертичная структура белков

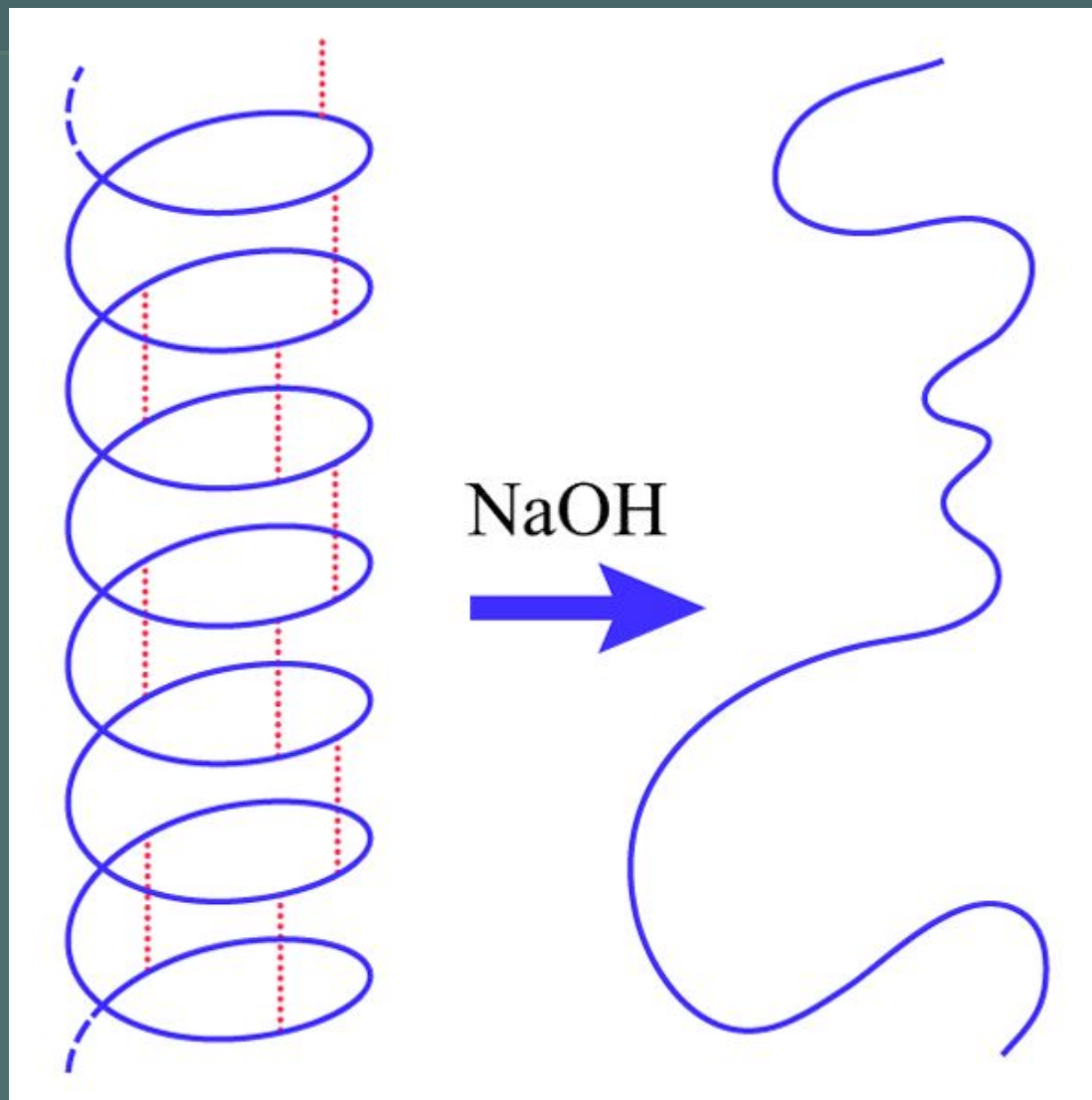


**НАДМОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ФИБРИЛЛЯРНОГО БЕЛКА КОЛЛАГЕНА.** На примере коллагена можно видеть, что в образовании фибриллярных белков могут участвовать как  $\alpha$ -спирали, так и  $\beta$ -структуры. То же и для глобулярных белков, в них могут быть оба типа третичных структур

# Пептиды и белки

## Денатурация белков

*Денатурация белков — это разрушение их природной (нативной) пространственной структуры с сохранением первичной структуры*



# Пептиды и белки

