

# **Структуры и функции биополимеров (ДНК, РНК, белки)**

**Введение в молекулярную биологию  
(как часть введения в биоинформатику)**

**БиБи МГУ, сентябрь 2003**

# Осенний семестр:

- лекции (среда 17.20-18.55) - коллоквиум

потом занятия по вторникам:

- Банк EMBL (4 + зачётное задание)
  - структура записи
  - поиск по аннотации
  - поиск по последовательности
- пакет EMBOSS (4 + зачётное задание)
  - UNIX, командная строка, возможности
- теор.вер.

# Весенний семестр

- продолжение занятий по биоинформатике (биоинформатика с точки зрения биолога)
- введение в алгоритмы – лекции и занятия (биоинформатика с точки зрения разработчика)
- мат. статистика

# Четыре лекции + зачёт

## 1. Структуры

- ДНК
- РНК
- белки

## 2. Функции

- репликация
- транскрипция
- трансляция
- сплайсинг

## 3. Регуляция

# Литература

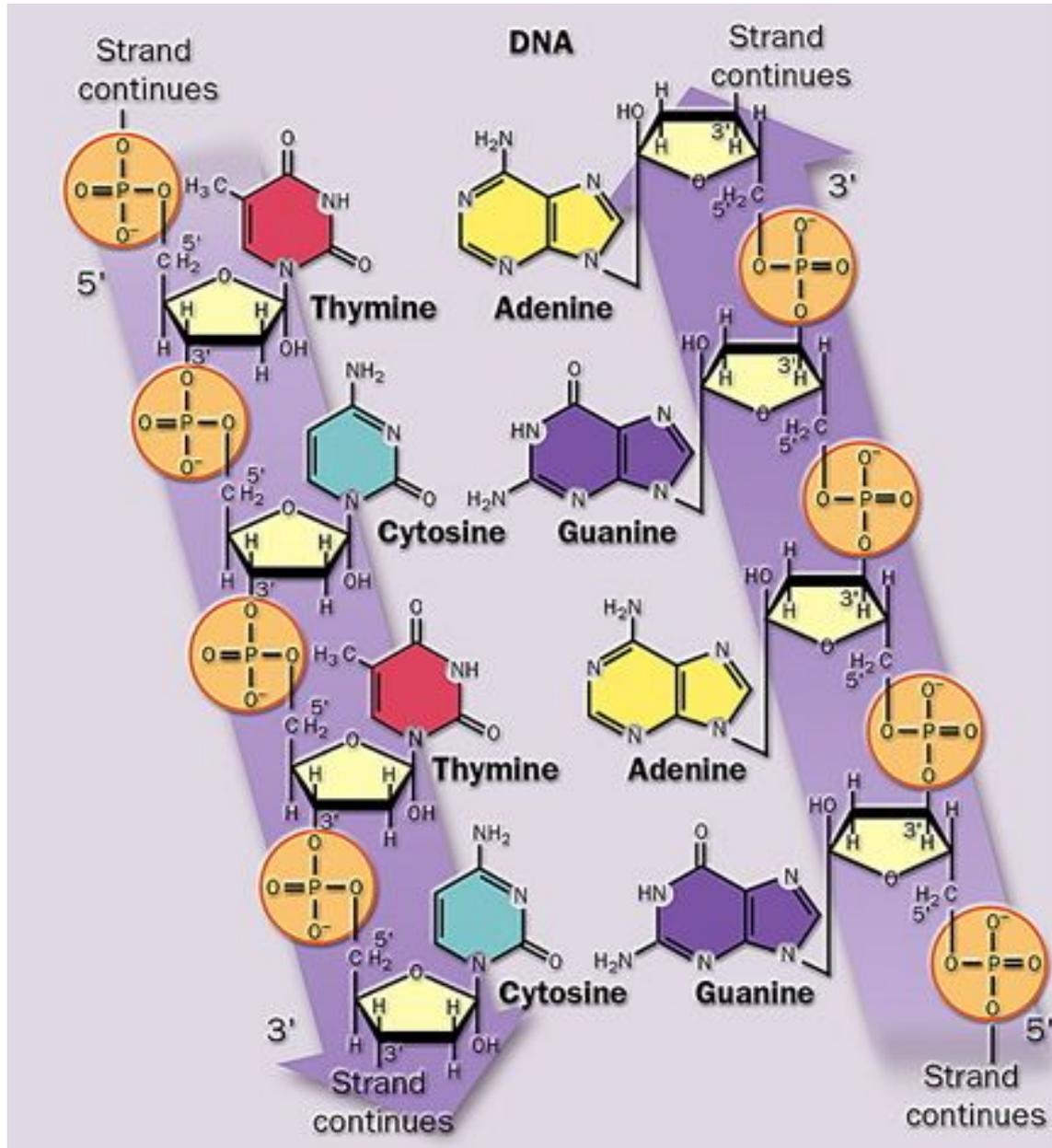
- Э.Рис, М.Стернберг  
Введение в молекулярную биологию  
(Мир, 2002; оригинал 1984)
- <http://rnp-group.genebee.msu.su/lectures>  
(А. Головин)
- Б.Льюин «Гены» (Мир, 1987)
- Б.Албертс - ... - Дж. Уотсон «Молекулярная биология клетки»  
(Мир, 1994; оригинал 1989)
- М.Сингер, П.Берг «Гены и геномы»  
(Мир, 1998; оригинал 1991)

# **1. СТРУКТУРЫ**

# ДНК

- хранение генетической информации, наследственность
- линейный сополимер ортофосфорной **к**ислоты и **д**езоксирибозы, выделенный Ф. Мишером в 1869 из ядер (**n**ucleus) лейкоцитов

# Полинуклеотидная цепь ДНК

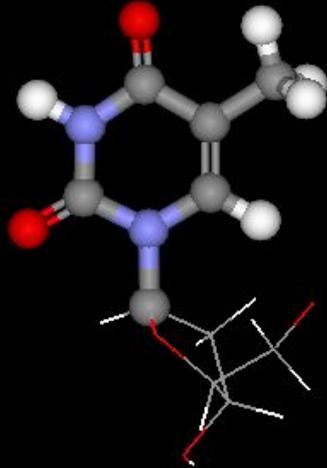


# 1020 нуклеотидов из 5386 нт. генома фага фХ174

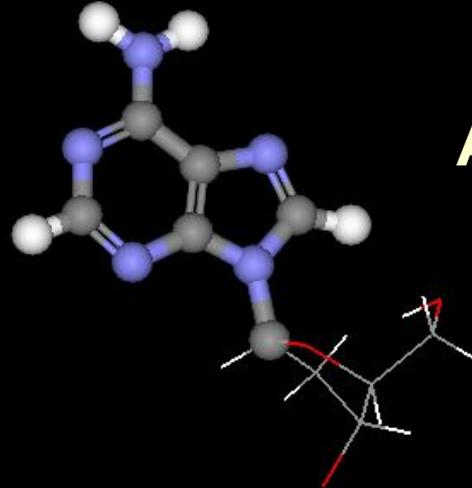
1 gagttttatc gcttccatga cgcagaagtt aacactttcg gatattttctg atgagtcgaa  
61 aaattatctt gataaagcag gaattactac tgcttgttta cgaattaaat cgaagtggac  
121 tgctggcgga aatgagaaa attcgacctt tccttgcgca gctcgagaag ctcttacttt  
181 gcgacctttc gccatcaact aacgattctg tcaaaaactg acgcgttgga tgaggagaag  
241 tggcttaata tgcttggcac gttcgtcaag gactggttta gatatgagtc acattttggt  
301 catggtagag attctcttgt tgacatttta aaagagcgtg gattactatc tgagtccgat  
361 gctgtttcaac cactaatagg taagaaatca tgagtcaagt tactgaacaa tccgtacggt  
421 tccagaccgc tttggcctct attaagctca ttcaggcttc tgccgttttg gatttaaccg  
481 aagatgattt cgattttctg acgagtaaca aagtttggat tgctactgac cgctctcgtg  
541 ctcgtcgctg cgttgaggct tgcgtttatg gtacgctgga ctttgtggga taccctcgtc  
601 ttctgctcc tgttgagttt attgctgccc tcattgctta ttatgttcat cccgtcaaca  
661 ttcaaaccgc ctgtctcatc atggaaggcg ctgaatttac ggaaaacatt attaatggcg  
721 tcgagcgtcc ggttaaagcc gctgaattgt tcgcgtttac cttgcgtgta cgcgcaggaa  
781 aactgacgt tcttactgac gcagaagaaa acgtgcgtca aaaattacgt gcggaaggag  
841 tgatgtaatg tctaaaggta aaaaacgttc tggcgctcgc cctggtcgtc cgcagccggt  
901 gcgaggtact aaaggcaagc gtaaaggcgc tcgtctttgg tatgtagggtg gtcaacaatt  
961 ttaattgcag gggcttcggc cccttacttg aggataaatt atgtctaata ttcaaactgg

# Гетероциклические основания (нуклеотиды)

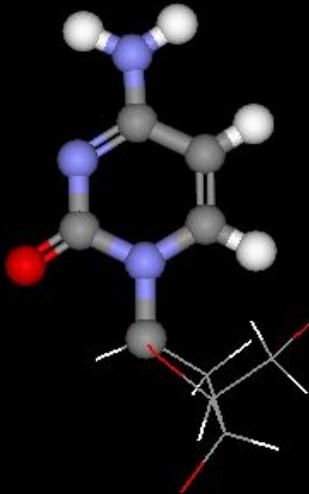
T



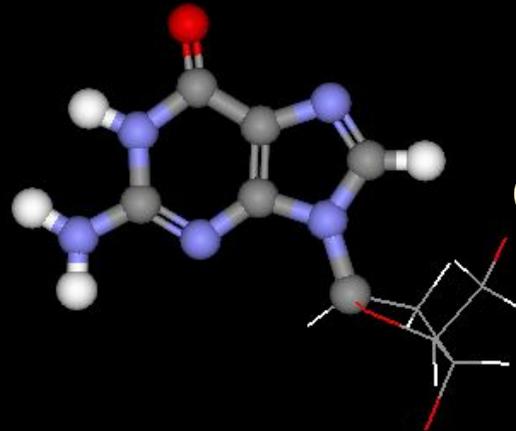
A



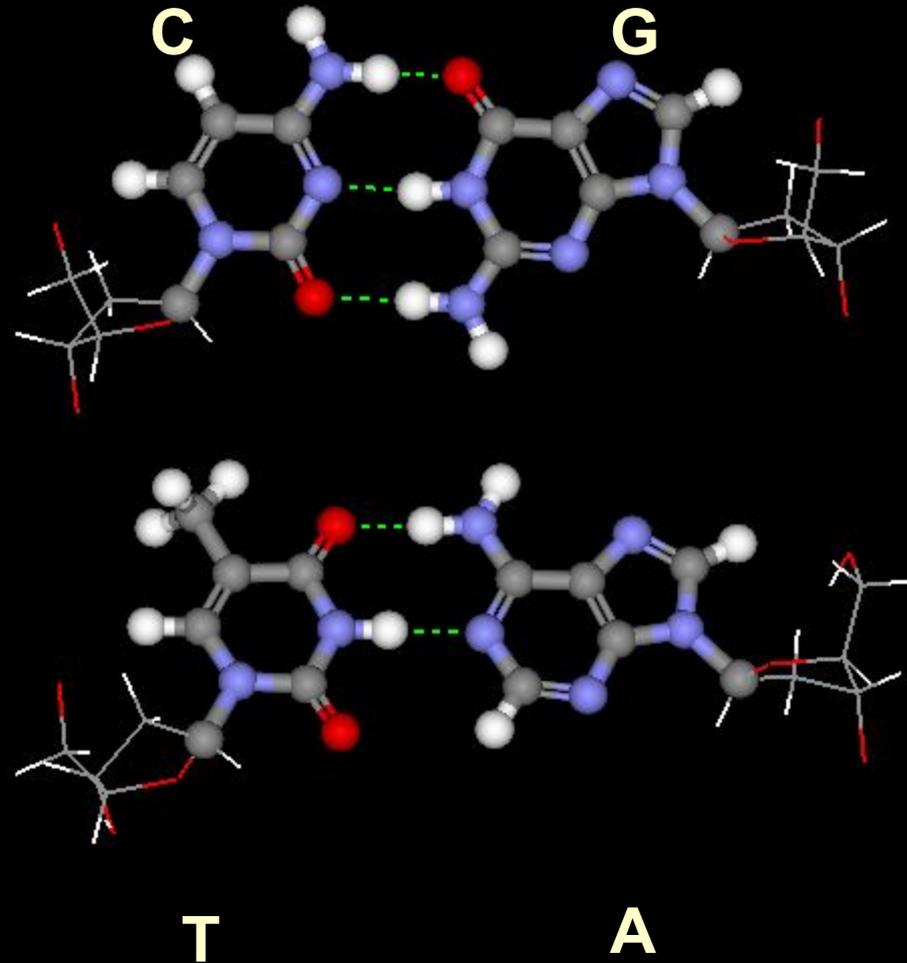
C



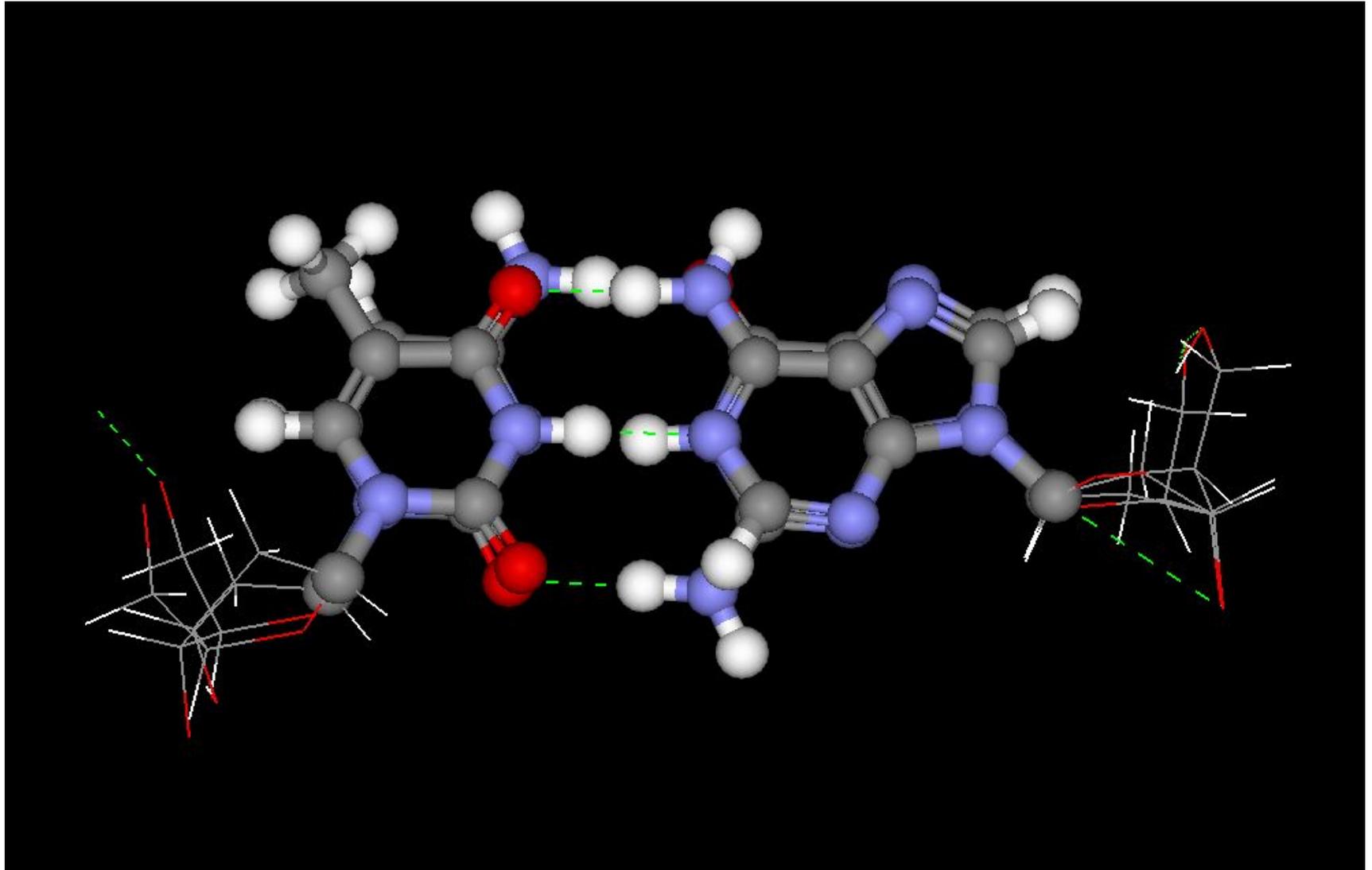
G



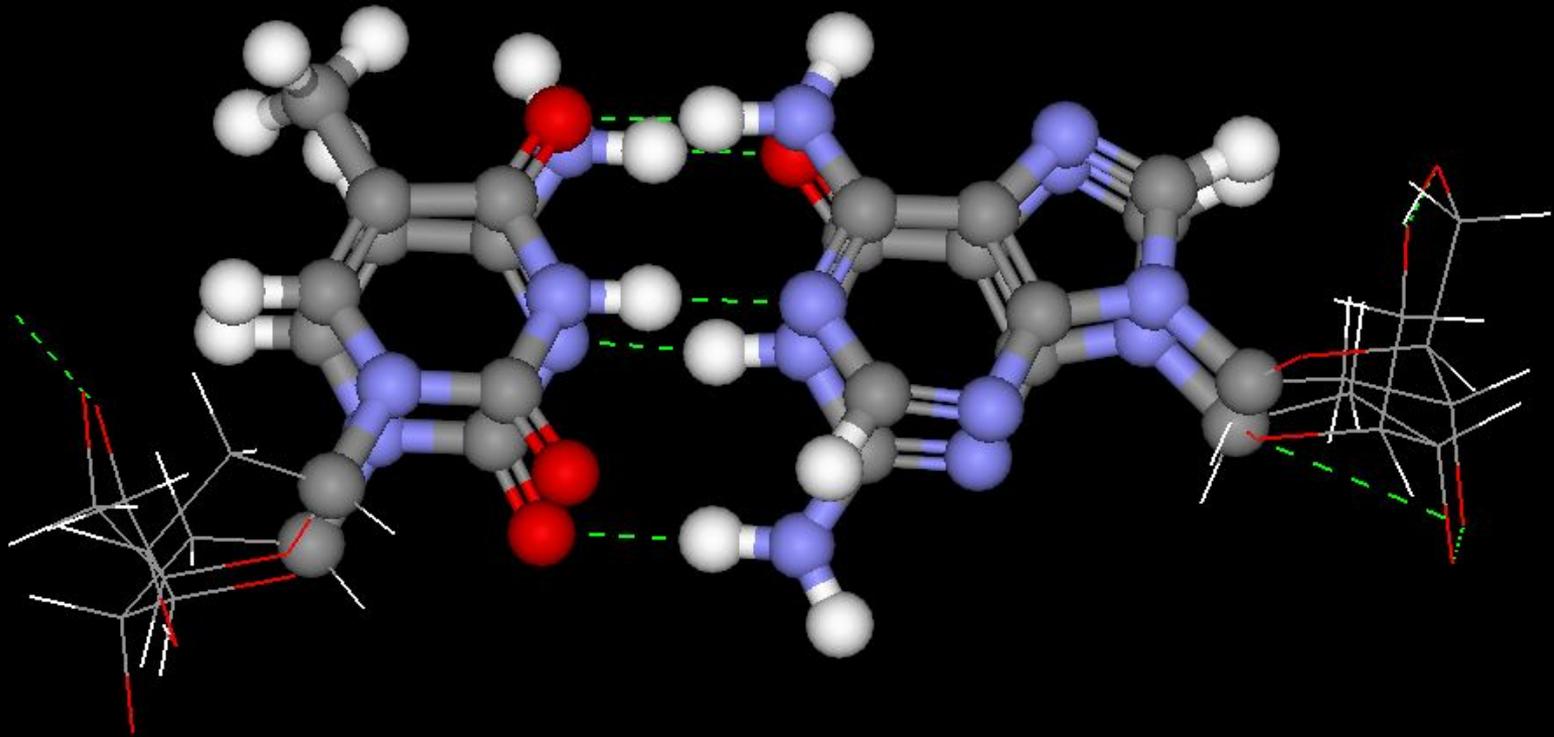
# Комплементарные пары



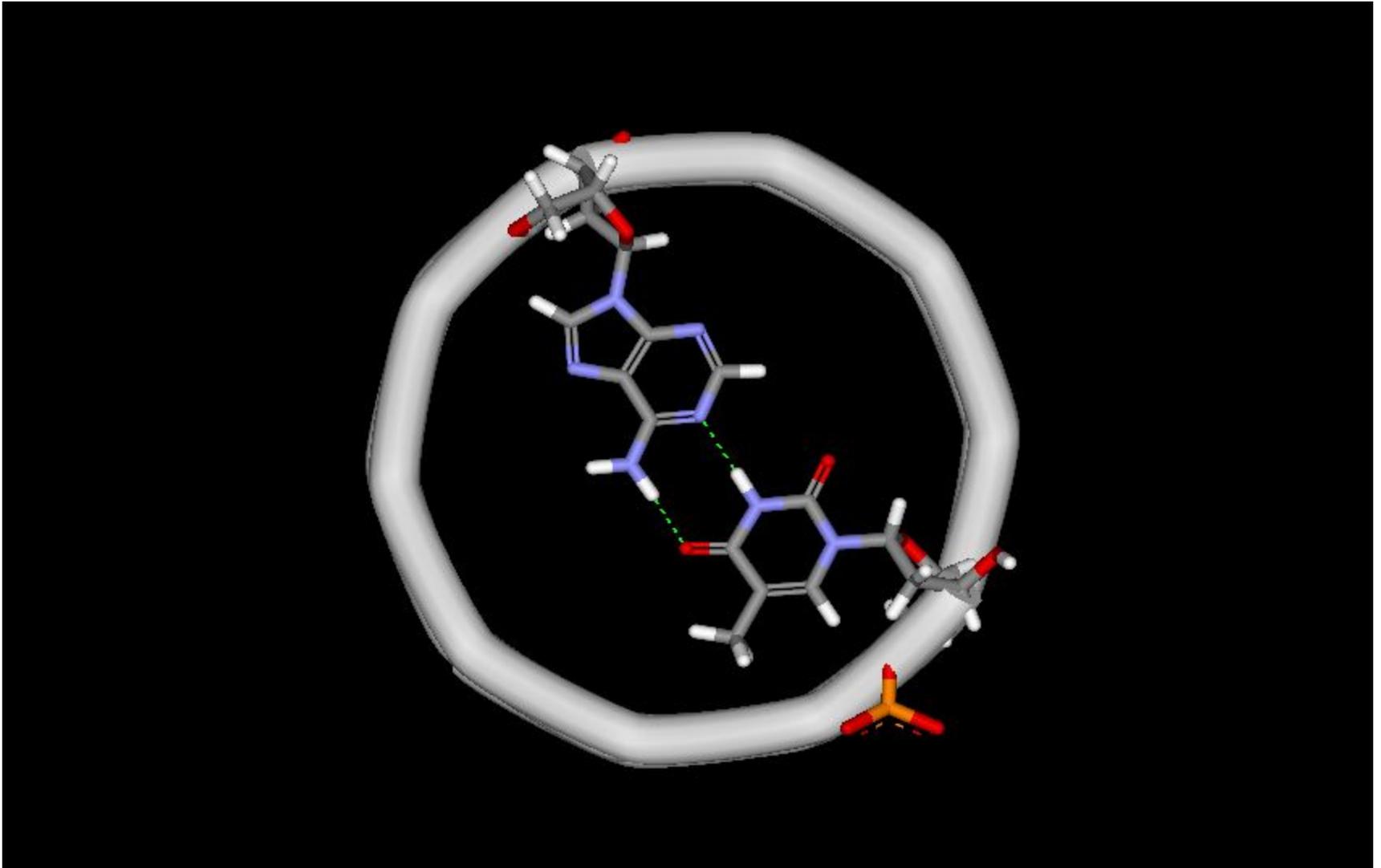
# Изогеометричность комплементарных пар



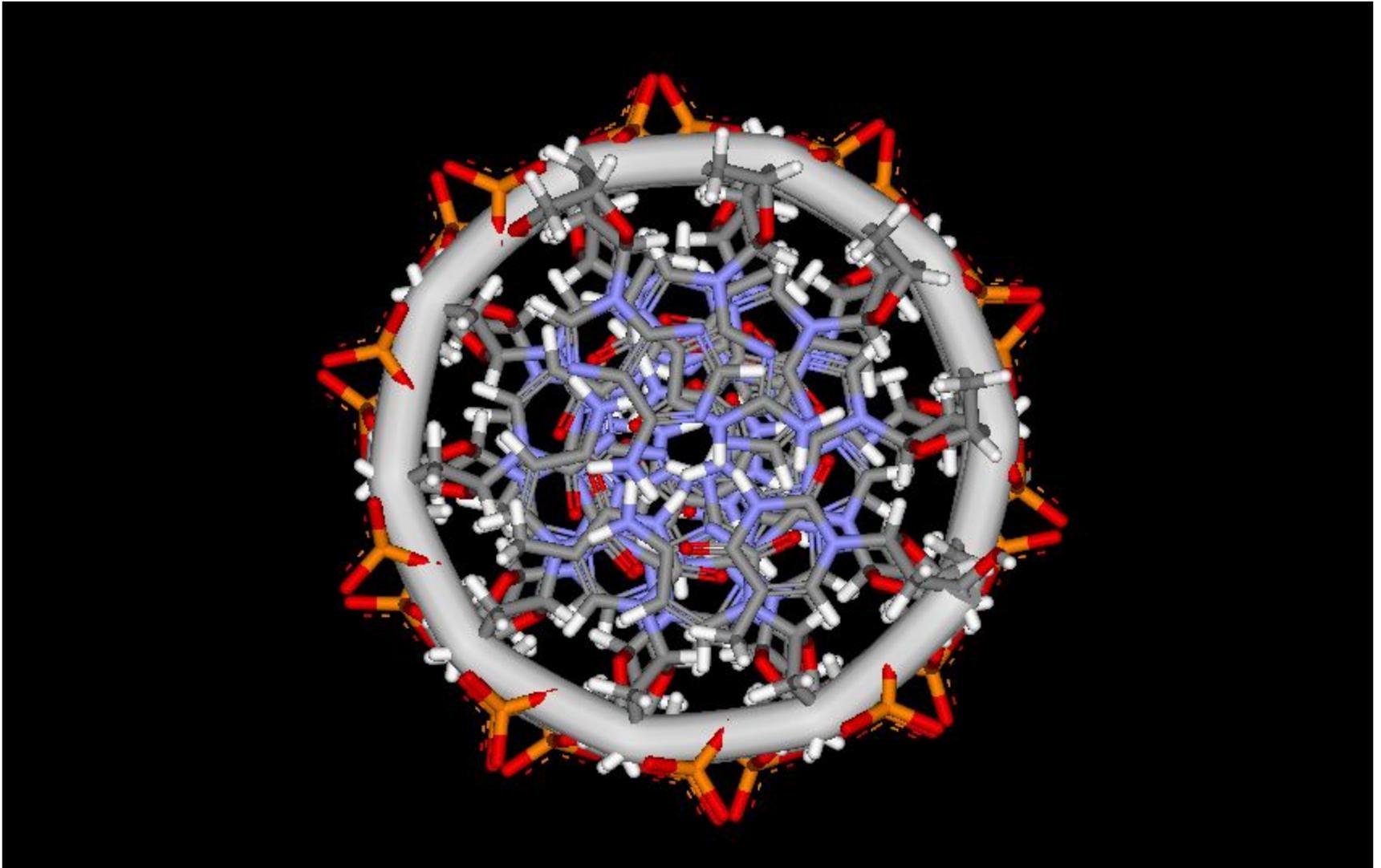
# Изогеометричность комплементарных пар



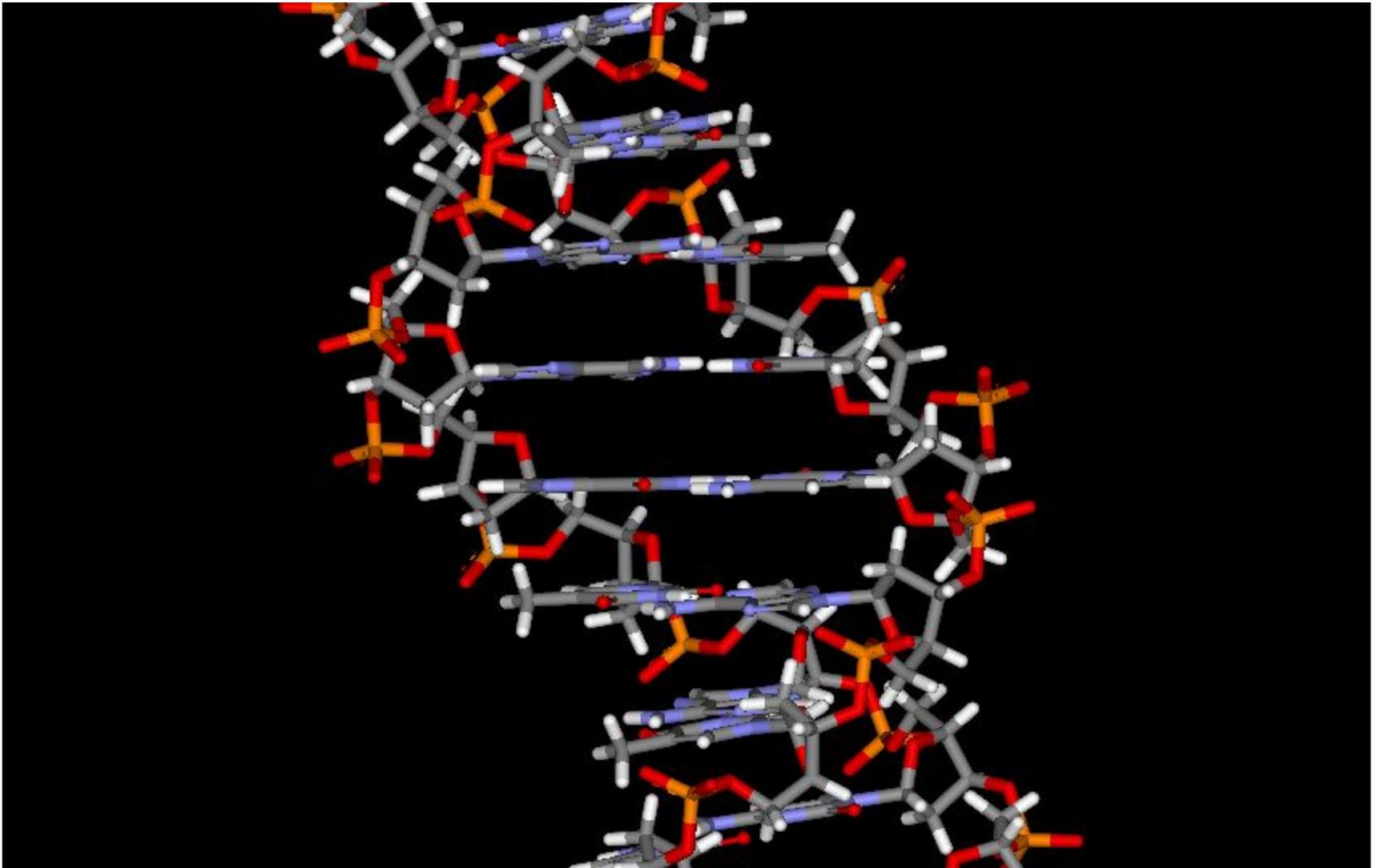
# Двойная спираль ДНК (вид с торца)



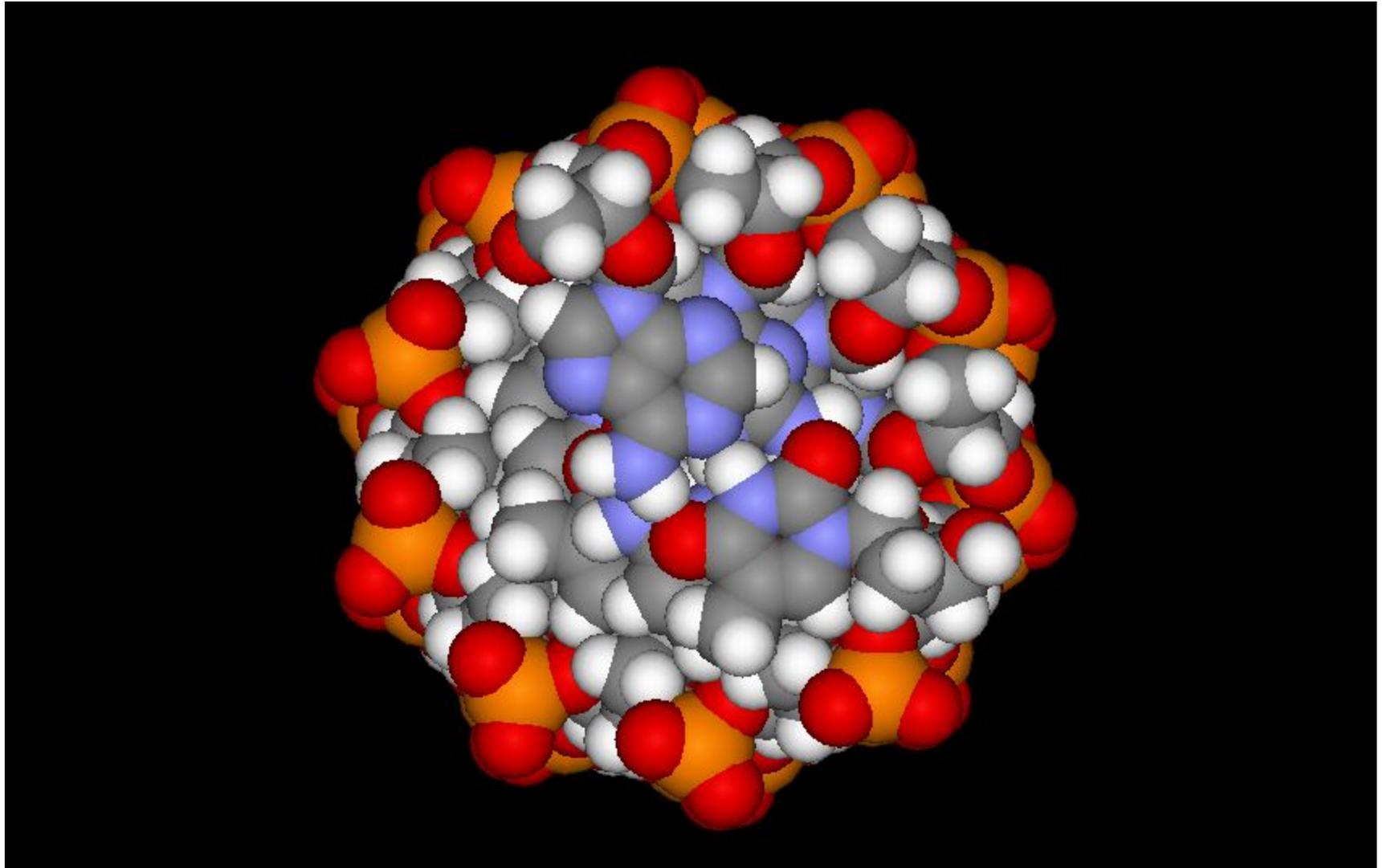
# Двойная спираль ДНК (вид с торца)



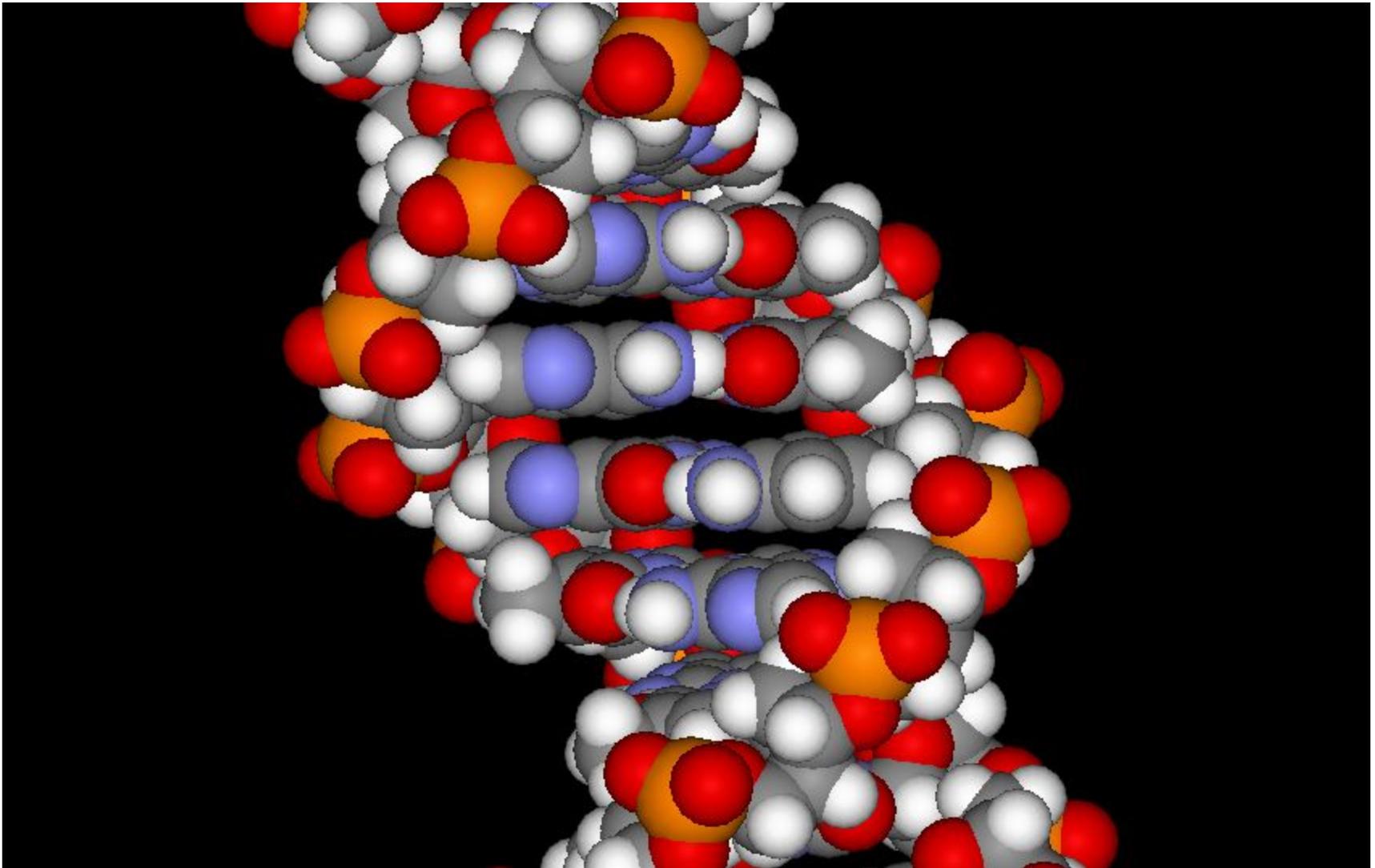
# Двойная спираль ДНК (вид сбоку)



# Двойная спираль ДНК (вид с торца)



# Двойная спираль ДНК (вид сбоку)

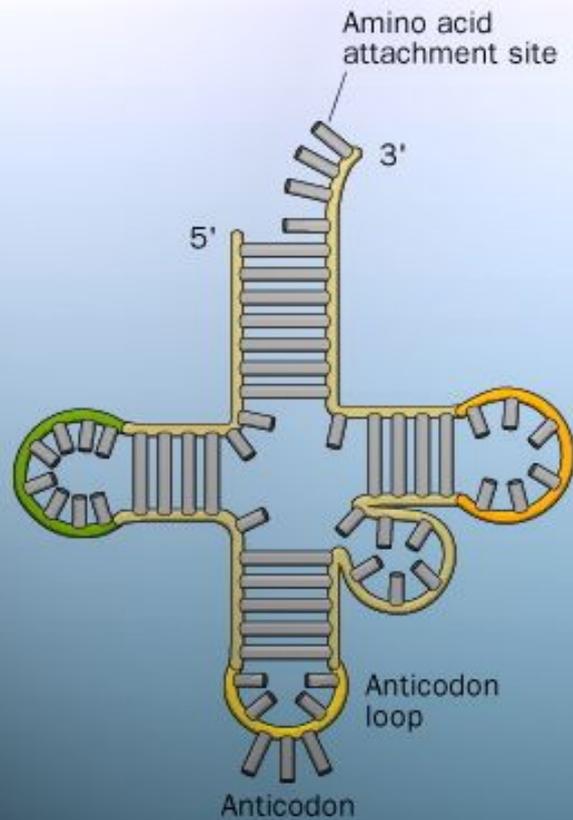


# РНК

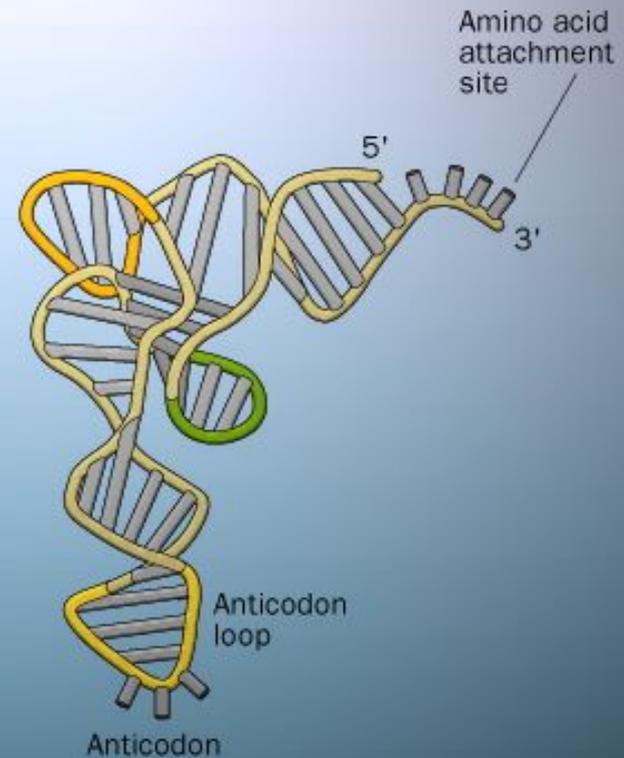
- мРНК - перенос информации от ДНК к белку
- хранение генетической информации (вирусы и фаги)
- рибозимы - катализ
- рРНК - структура (+ катализ)
- тРНК - трансляция
- регуляция

# Вторичная структура тРНК

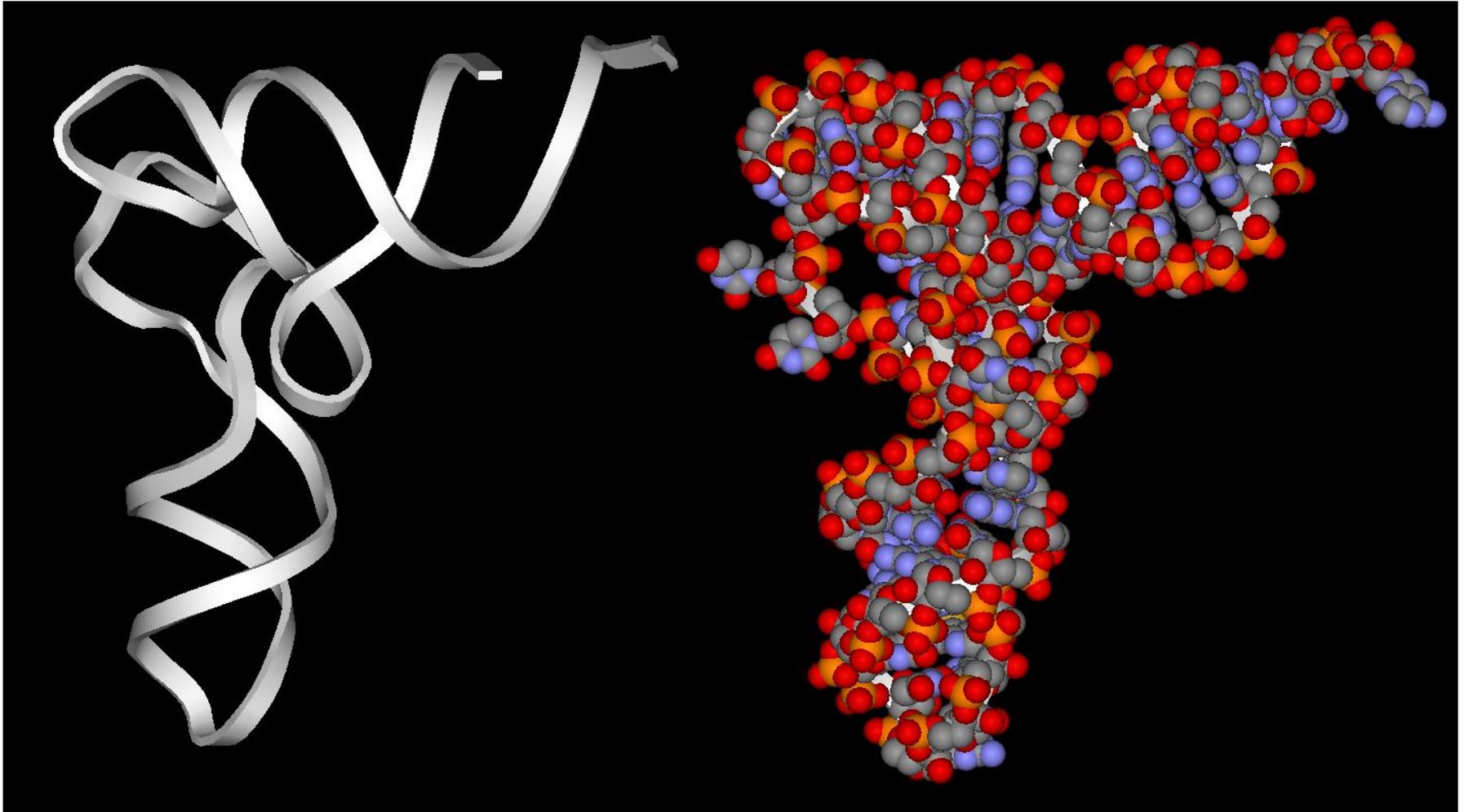
tRNA ("cloverleaf" model)



tRNA (folded model)

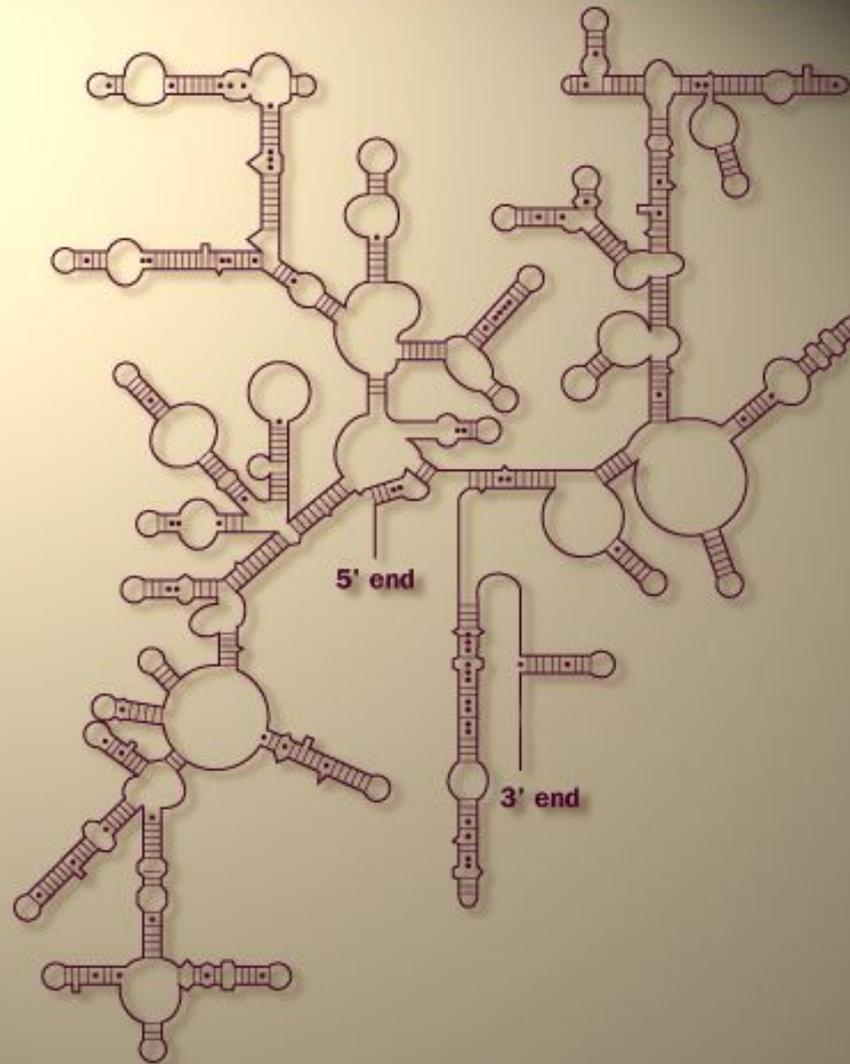


# Пространственная структура тРНК



# Вторичная структура рРНК

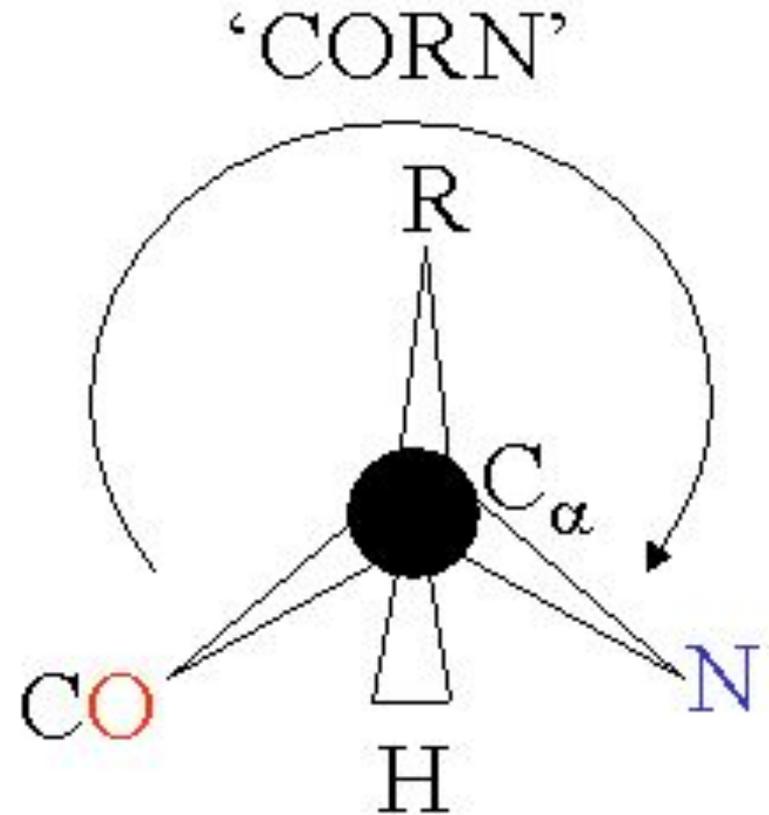
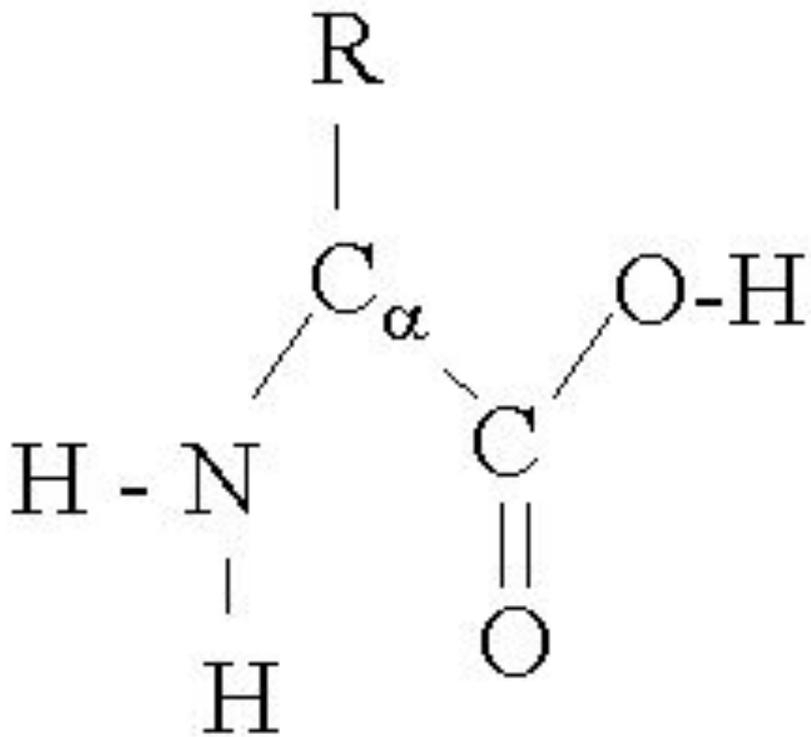
Ribosomal RNA



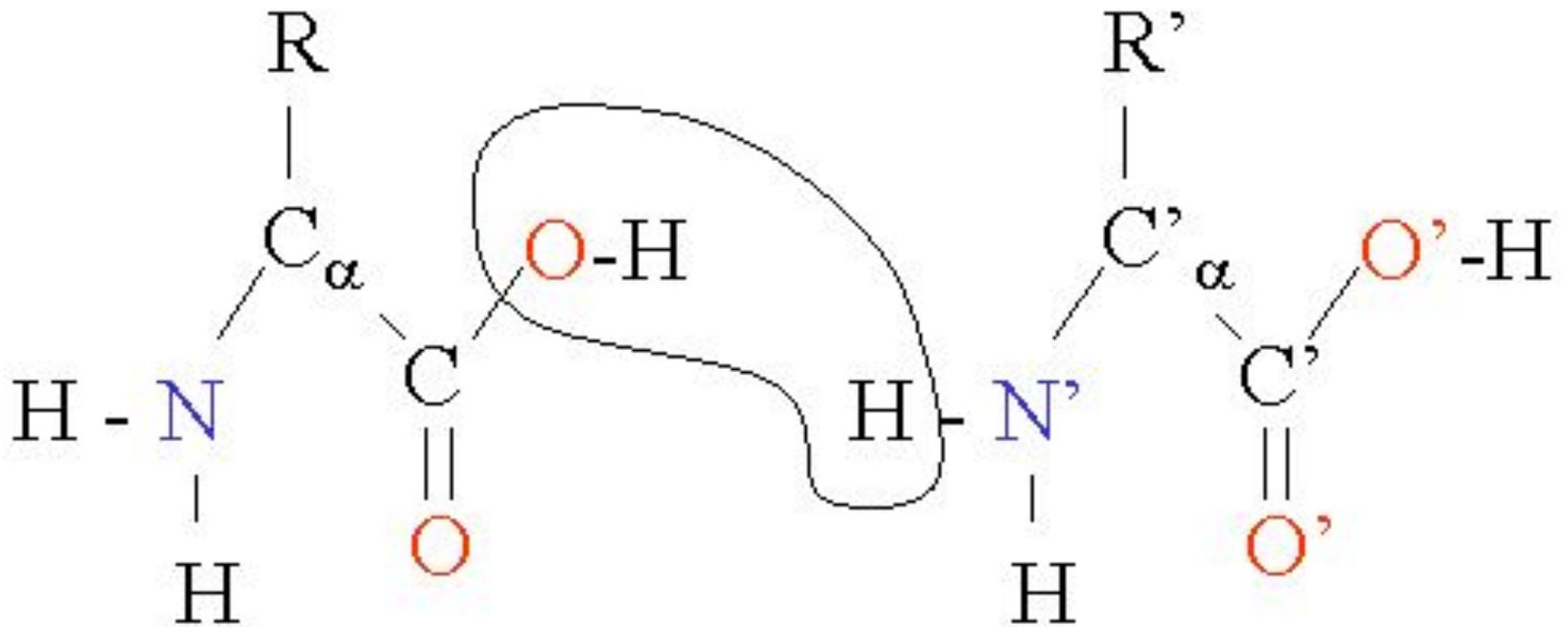
# Белки

- ферментативный катализ
- транспорт
- структура (цитоскелет и т.п.)
- передача сигнала

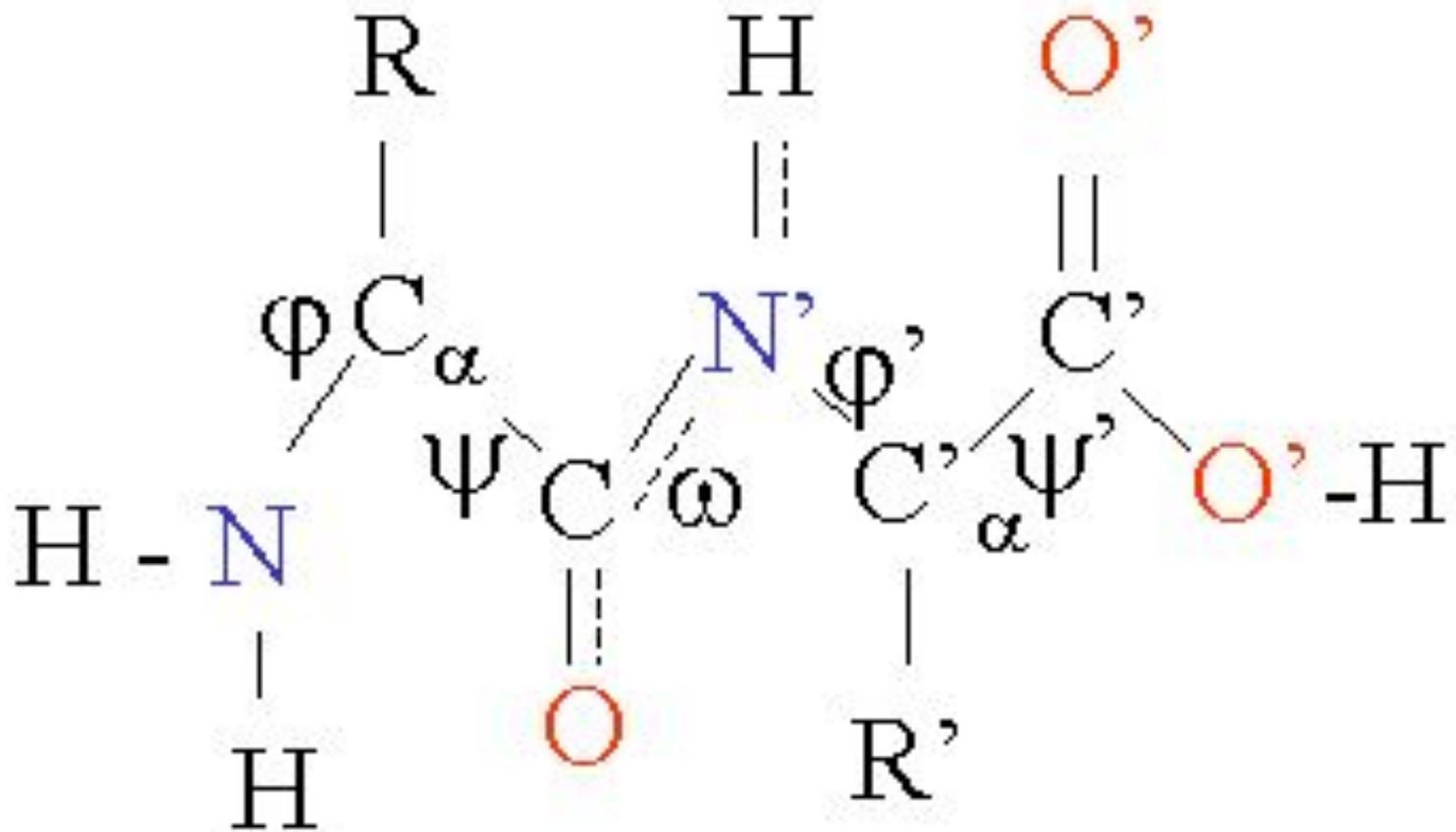
# Аминокислота



# Пептидная связь

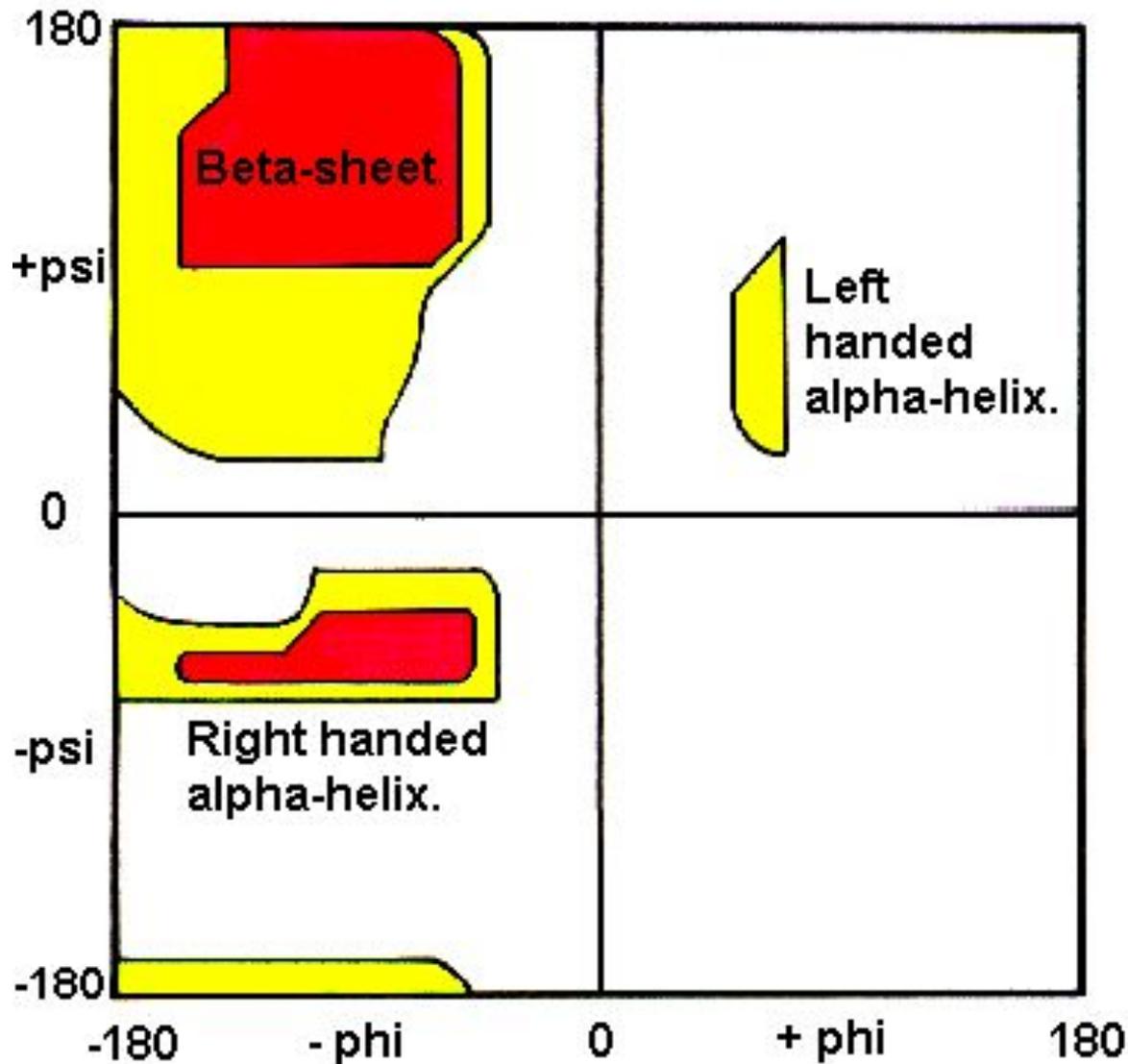


# Торсионные углы



# Карта Рамачандрана

The Ramachandran Plot.





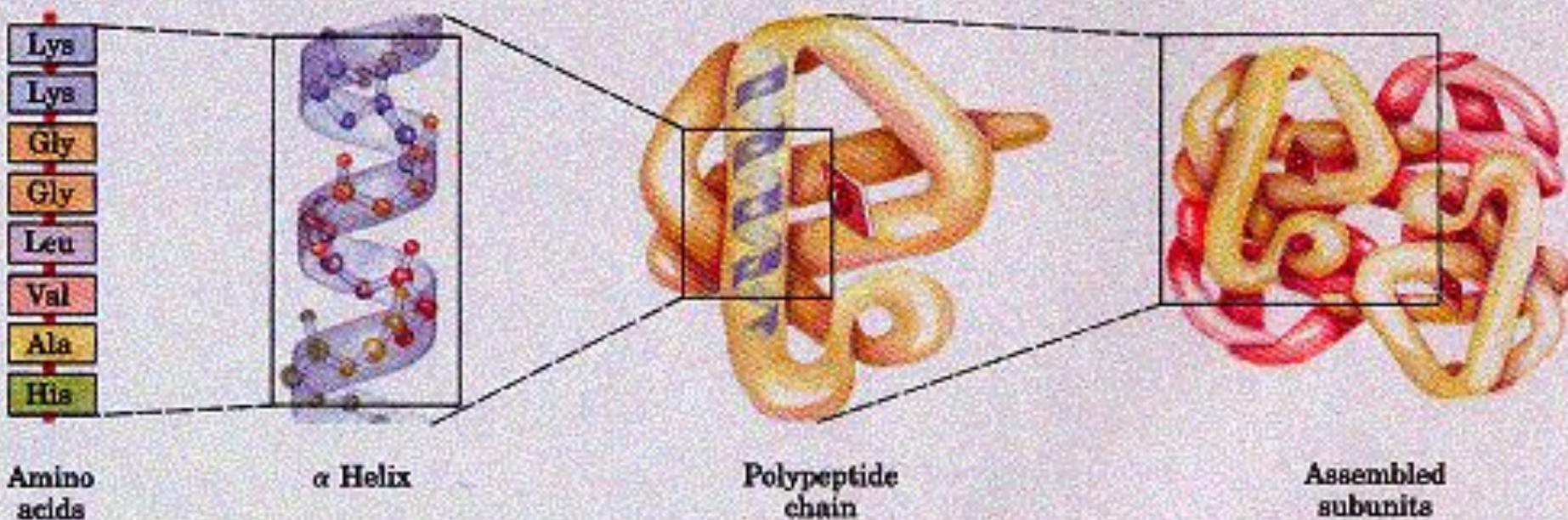
# Уровни структуры белка

Primary structure

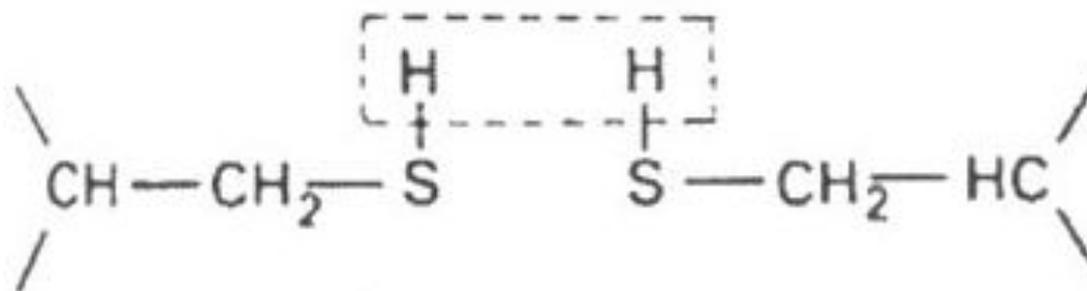
Secondary structure

Tertiary structure

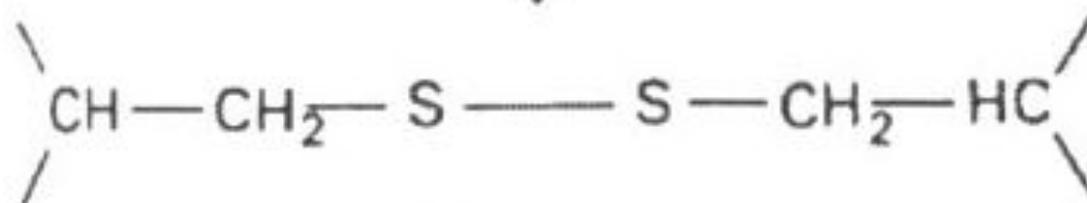
Quaternary structure



# Цистеиновый мостик

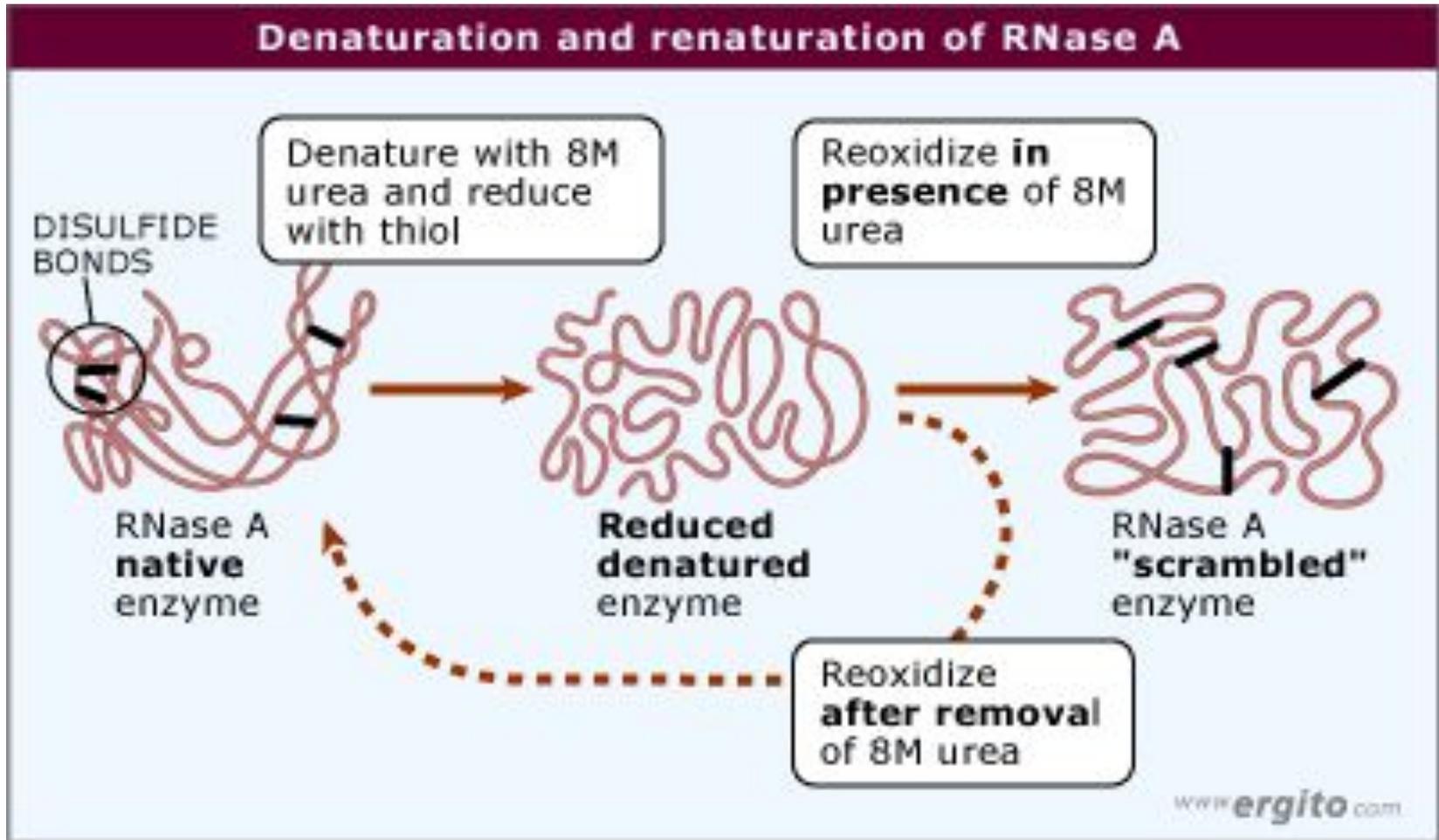


Два цистеина



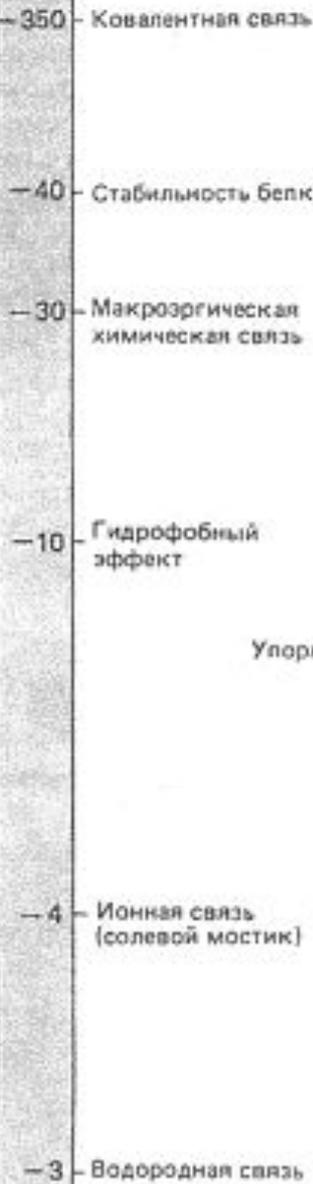
Цистин

# Эксперимент Анфинсена (1961)

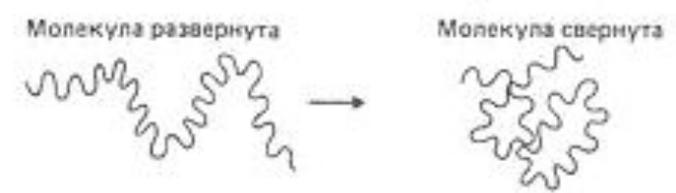


# Виды взаимо- дей- ствий

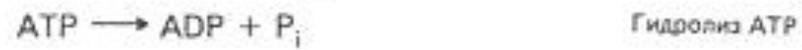
ИЗМЕНЕНИЕ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ  
кДж/моль (без соблюдения масштаба)



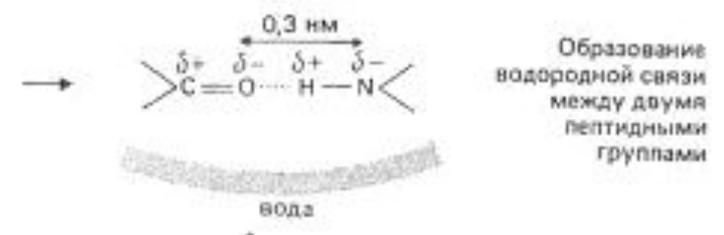
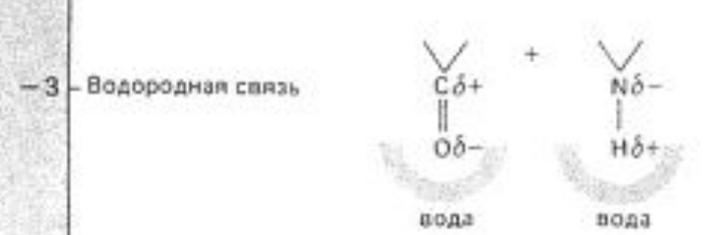
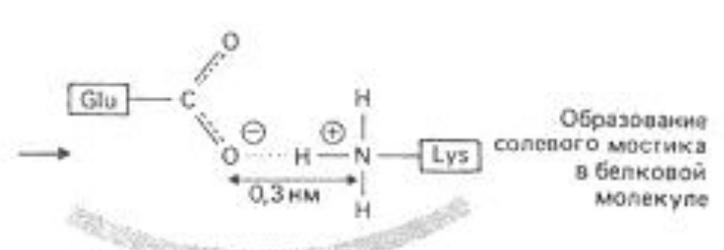
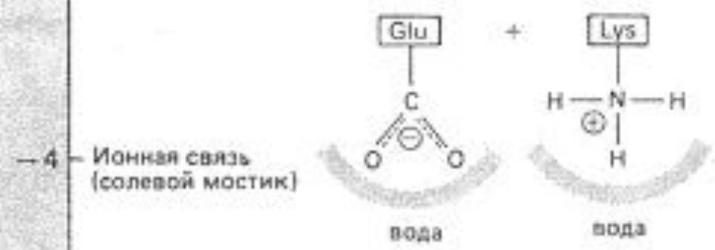
**ПРИМЕР**  
Образование одинарной  
углерод-углеродной  
связи



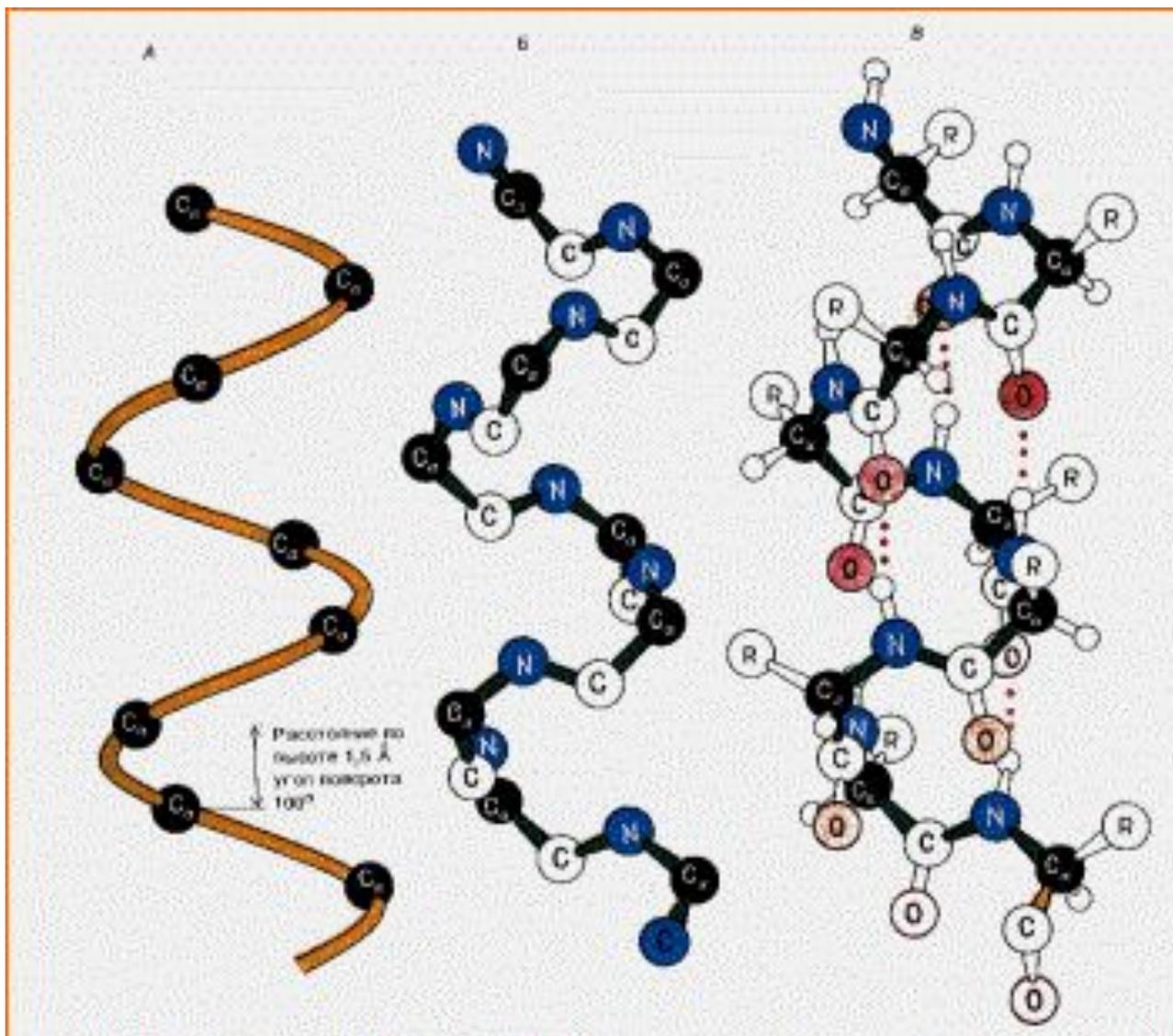
Свертывание  
лизоцима в воде



Переход боковой цепи  
остатка Phе  
из раствора внутрь  
белковой молекулы

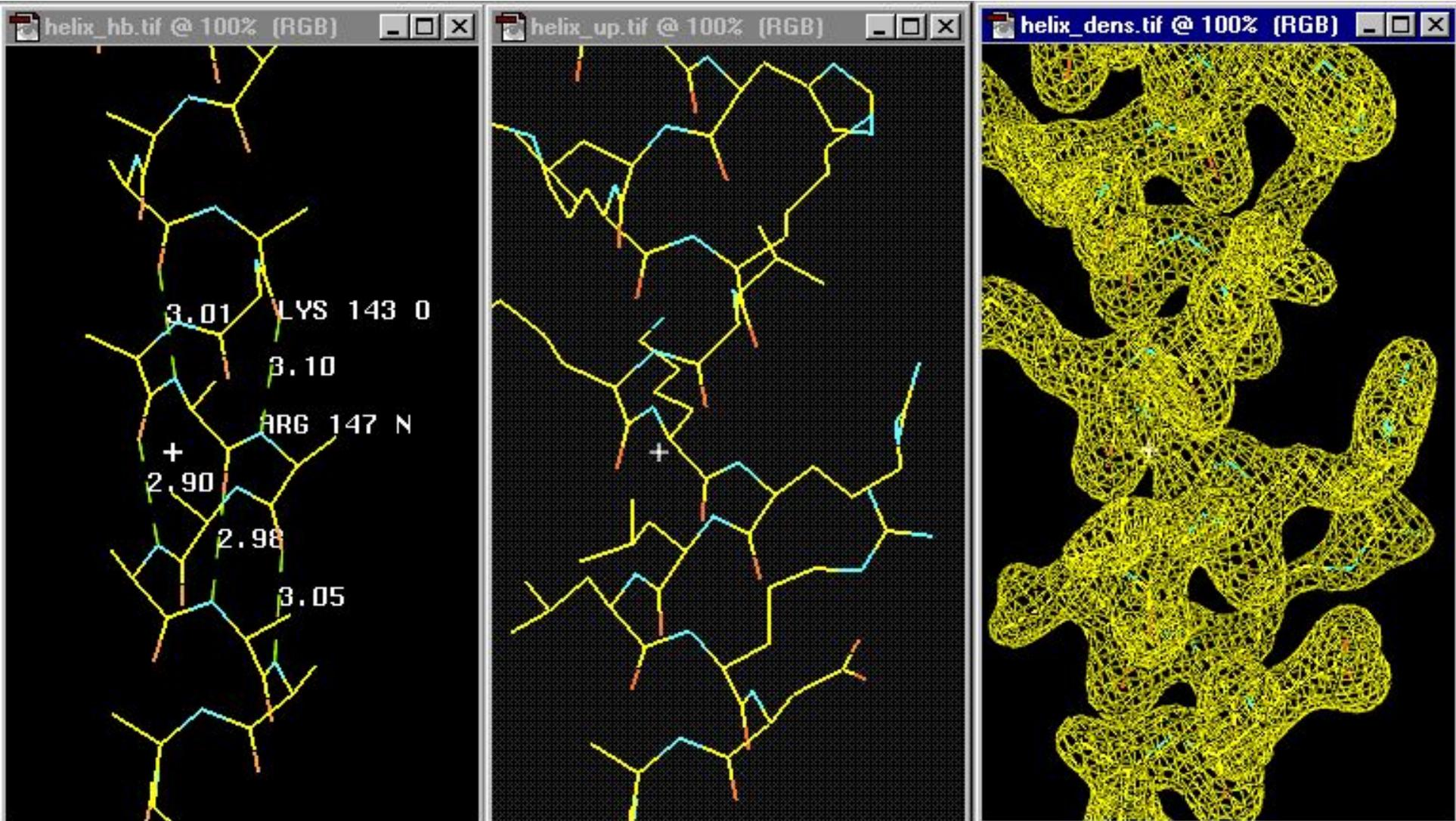


# Альфа-спираль



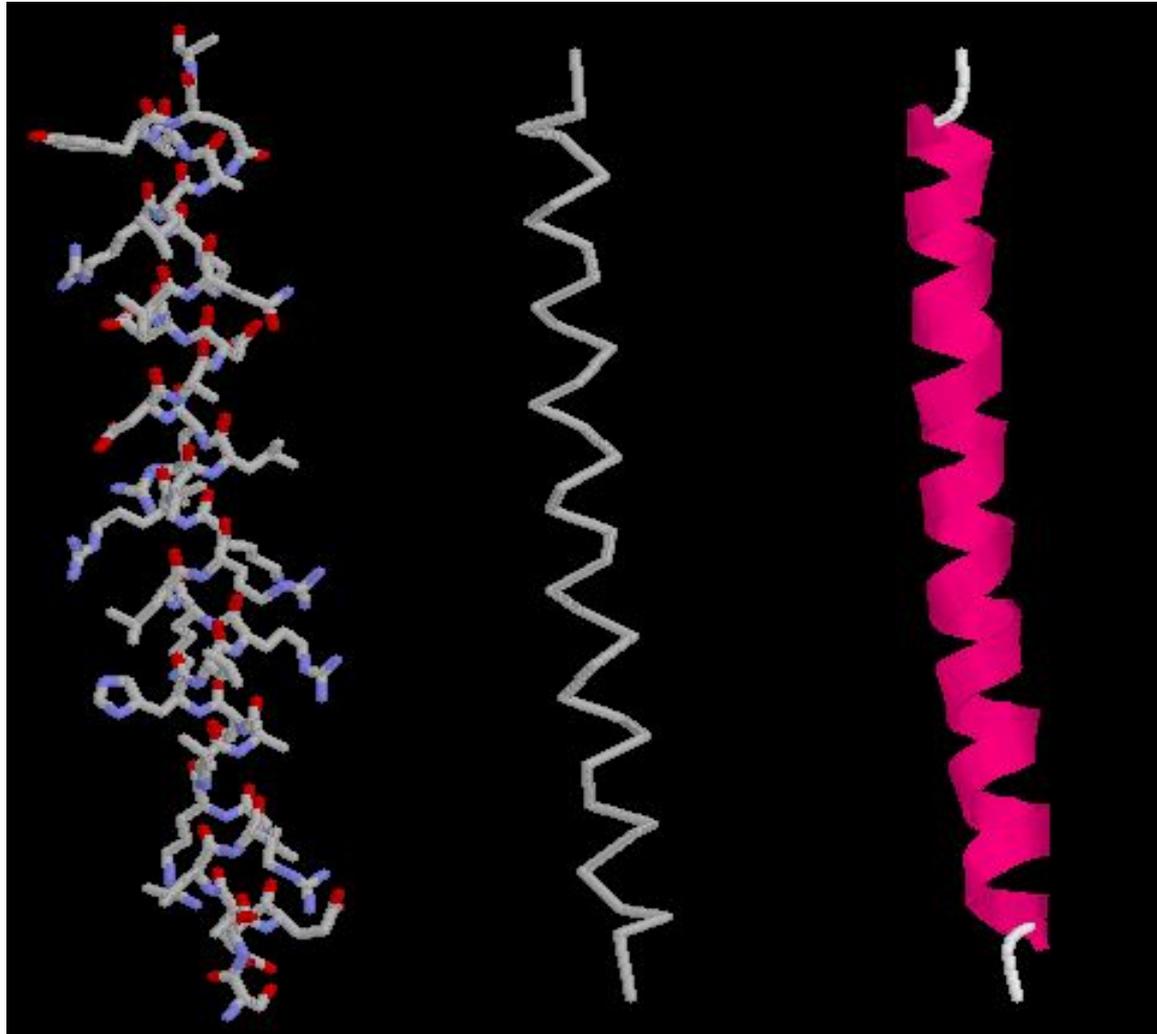
# Альфа-спираль:

основная цепь и водородные связи, аминокислотные остатки / боковые группы, электронные плотности

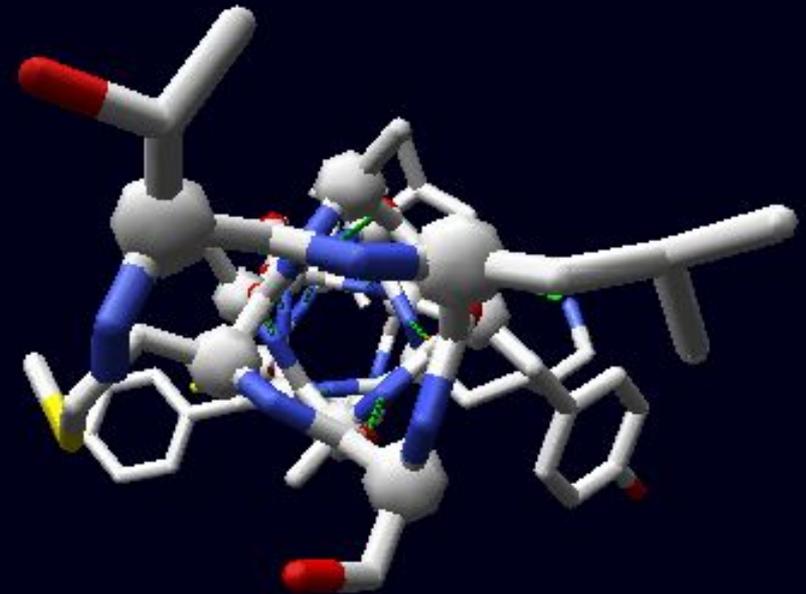
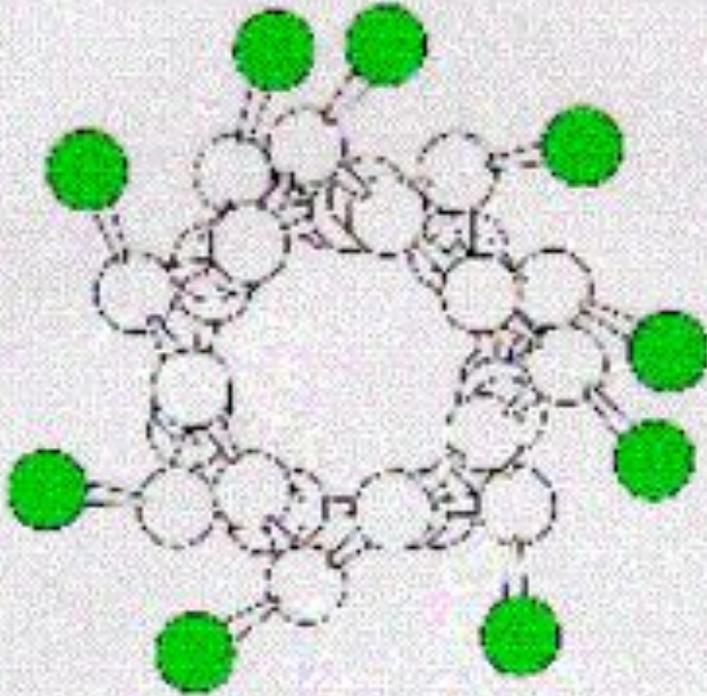


# Альфа-спираль:

варианты схематического представления

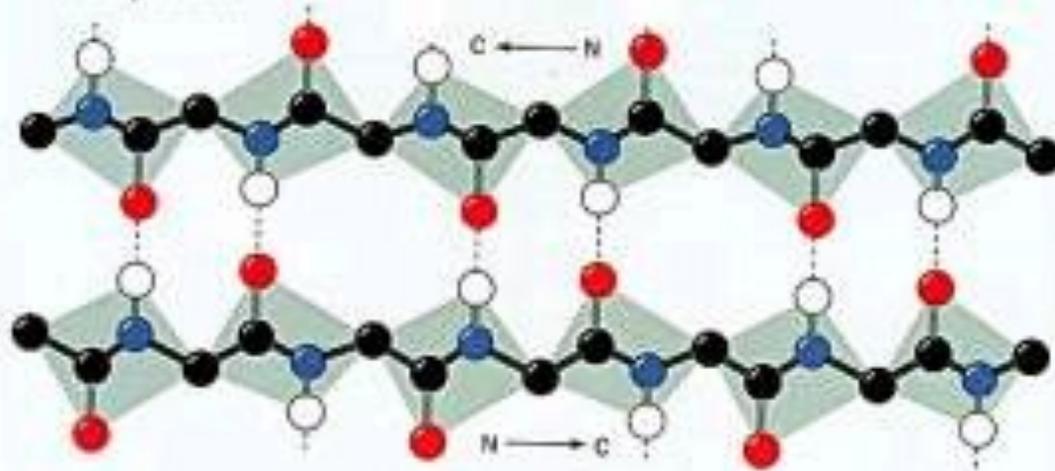


# Альфа-спираль (вид сверху)

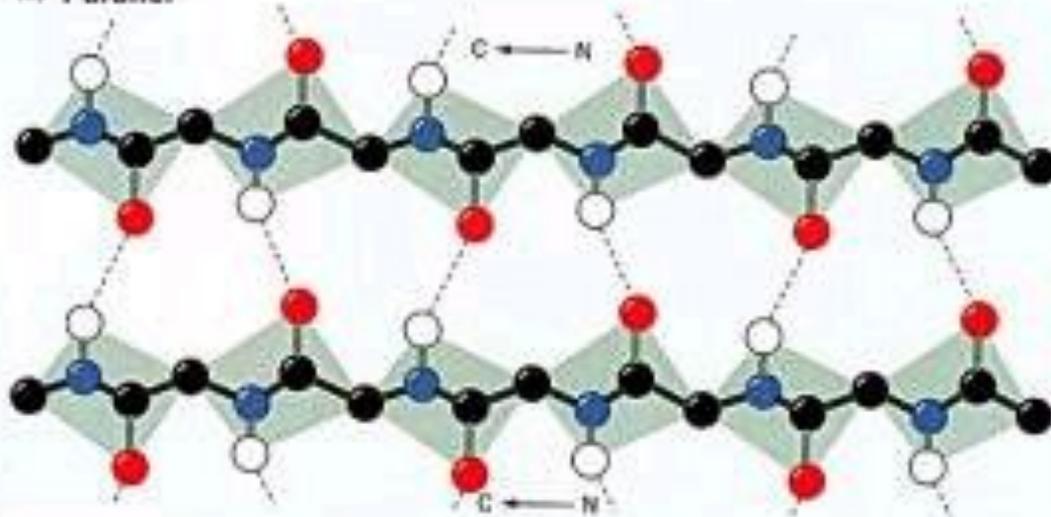


# Бета-лист

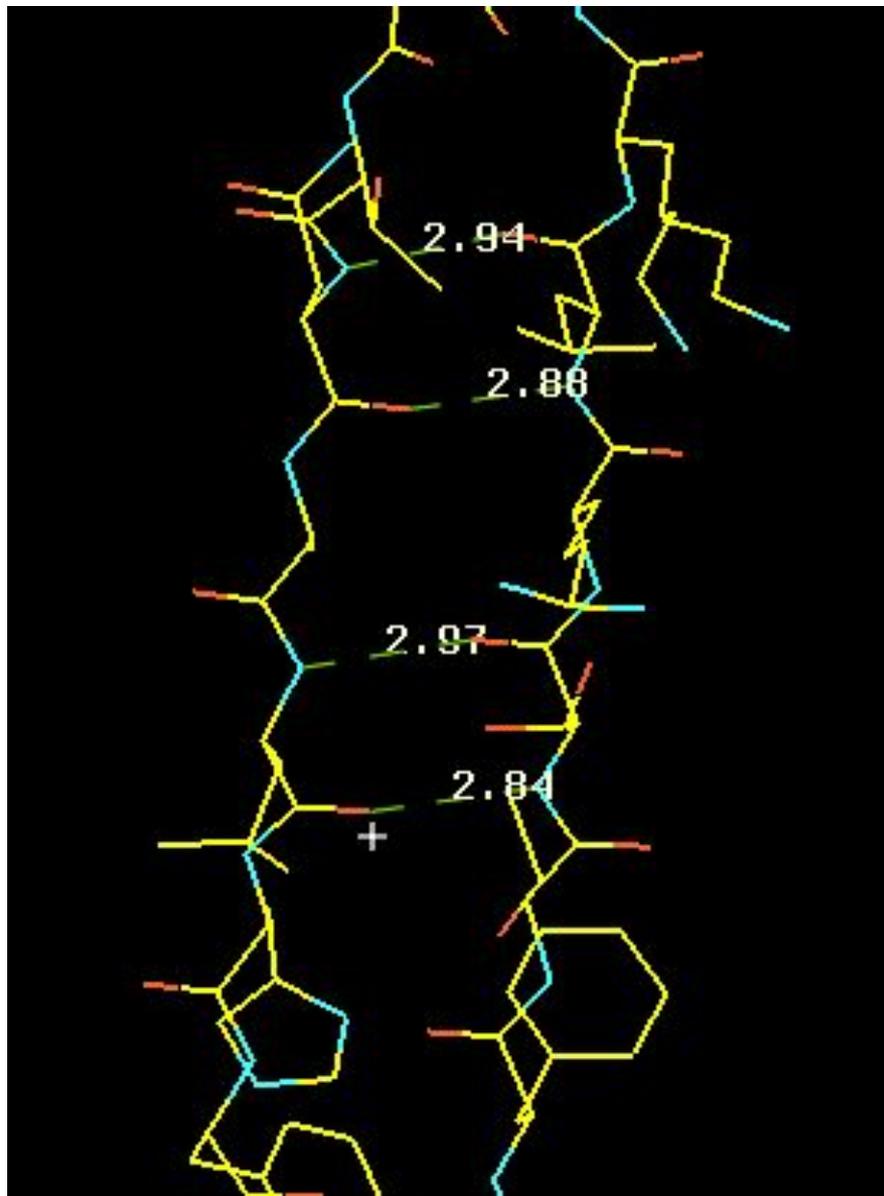
(e) Antiparallel



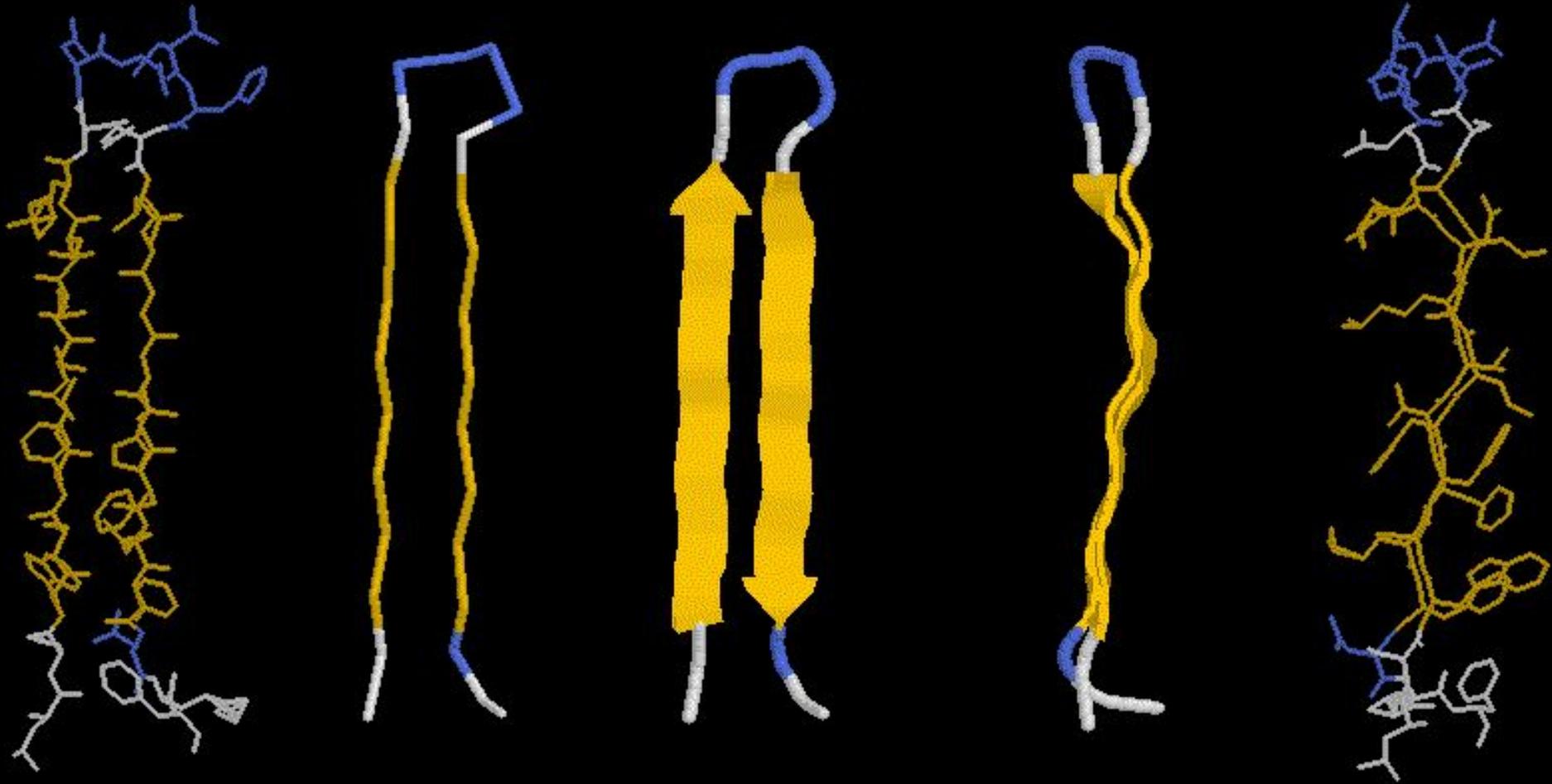
(b) Parallel



# Антипараллельный бета-лист

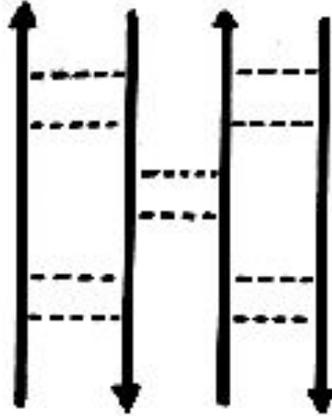


# Бета-лист с разных сторон

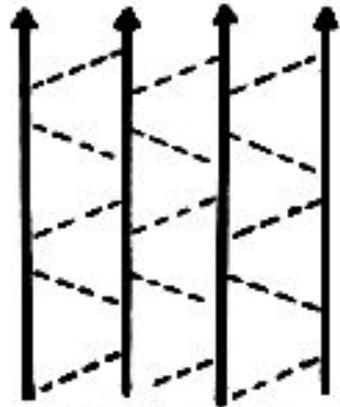


# Бета-листы

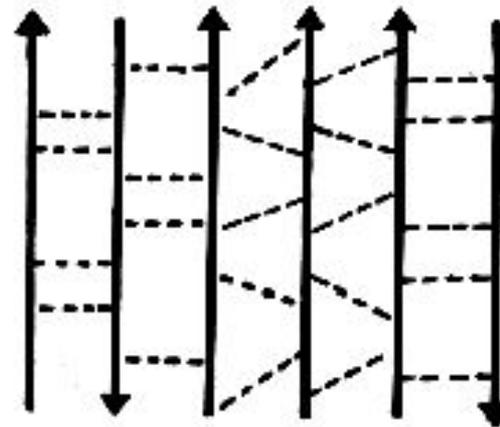
Antiparallel beta-sheet



The different types of beta-sheet. Dashed lines indicate main chain hydrogen bonds.

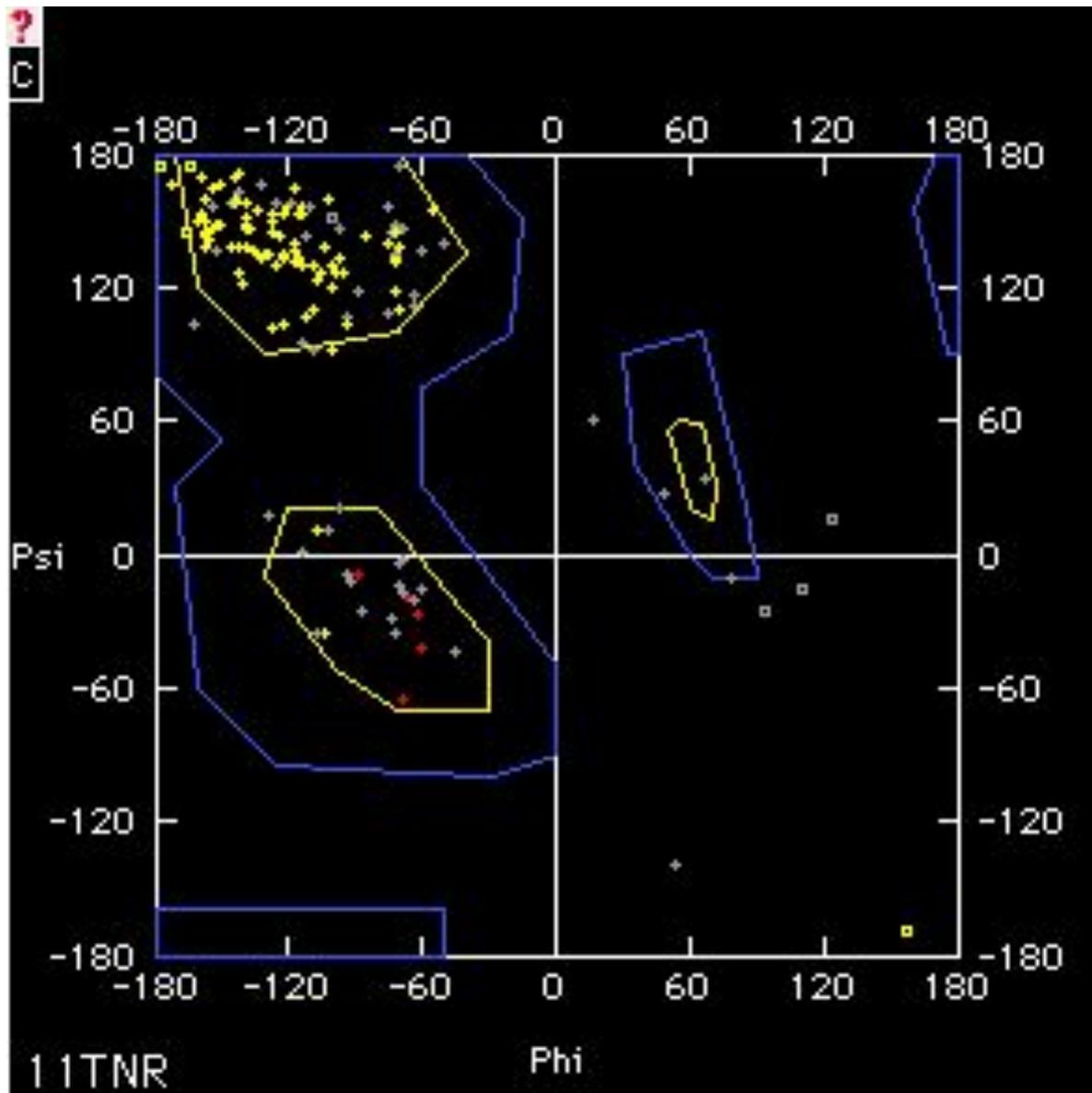


Parallel beta-sheet



Mixed beta-sheet

# Карта Рамачандрана - пример



- желтый – бета-листы
- красный – альфа-спираль
- квадраты – глицин



# Виды взаимо- дей- ствий

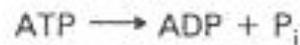
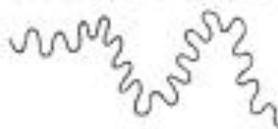
ИЗМЕНЕНИЕ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ  
кДж/моль (без соблюдения масштаба)

- 350 Ковалентная связь
- 40 Стабильность белка
- 30 Макроэргическая химическая связь
- 10 Гидрофобный эффект
- 4 Ионная связь (солевой мостик)
- 3 Водородная связь



Молекула развернута

Молекула свернута

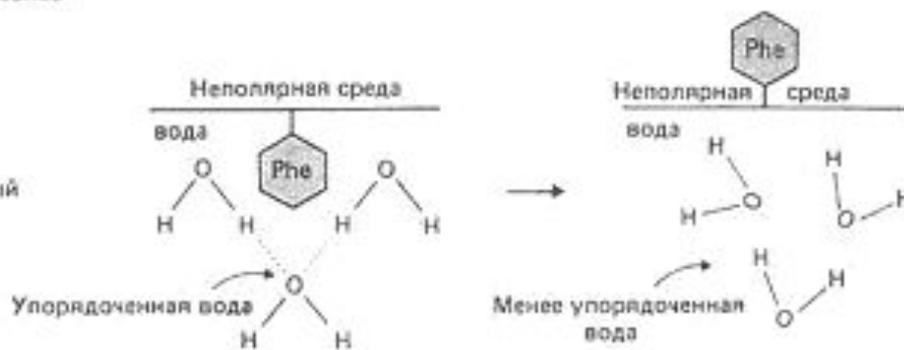


ПРИМЕР

Образование одинарной  
углерод-углеродной  
связи

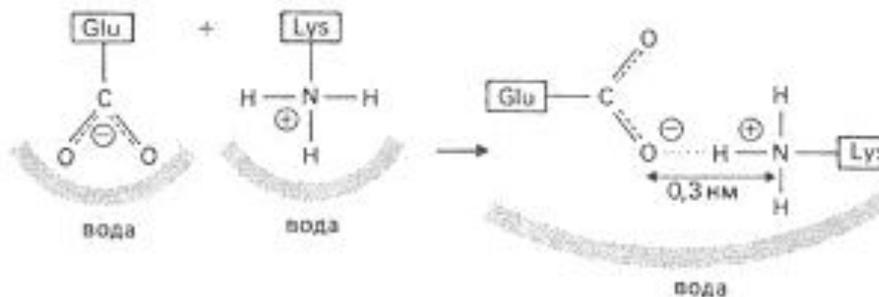
Свертывание  
лизоцима в воде

Гидролиз ATP



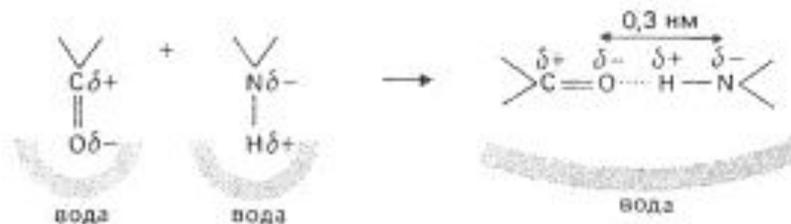
Переход боковой цепи  
остатка Phe  
из раствора внутрь  
белковой молекулы

-4 Ионная связь  
(солевой мостик)



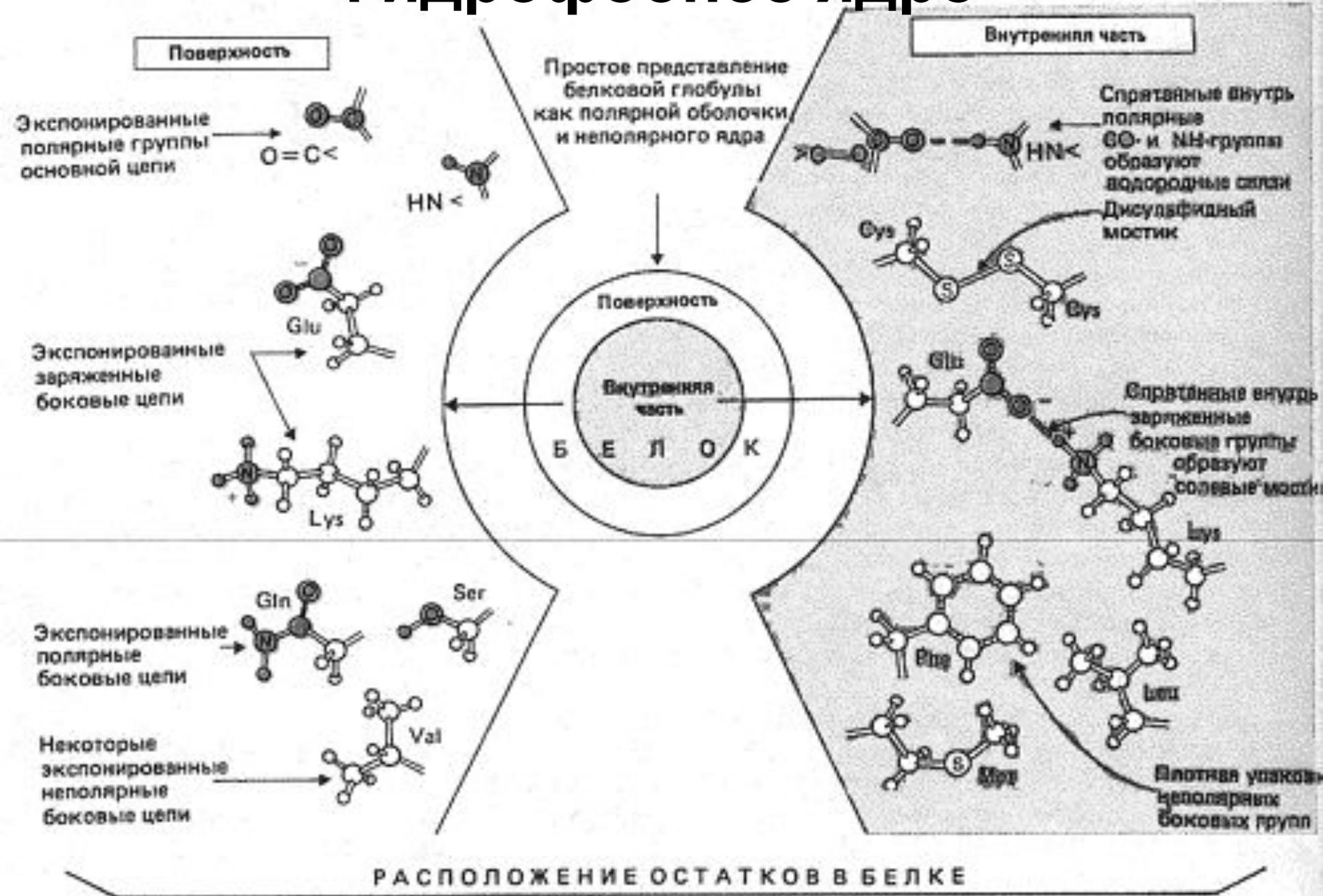
Образование  
солевого мостика  
в белковой  
молекуле

-3 Водородная связь



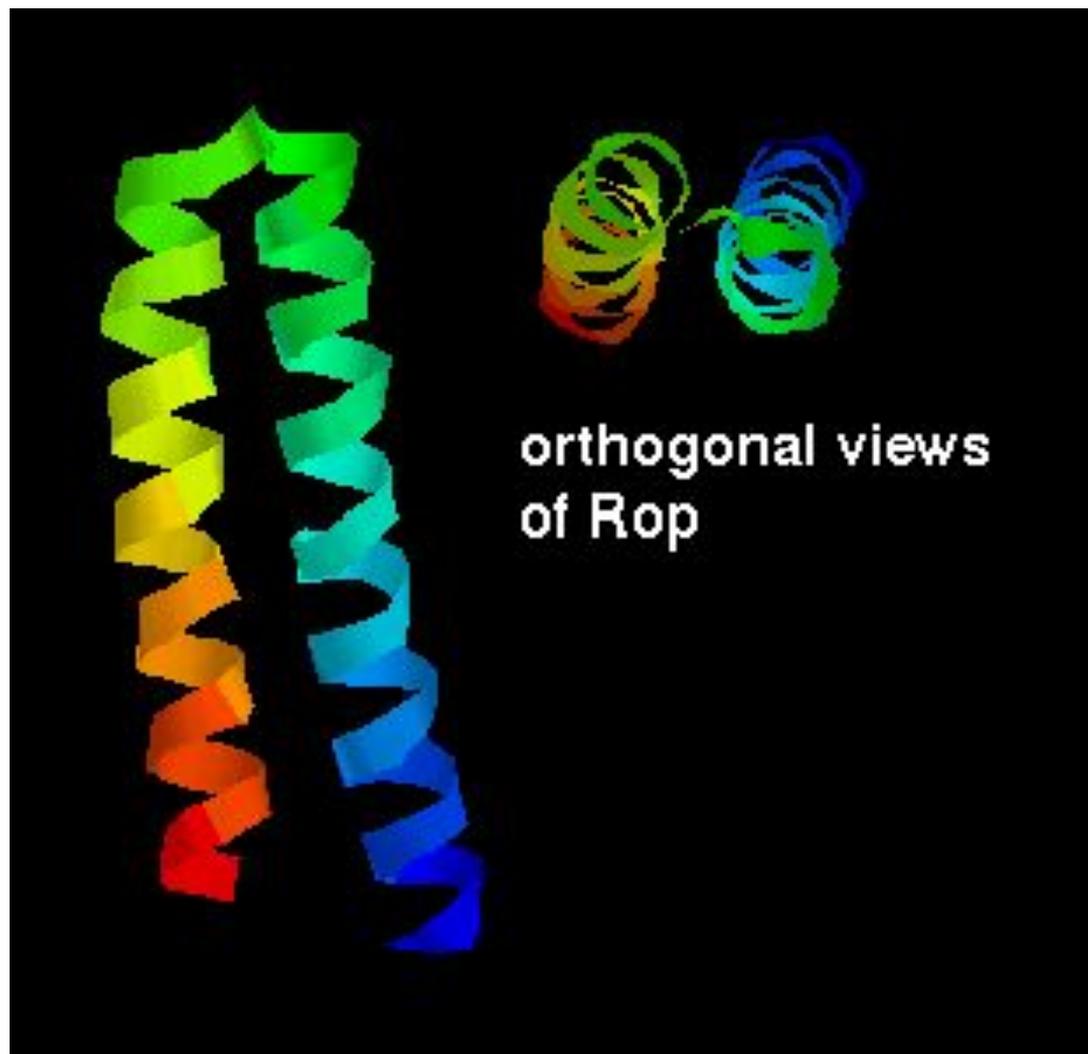
Образование  
водородной связи  
между двумя  
пептидными  
группами

# Гидрофобное ядро



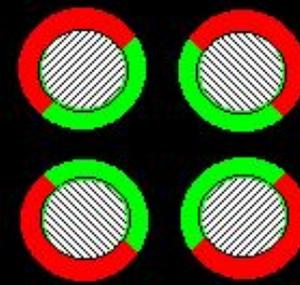
# Спираль-поворот-спираль

(РНК-связывающий белок Rop)



# Четырёхспиральный пучок

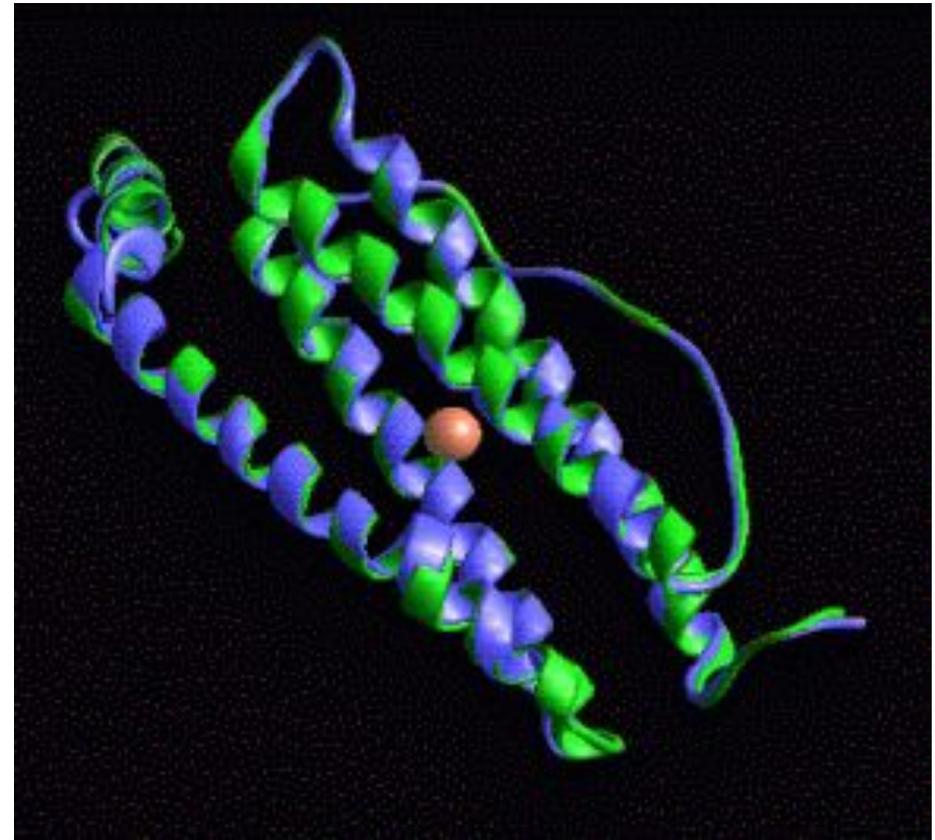
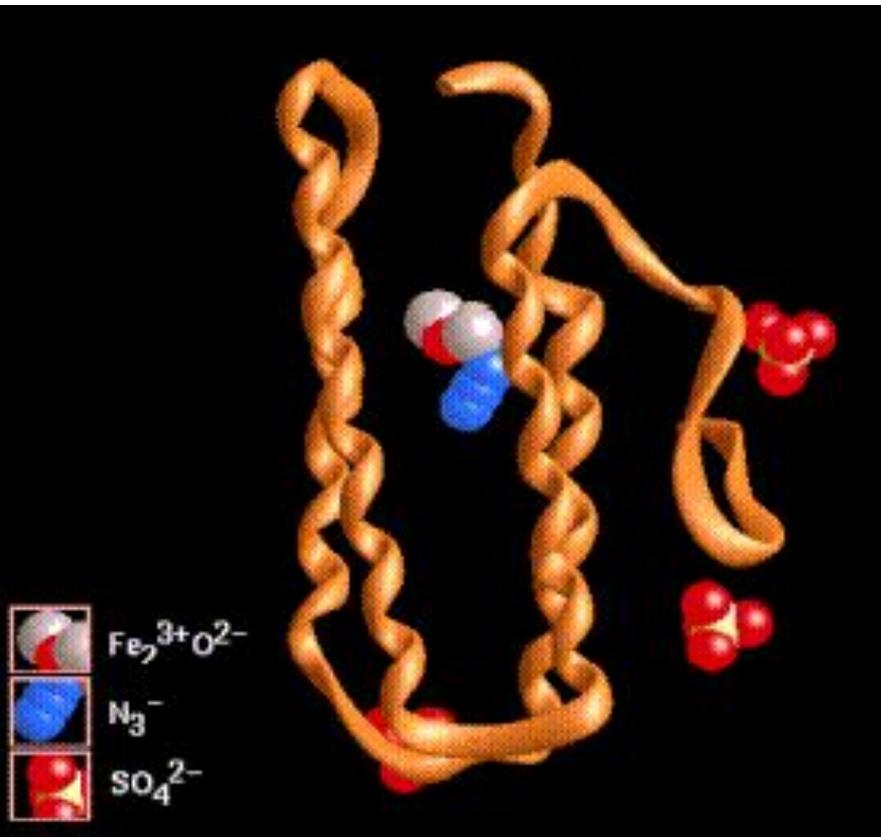
(миогемэритрин, ферритин)



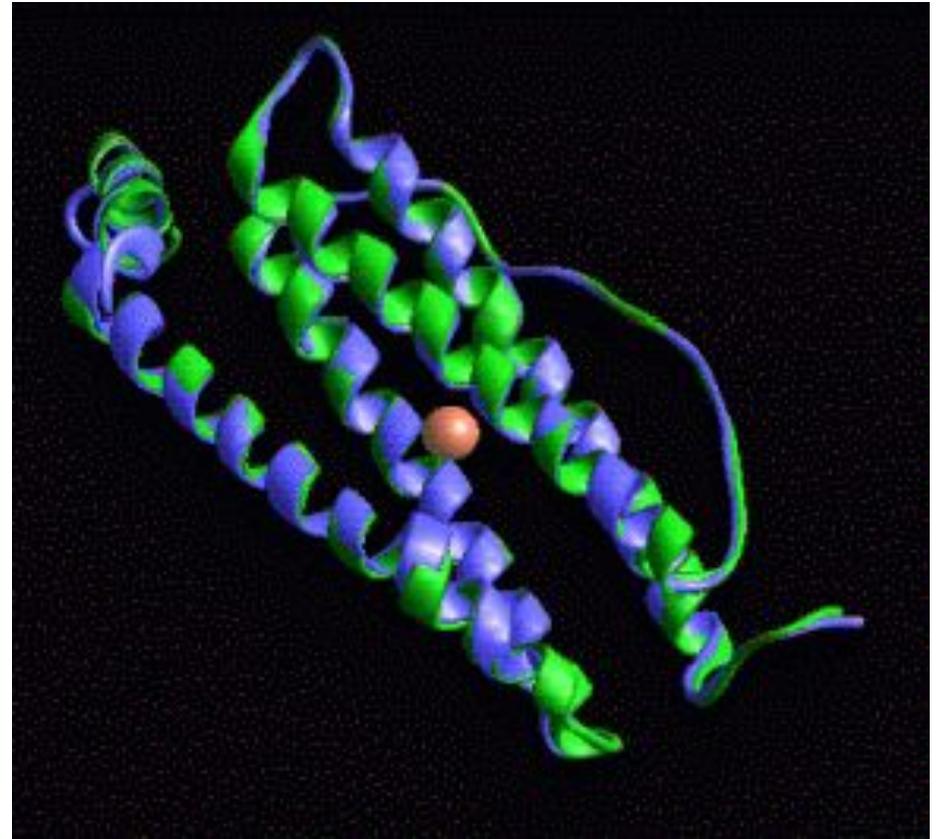
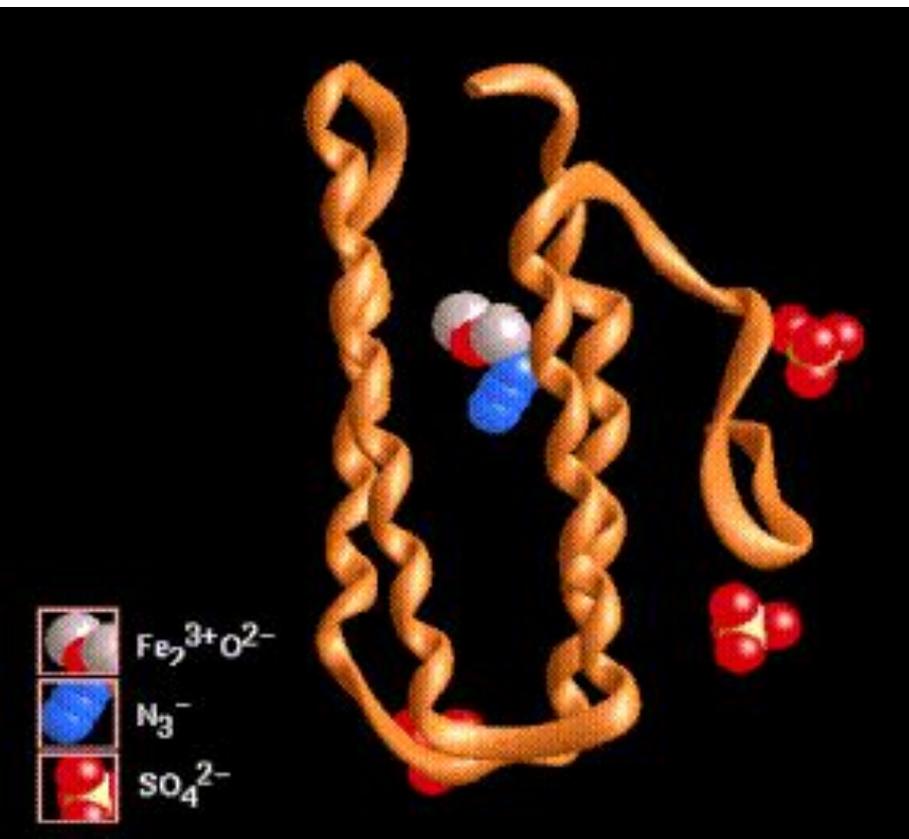
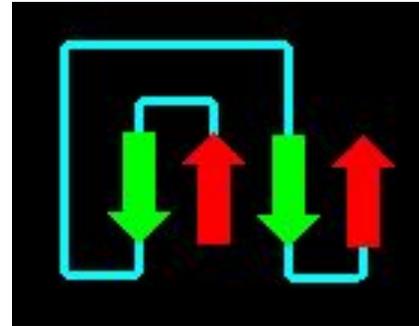
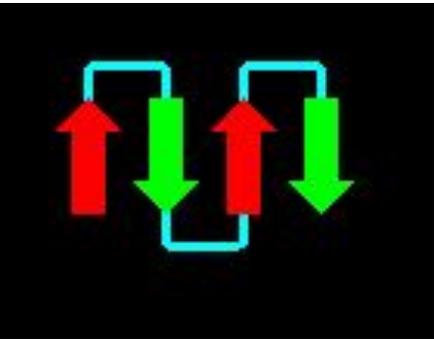
4-helix bundle

■ hydrophobic surface

■ hydrophilic surface



# Четырёхспиральный пучок - ТОПОЛОГИЯ



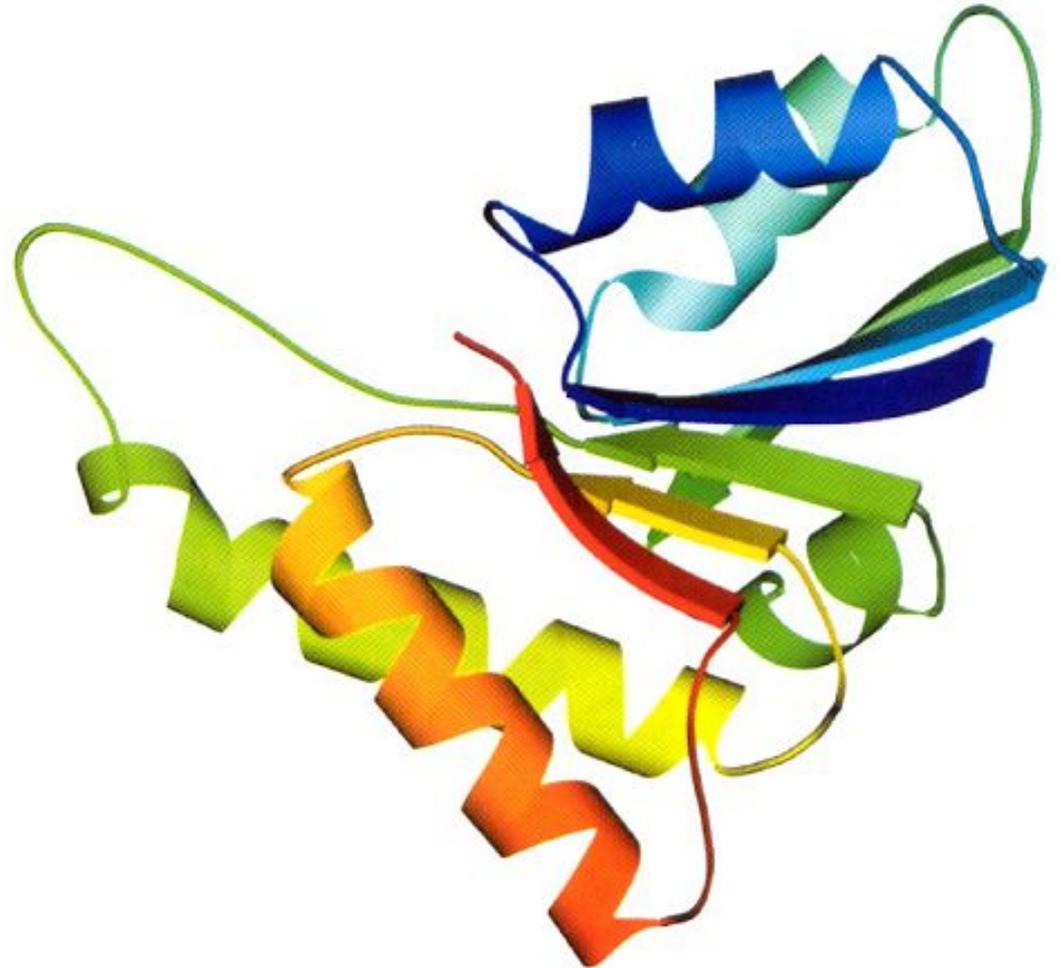
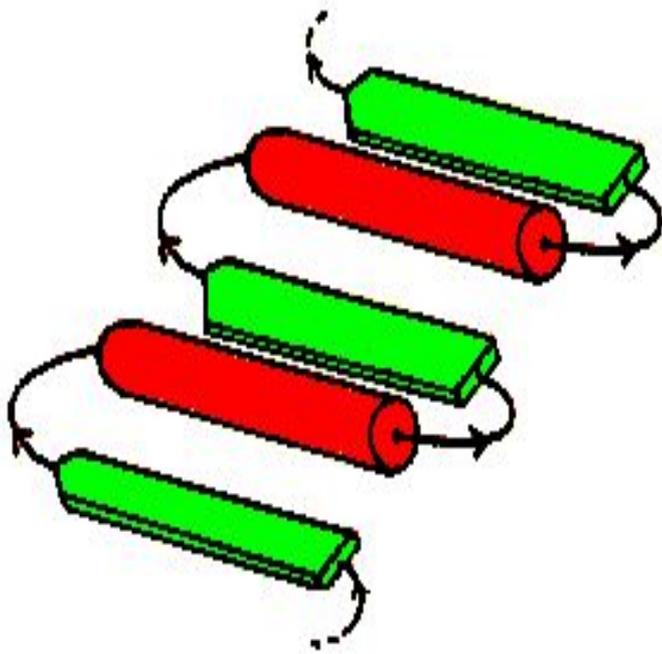
# Бета-лист

(константный домен  
иммуноглобулина)

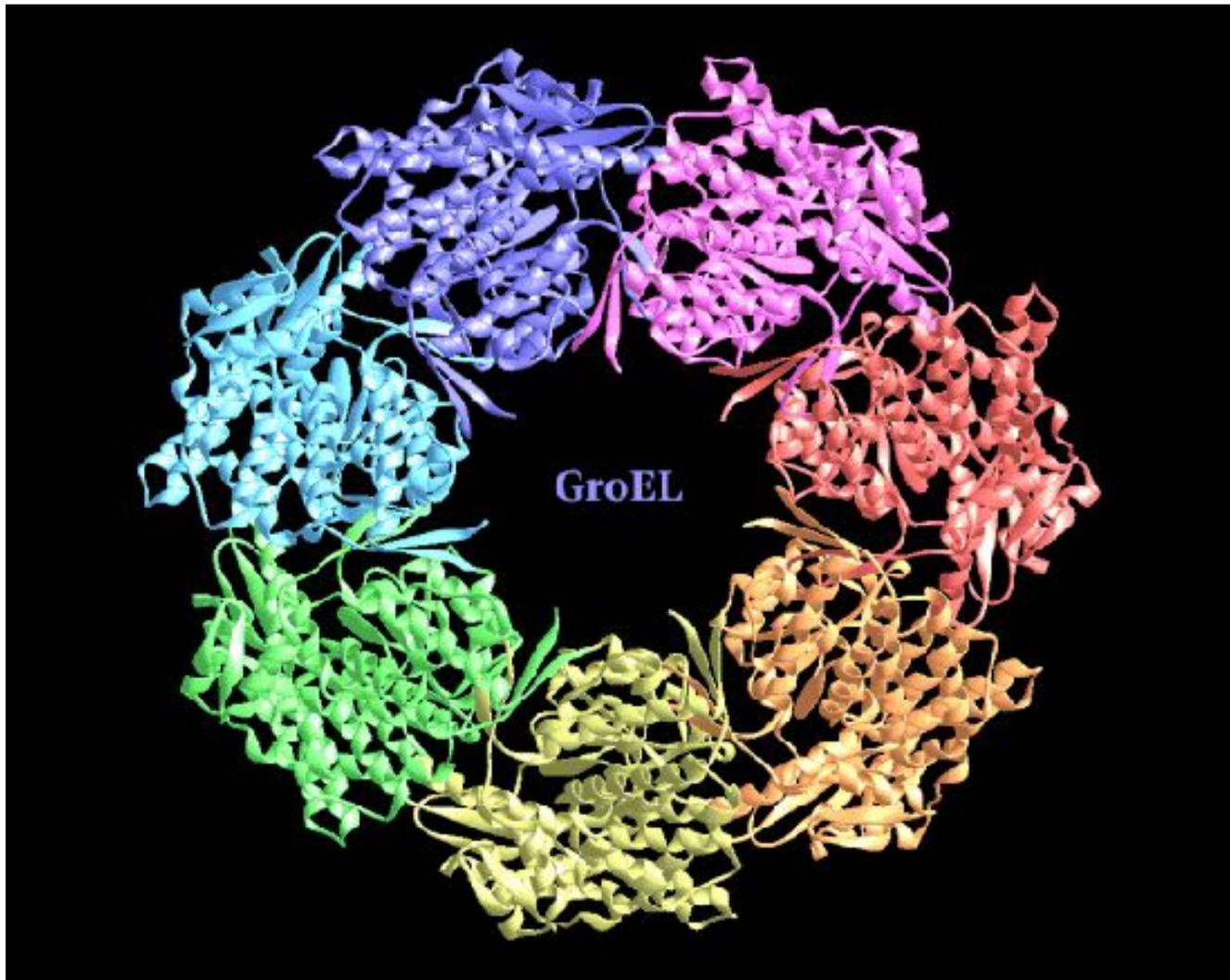


# Укладка Россманна (альфа/бета) (NAD-связывающий домен малатдегидрогеназы)

The Rossman fold

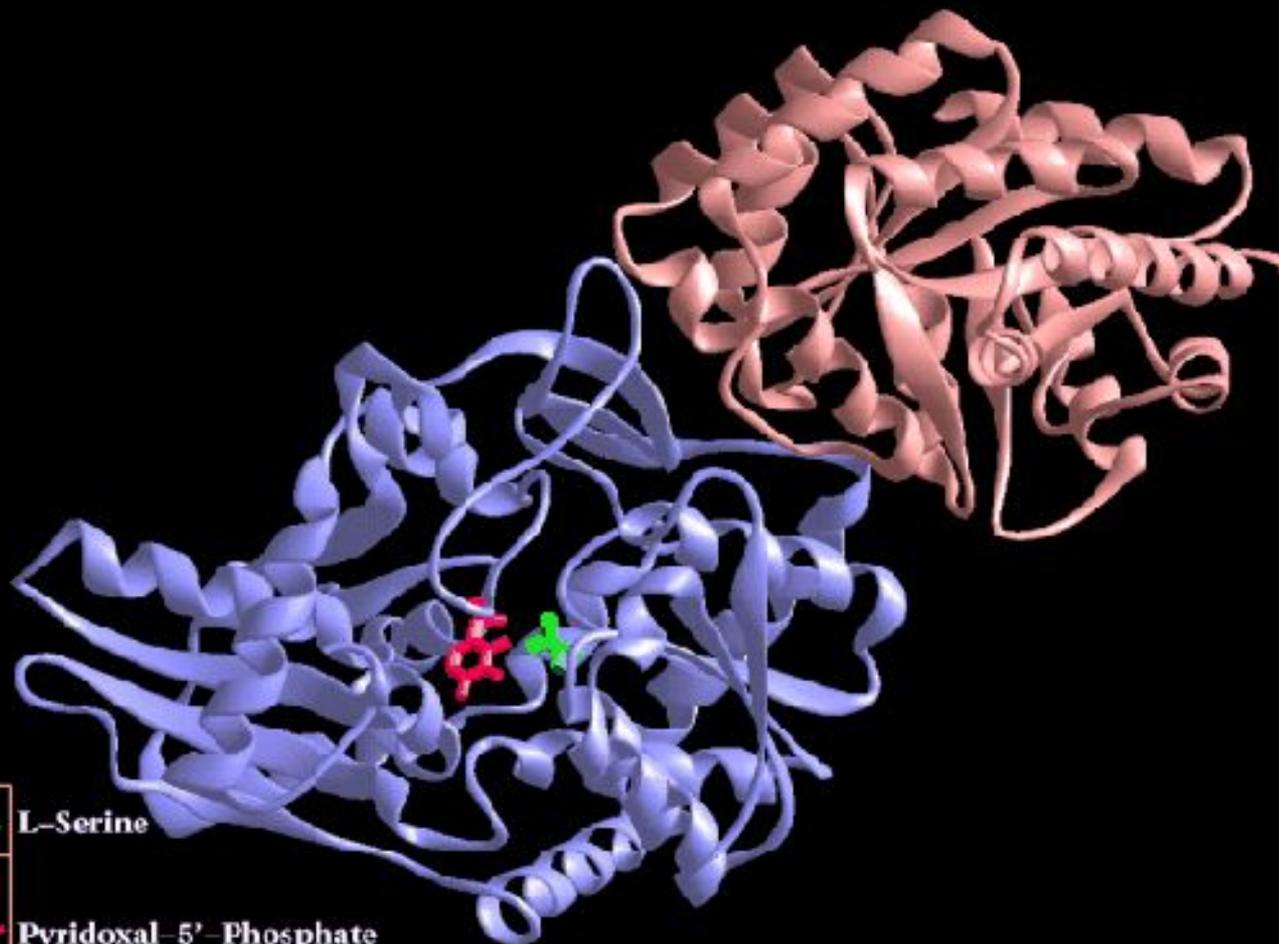


# Гомомультимер (GroEL)



# Гетеродимер (триптофан-синтаза)

Tryptophan Synthase (E.C. 4.2.1.20)

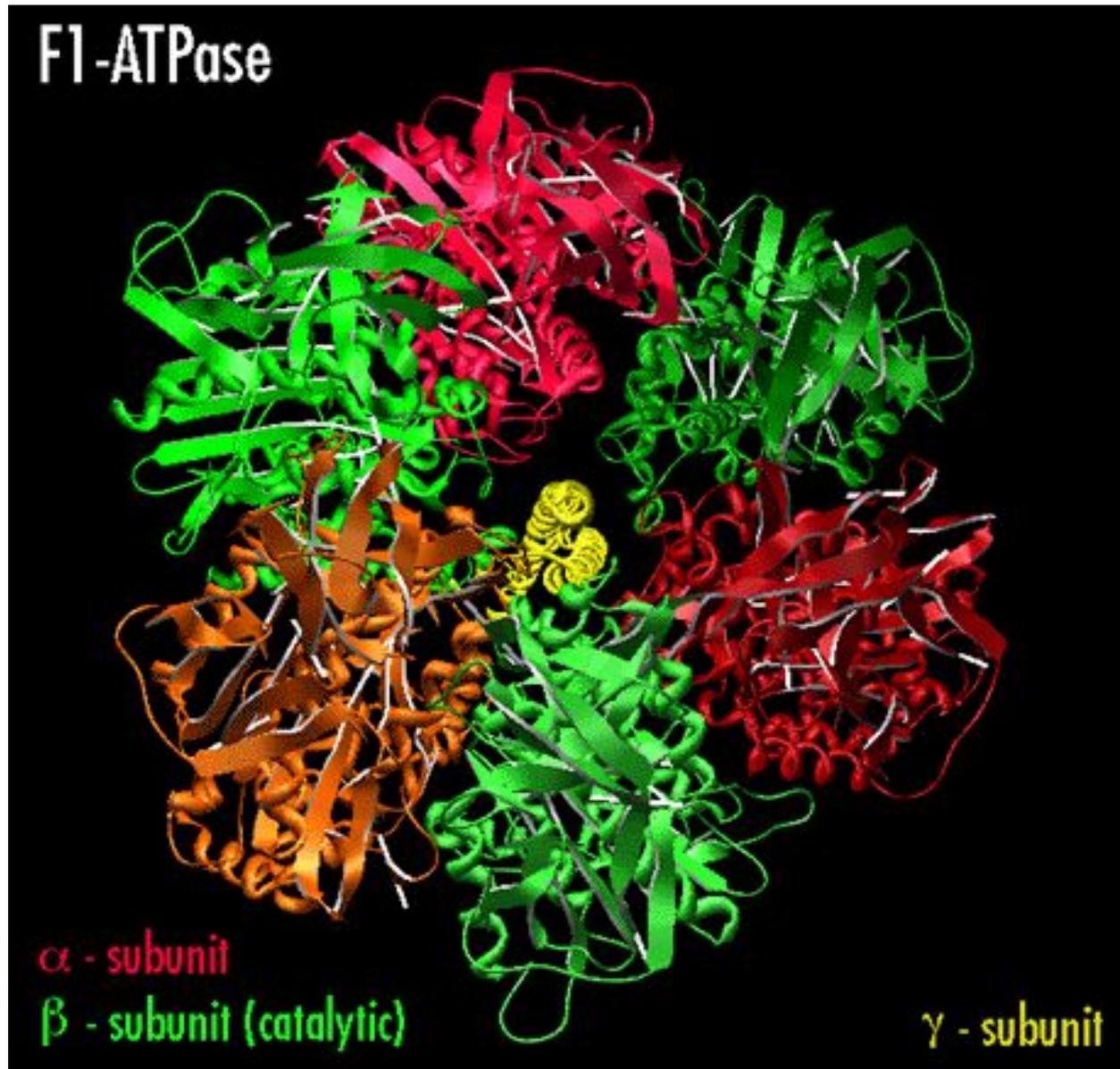


L-Serine



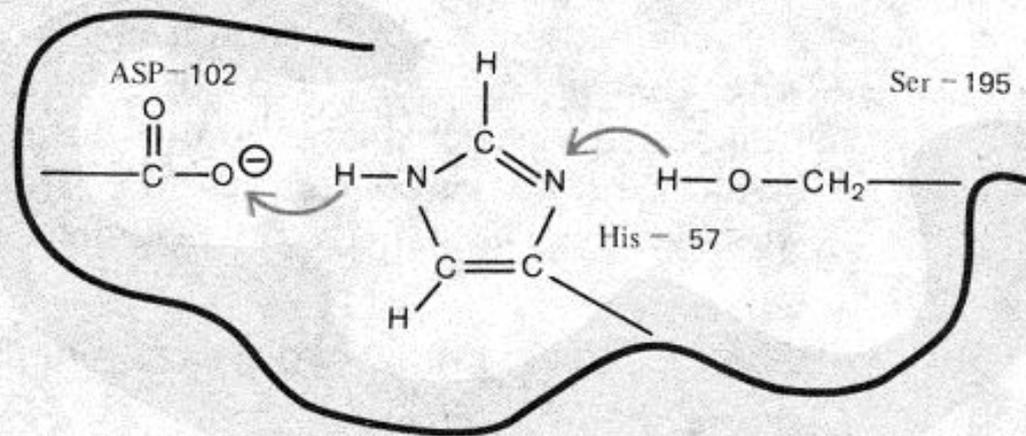
Pyridoxal-5'-Phosphate

# Сложный мультимер (F1-АТФаза)

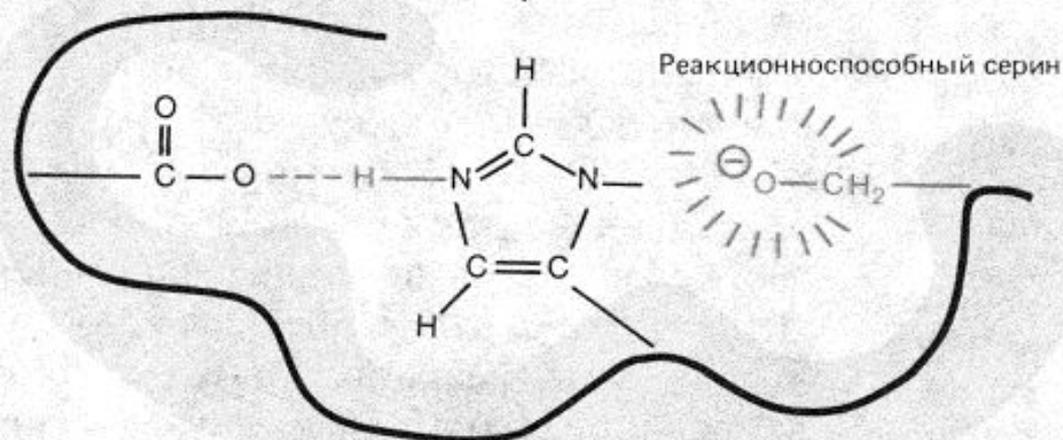


# Пример фермента: сериновые протеазы.

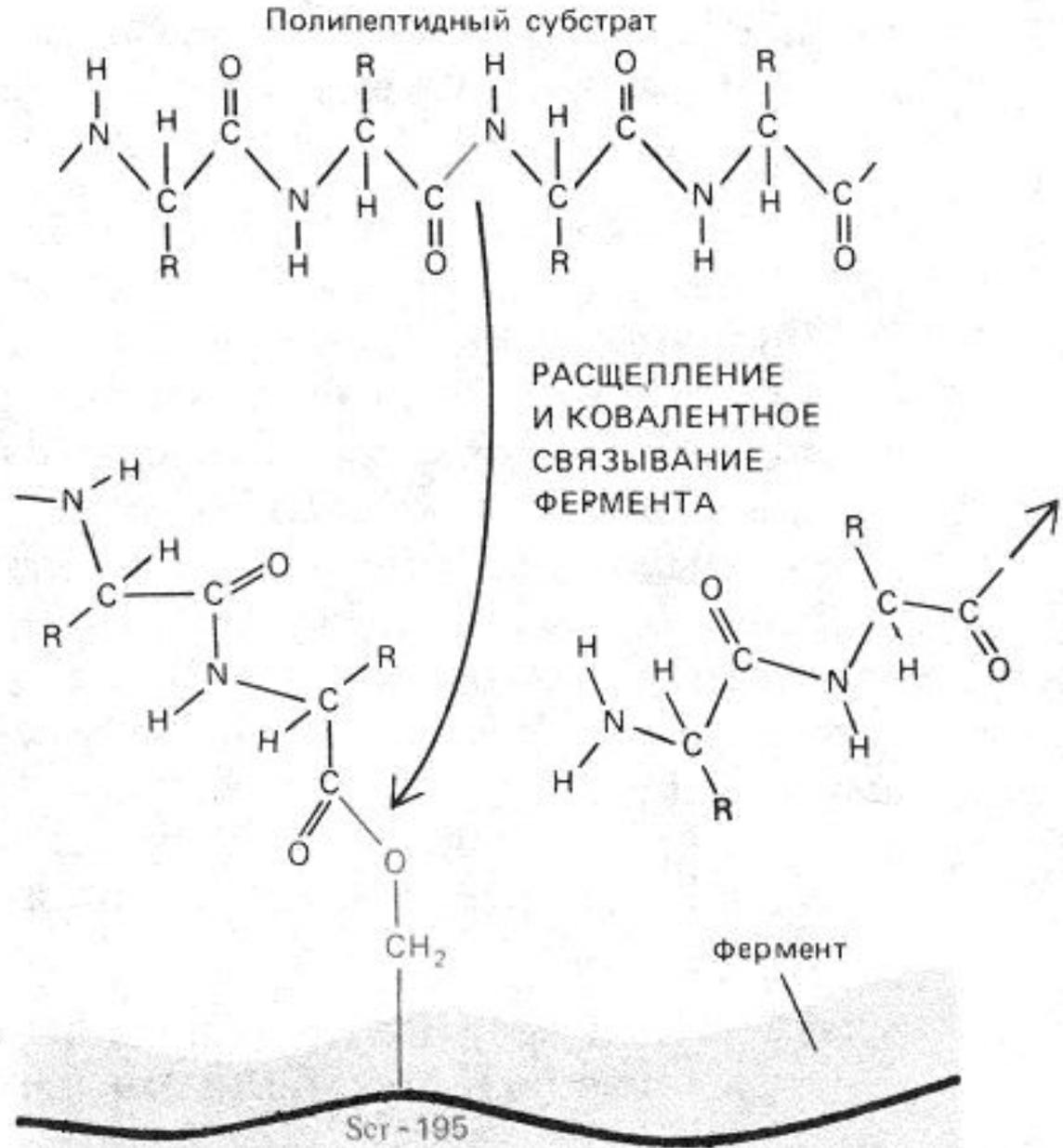
1. Перенос заряда и образование активного серина



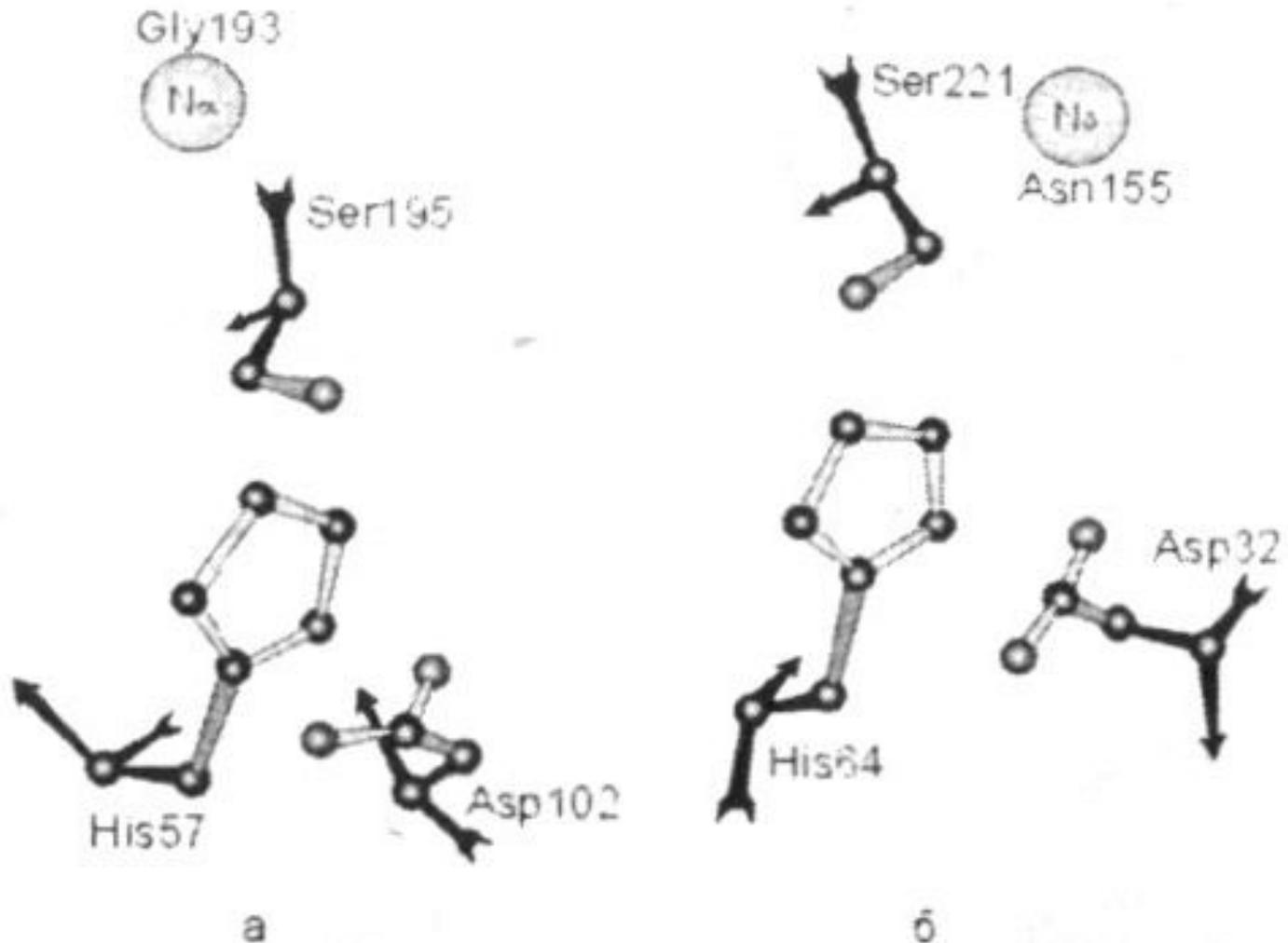
Перестройка системы водородных связей



2. Катализ –  
разрыв  
пептидной  
связи  
(первая  
стадия)

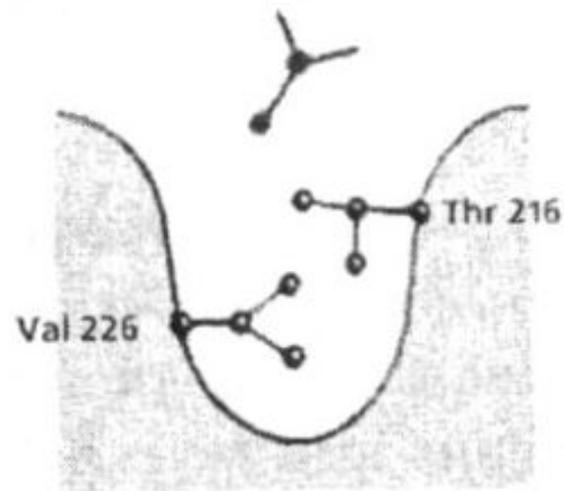
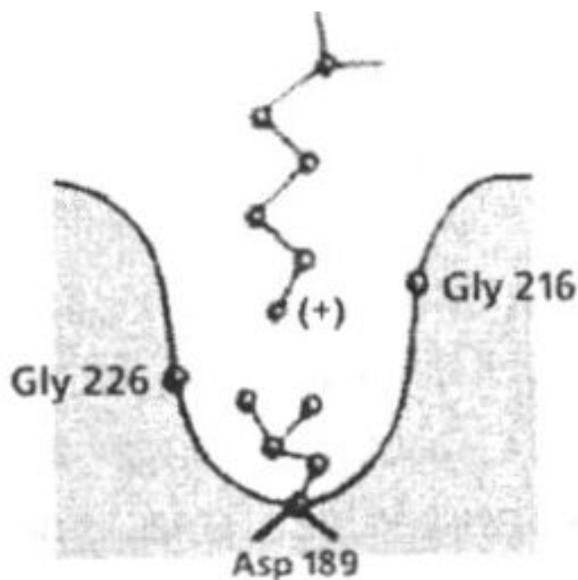
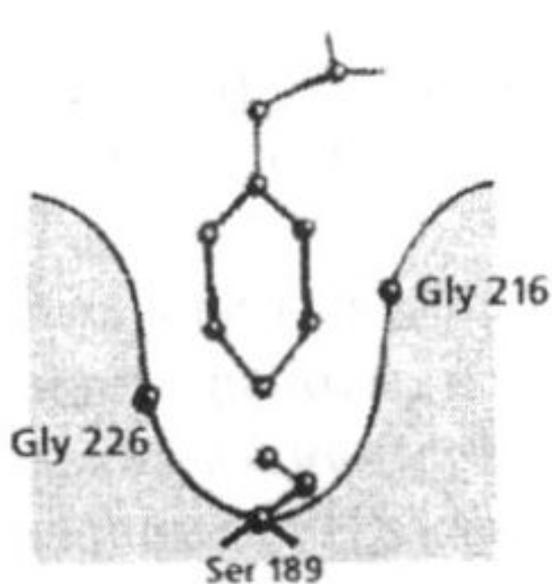


# Активный центр различных сериновых протеаз (трипсин и субтилизин)

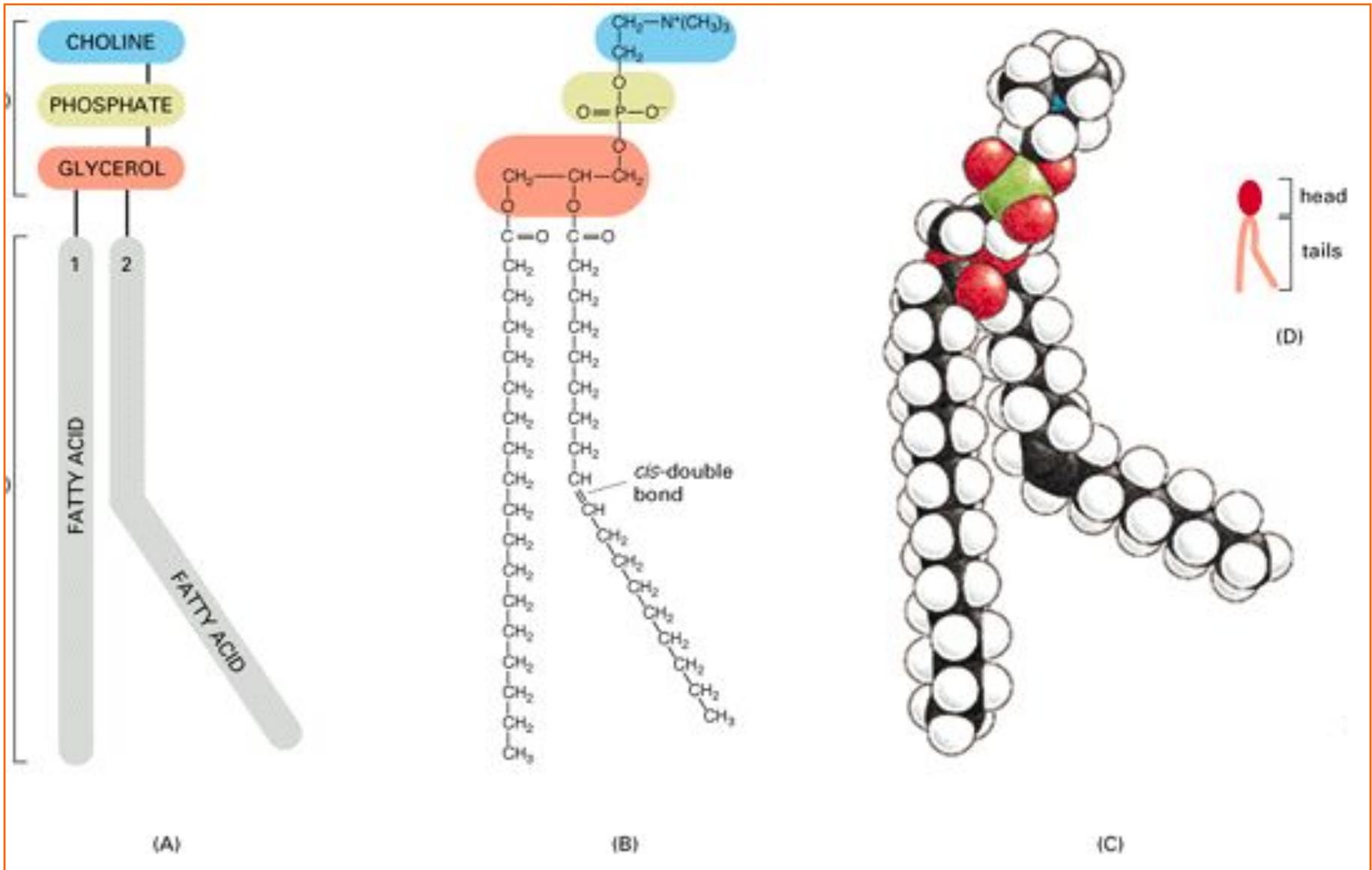


# Специфичность узнавания субстрата:

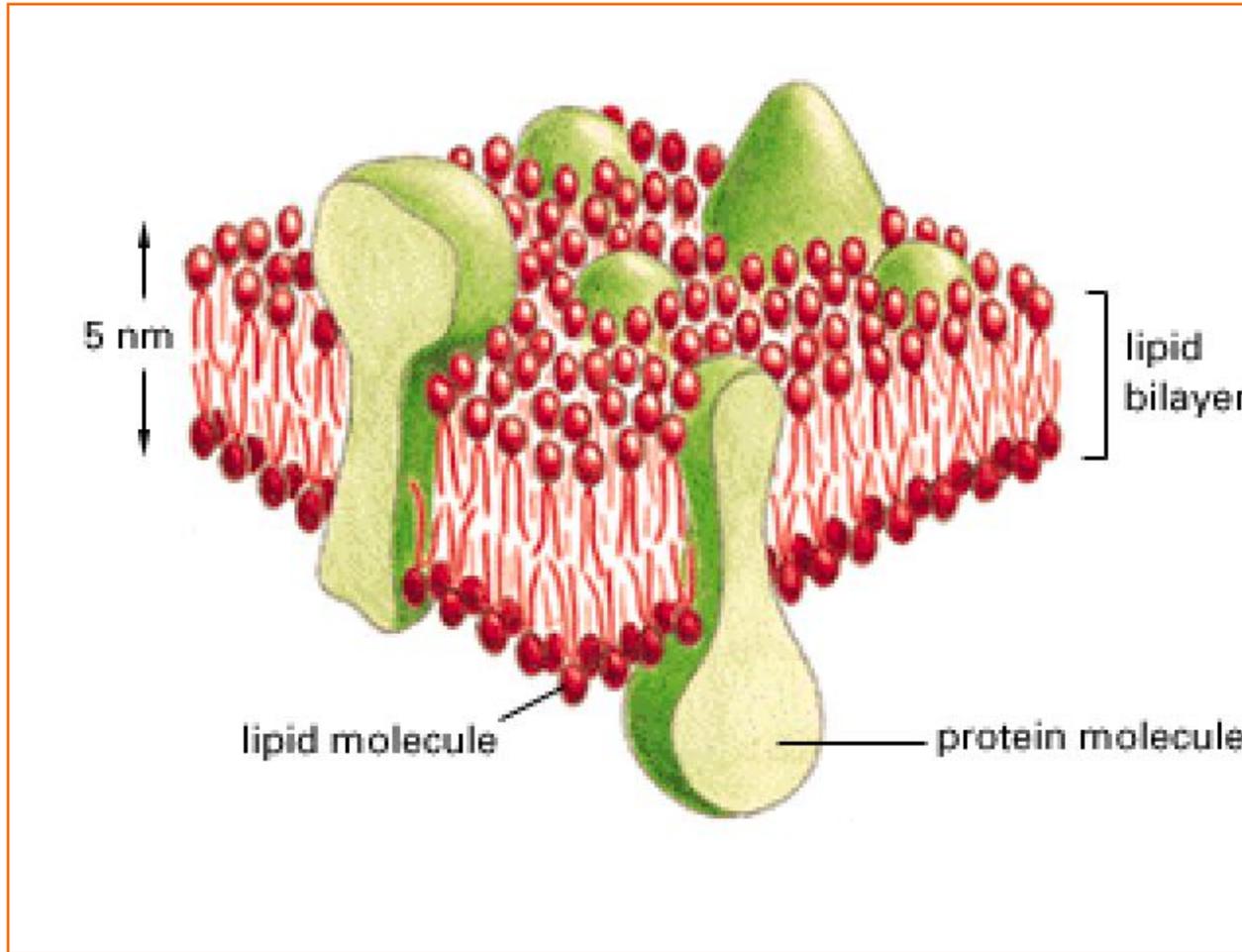
- химотрипсин – после ароматических
- трипсин – после положительно заряженных
- эластаза – после маленьких



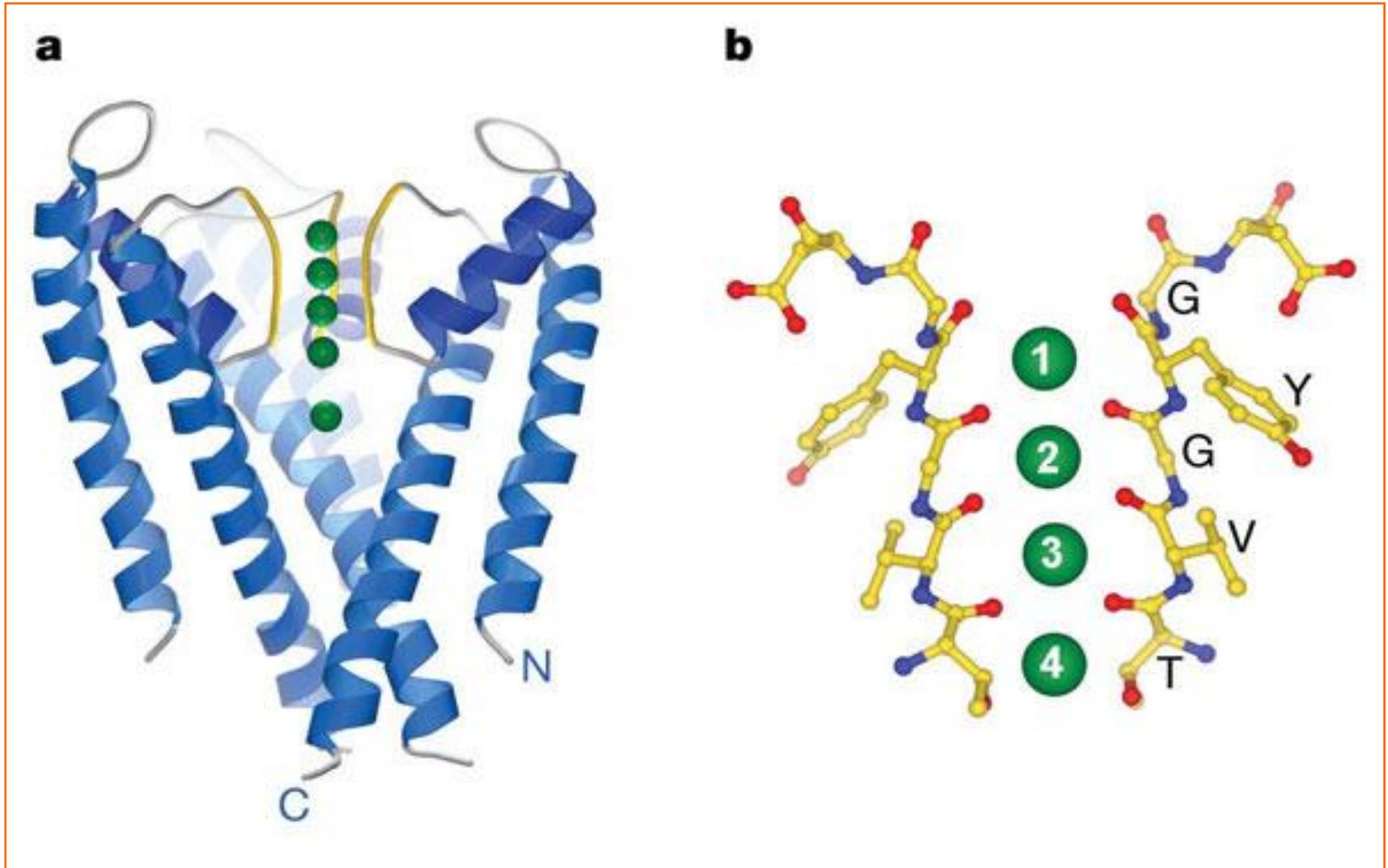
# Структура фосфолипида



# Вид биологической мембраны



# Мембранный белок - калиевый канал



# **2. ФУНКЦИИ**

(в следующей серии)