

Строение белков

Лекция 8

Строение полипептидов. Характеристика аминокислотных остатков – объем, степени свободы, гидрофильность, гидрофобность, зависимость свойств от рН

Конформации пептидной единицы. Карта Рамачандрана.

Уровни организации структуры белка.

Типы вторичных структур полипептидной цепи. Типы спиралей. Вета-цепи. Реверсивные повороты. Неупорядоченное состояние.

Относительное содержание разных типов вторичных структур.

Сверх вторичные структуры. Бета-листы. Бета-баррели. Суперспирали.

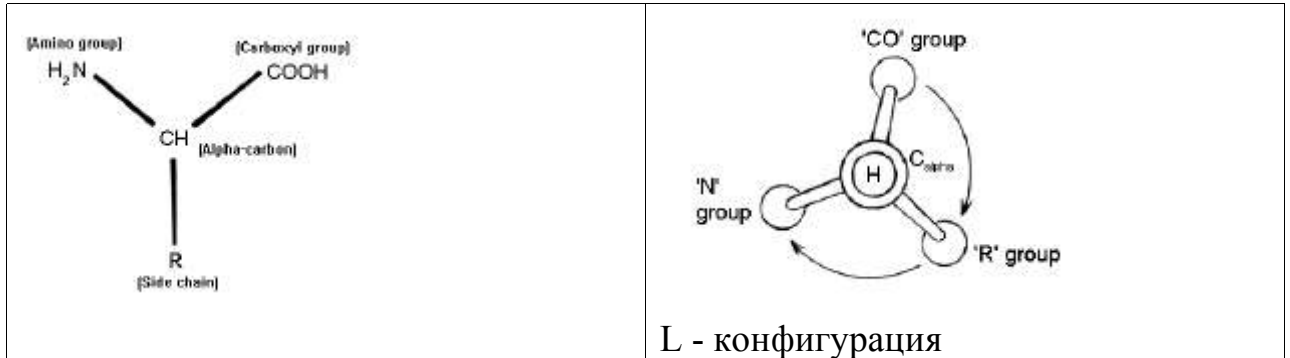
Структурные домены. Свойства доменов. Типы доменов. Предпочтительность доменной организации белковой молекулы. Понятие о пространственном фолде. Примеры фолдов.

Топологические ограничения при формировании фолдов. Конечность числа фолдов. Банк данных трехмерных пространственных структур молекул белков.

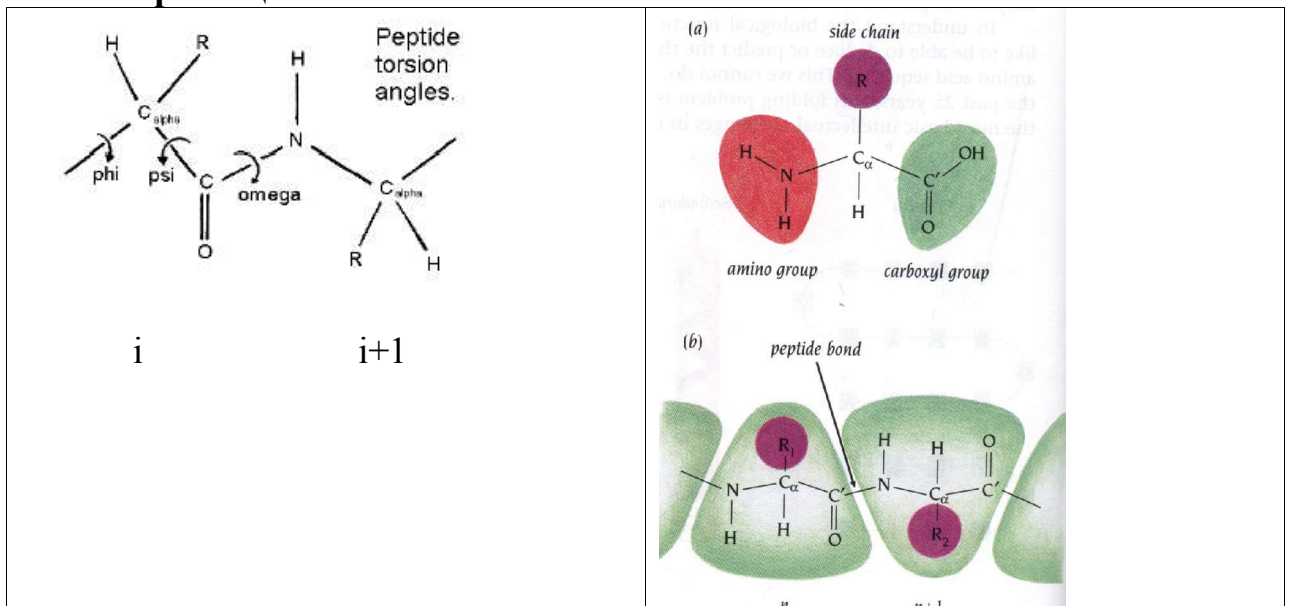
Строение полипептидов

Белки – линейные полимеры из аминокислотных остатков

Аминокислоты



Полимерная цепь



Пептидная связь C=O - N - частично двойная - транс конфигурация

Углы вращения в пептидной цепи

?????

????????? ?????????? ???????

????? ? ?????? ???????????

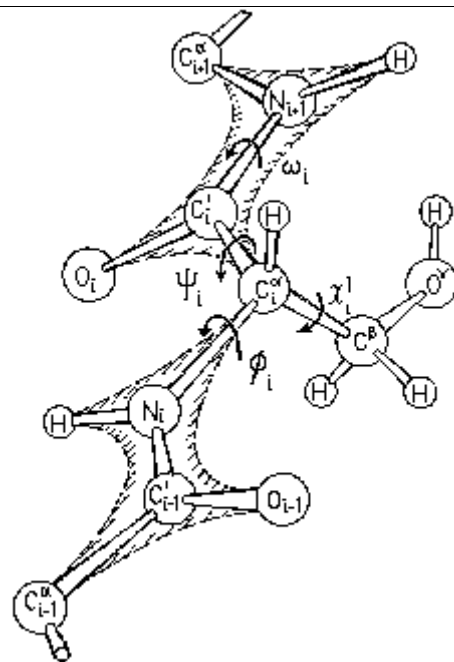
????????? ?????????? – ????

ϕ : $C'_{(i-1)} - N_i = C^a_i - C'_i$

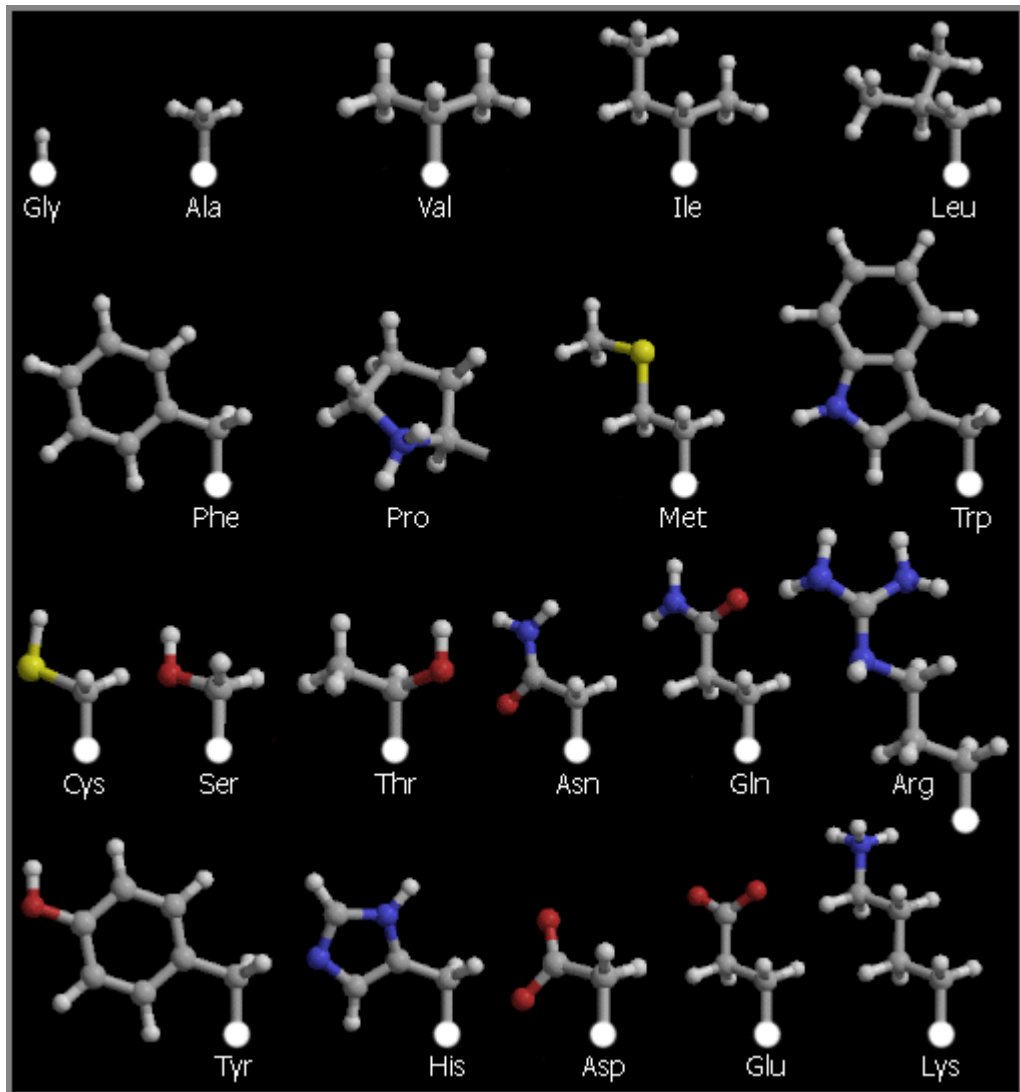
ψ : $N_i - C^a_i - C'_i - N_{i+1}$

ω : $C^a_i - C'_i - N_{i+1} - C^a_{i+1} \sim 180^\circ \pm 10^\circ$
 ????????????

χ : ????? ?????????? ? ?????????? ??????????



????????? ?????????????????? ??????????



???8-1. ?????? ??? ???? ?????? ?????????????? ?????????????????? ?????????, ?????????? ?? ?^α
 ?????? ?????????? ????. ?????? ?????????? ?????????? ?^α ?????? ?????????? ????, ?????????? — ?
 ?????? ?????????? ??????, ???????-?????? — H ?????? ?????????? ??????, ????????? — N ??????
 ?????????? ??????, ?????????? — O ?????? ?????????? ??????, ?????????? — S ?????? ??????????
 ??????.

????????? ?????????????????? ??????????

????????? 8-1. ?????????? ?????????? ?????????????????? ??????????

_____ ?????????????????? ?????????? _____	???	???	% ? ????????????	???	???	???	$\Delta G_{???? \rightarrow ?????}$
??????????	3-????.	1-????.	<i>E.coli</i>	pH7 (?????????)	???	???	25°?
							(????/????)
?????????	Gly	G	8	57			0
?????????	Ala	A	13	71			-0.4
?????????	Pro	P	5	97			-1.0
?????????????????	Glu	E	≈6	128			+0.9
?????????	Gln	Q	≈5	128			+0.03
?????????????????	Asp	D	≈5	114			+1.1
?????????	Asn	N	≈5	114			+0.8
???????	Ser	S	6	87			+0.1
?????????	His	H	1	137			-0.2
???????	Lys	K	7	129			+1.5
?????????	Arg	R	5	157			+1.5
?????????	Thr	T	5	101			-0.3
???????	Val	V	6	99			-2.4
?????????????	Ile	I	4	113			-1.6
?????????	Leu	L	8	113			-2.3
?????????????	Met	M	4	131			-1.6
?????????????????	Phe	F	3	147			-2.4
?????????	Tyr	Y	2	163			-1.3
?????????	Cys	C	2	103			-2.1
?????????????	Trp	W	1	186			-3.0

I.I.Fauchere, V.Pliska, *Eur. J. Med. Chem.-Chim. Ther.* (1983) **18**:369. ?????? (? Å³),
 ?????????????? ?? ?????????????????? ?????????? ?????????? ? ??? ?????????????????? ????? ?
 (????????????), ?????????????? ?? 1.3.

???????? ????????????

??????? 8-2. ????????? ?????????????? ?????????? ?????????????????? ??????????

A.?	????????	?????	????????/?????	pK	?????	????????????	????	?:	
???	NH	C ^β	γ		??	????????	??	?????? ?????	
					α _N	α _N	α	α _C	β
Gly	✓						-	-	+
Ala	✓	✓					+		-
Pro		✓	1			+	-	-	+
Glu	✓	✓	1	COOH CO ₂ ⁻	⇒ 4.3	+	+	-	-
Asp	✓	✓	1	COOH CO ₂ ⁻	⇒ 3.9	+	+	-	-
Gln	✓	✓	1	OCNH ₂					-
Asn	✓	✓	1	OCNH ₂		+	-	+	+
Ser	✓	✓	1	OH		+			+
His	✓	✓	1	NH; ? N NH ⁺	⇒ 6.5		-	+	+
Lys	✓	✓	1	NH ₂ ⇒ NH ₃ ⁺	10.5	-	-	+	+
Arg	✓	✓	1	HNC(NH ₂) ₂ ⁺	12.5	-	-	+	+
Thr	✓	✓	2	OH		+			+
Ile	✓	✓	2						+
Val	✓	✓	2						+
Leu	✓	✓	1				+	+	-
Met	✓	✓	1				+	+	-
Phe	✓	✓	1					+	-
Tyr	✓	✓	1	OH ⇒ O ⁻	10.1		-		+
Cys	✓	✓	1	SH ⇒ S ⁻	9.2	S-S	-		+
Trp	✓	✓	1	NH					+

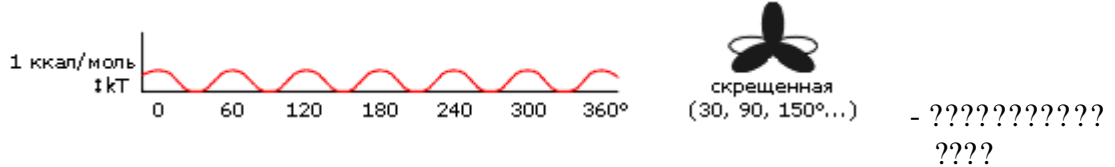
????????????? ? "????????????? ??????????" ?????????? ?????????? ???? ? α-????????? (α), ?
 ?????? — ? ?? N- ? ?-????????? ??????, ? ?????? — ?????????????????? ?????? N- ? ?? ?-
 ?????? ?????????; ?????????? ???? ? β-?????????; ?????????? ???? ? ??????????????
 ?????????????, ??. "?????" (???????? ???? ? β-???????? ????); ?, ?????????, — ?????????? ????
 ? ?????????????? ???? ?????????, ? ?? ?? ?? ??????????????. ?????????? "????" ?????????? ?????????
 "+", "?? ???? " — ????????? "-". ????????? ?????????? ?????????? ?????? ?????????? ??????????
 ?????? ??-????????????? γ ?????? ? ????????? ????;

Карта Рамачандрана

Области предпочтительных значений ϕ, ψ ?????????

- ????????????? ?????????? ?????????? ?????? ?????? N-Ca, Ca-C'
- sp^3-sp^2 - ?????????????? ??????????, ?????? ~ 1 kcal/mol,
- ?????? ?????????? ?????????? ??? $\tau=300$?,

?????? ?????????? ?????????????? ?????????? ??????? ??????? ??????? N-Ca, Ca-C'

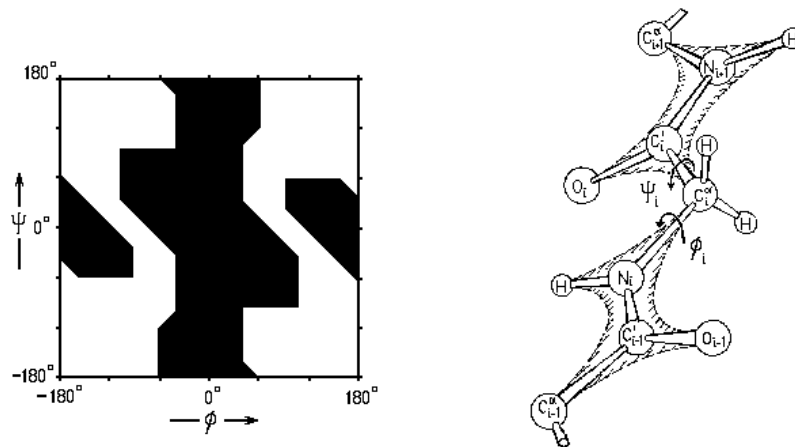


???. 8-2.

??????

????????? ?????????????? ?????????? ϕ, ψ

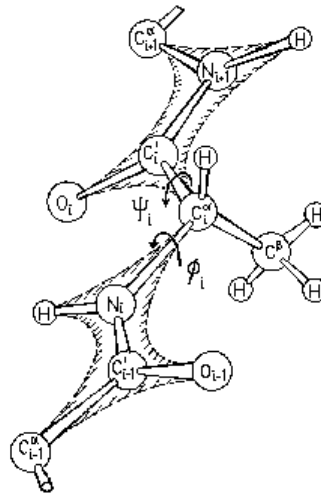
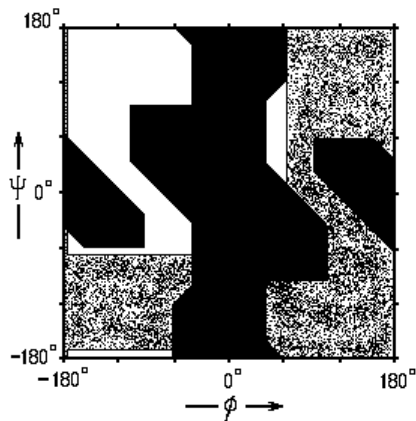
- ?????????????????? ??????? ?????????? ??????
 - ?????????????????? ??????? ?????????? ?? ?????? ?????????????? ??????? ????????
- ????????????????? ?????????? ?????????????????? ?????????? ϕ, ψ



???. 8-3. ?????? ?????????????? (■) ? ?????????????? (□) ?????????????? ??????? (Gly)
 ??? ?????????? ?? ?????? ϕ, ψ ? ?????????? ??????

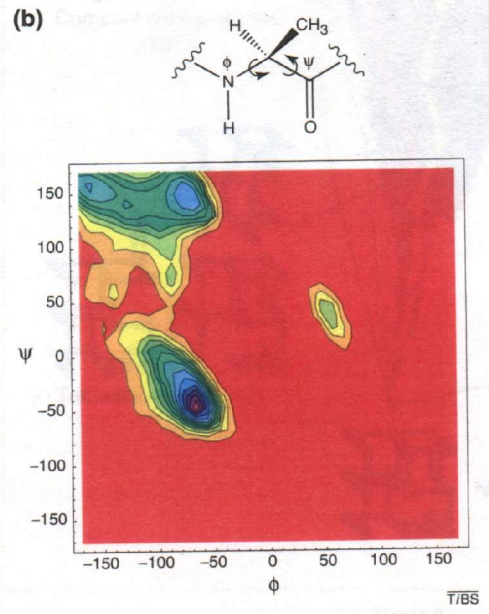
????????????? ?????? ??????? ???? – ????????? ????
 = ?????????????? ?????????????

? ??????? ??? ?????????? ??????????. ? ??? ?????????? ??????????????
 ?????????? ?? ???, ? ?????????????? ?????? ?????????? (?????, ???
 ?????????????? ? ?????????? ?????? ?^β-?????) ? C' -????? ??????????
 ?????????????? ?????????? ?? ????? φ, ? ? N-????? — ?????????????? ?????????
 ?? ????? ψ .



???8-4. ?????? ?????????????? (□) ?????????????? ?????????? (Ala) ??? ?????????? ??
 ?????? φ, ψ ? ?????????? ???; (▨) — ?????????, ?????????????? ??? ? ?
 ?????????; (■) — ?????????, ?????????????? ??? ??? ?????????? ??????????????????

???????????????????? ????
???????????????? ???? ????
????? ϕ, ψ ? ?????? PDB



???. 8-5.

Типы вторичных структур полипептидной цепи

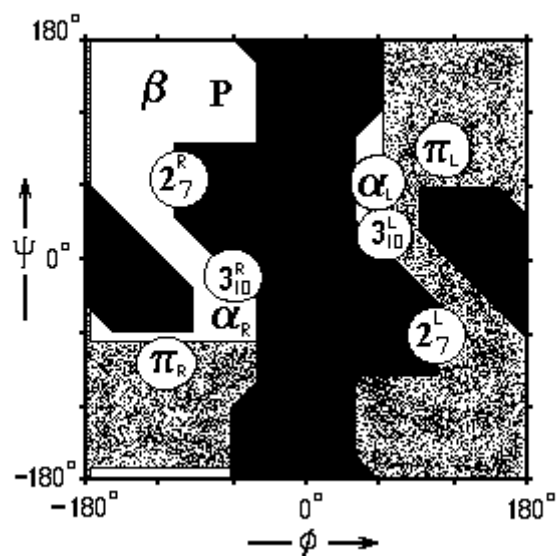


Рис.8-7. Конформации различных вторичных структур на фоне карты разрешенных и запрещенных конформаций аминокислотных остатков. 2_7^R , 2_7^L : правая и левая спираль 2_7 ; 3_{10}^R , 3_{10}^L : правая и левая спираль 3_{10} ; α_R , α_L — правая и левая α -спираль; π_R , π_L — правая и левая π -спираль. β — β -структура (подробности см. на Рис.7-8б). P — спираль Poly(Pro)II. \square — конформации, разрешенные для аланина (Ala); штрихованная — области, разрешенные лишь для глицина, но не для аланина и других остатков; \blacksquare — области, запрещенные для всех остатков.

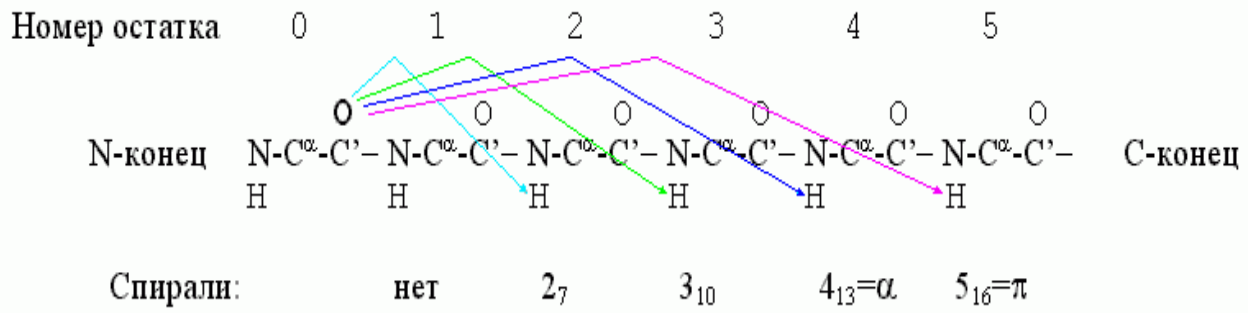
Спирали

????????? ??????? ? ?????????????????? ??? ? ?????????? ?????????????? ????????,
 ?=? ?????? ?????? ??????? ? ?????????????? ?-????? ??? ? **H-N** ??????????

????????? ????????, ?????????? ?-????????? $2_7, 3_{10}, 4_{13}$ (?????? ??????????? α) ?
 5_{16} (??? ?? π).

????????? "2₇" — "2" ?????????? ?????? ?? 2-? ?? ??? ? ??????????

"7" — ?????? ??????? ? ?????? (O····H-N-C'-C^α-N-C'), ?????????????? ??? ? ??????.



????? ???????

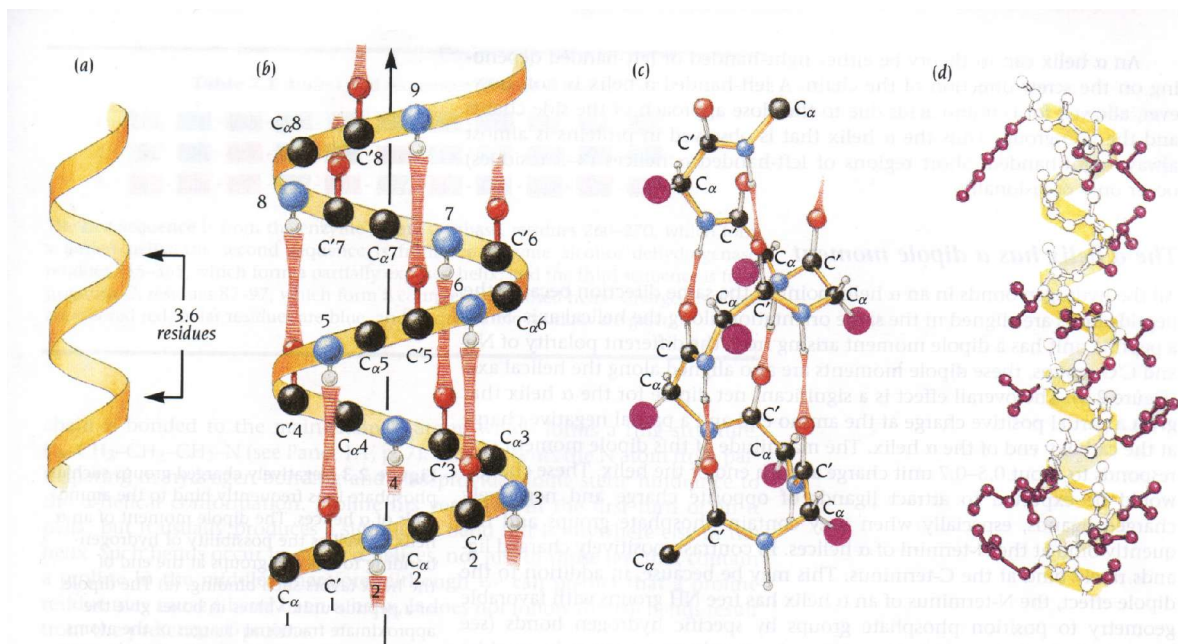


Рис. 8-8.

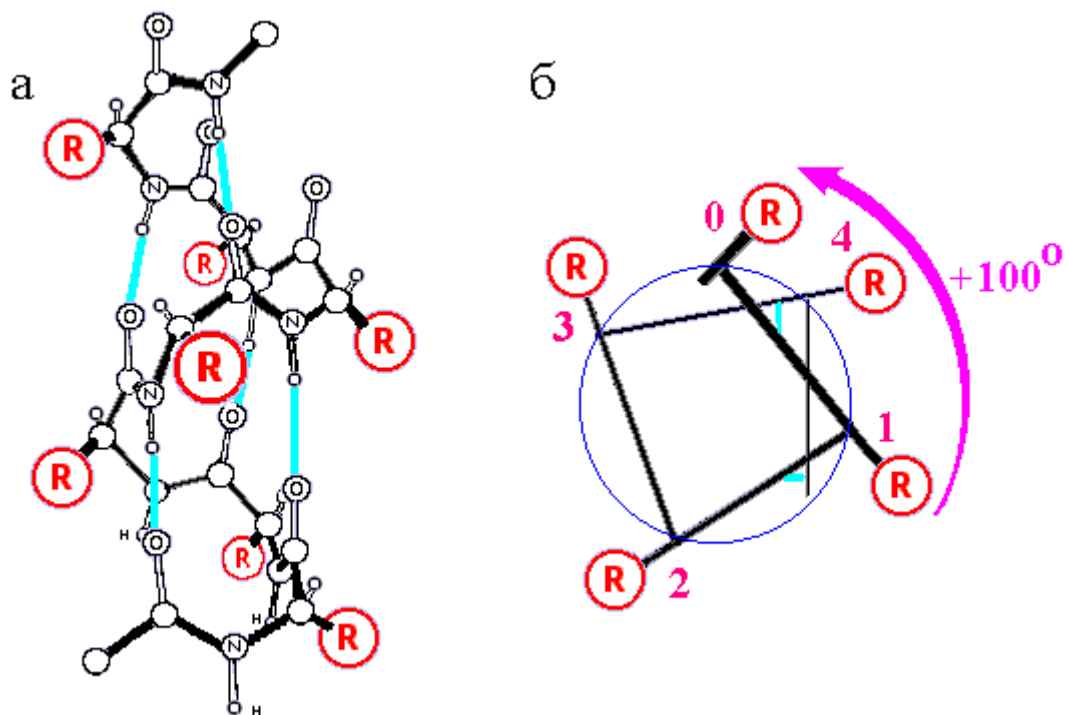


Рис.8-9.

Дипольные моменты пептидных групп в альфа спирали параллельны

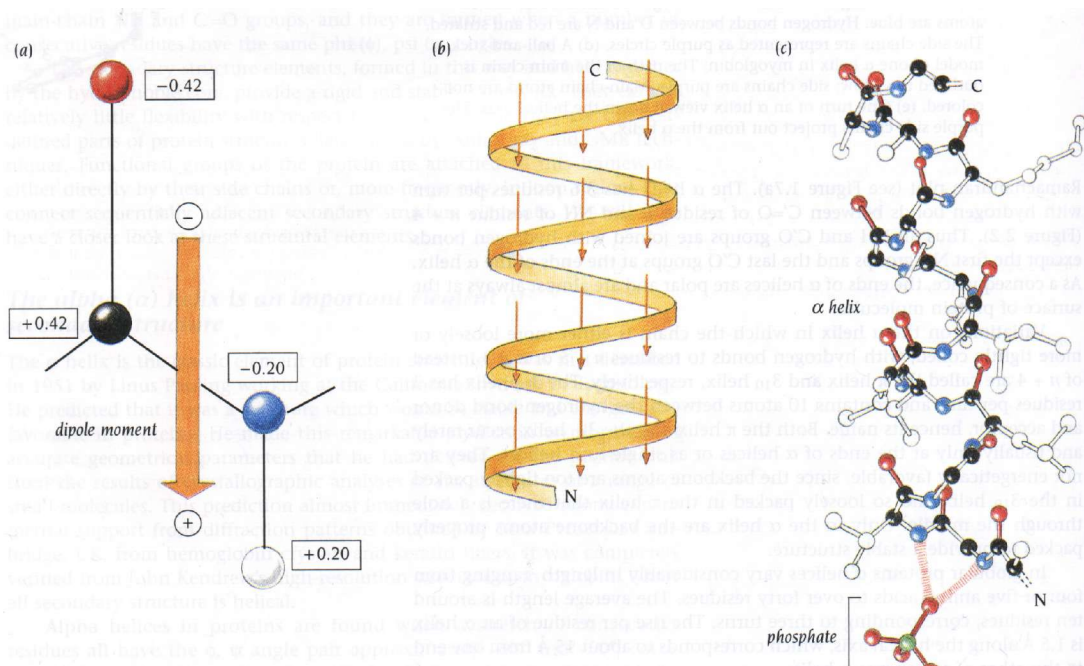


Рис. 8-10.

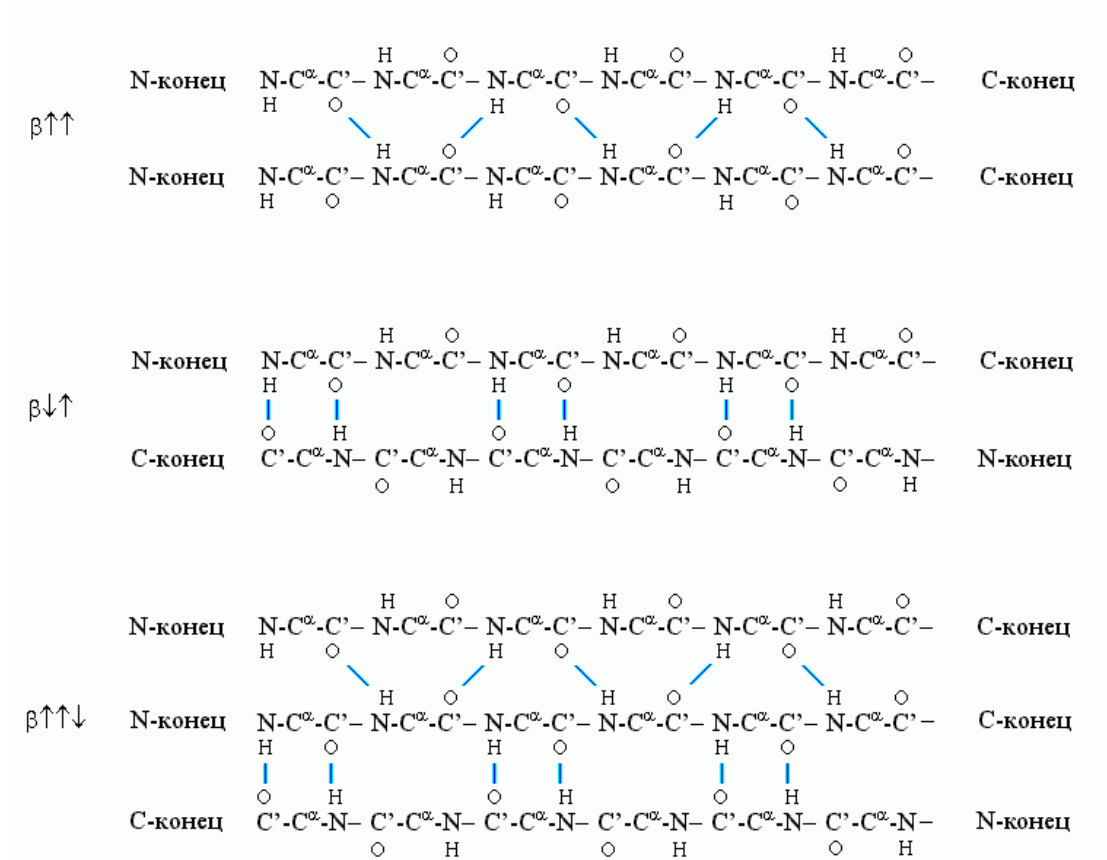
Цепочка диполей → Макродиполь

C - конец спирали эффективно = отрицательно заряжен

N - конец положительно заряжен

Вета цепи

?????????? ?????????? ??? ????????????? ?????? ?????? ?????, ??
 ?????????????? ?????????????? ?????????? ?????? ??????



?????????????? ($\beta\uparrow\uparrow$), ????? ?????????????????? ($\beta\downarrow\uparrow$) ? ????????????, ??????????? ??
 $\beta\uparrow\uparrow$? $\beta\downarrow\uparrow$

Реверсивные повороты - Поворот основной цепи на 180

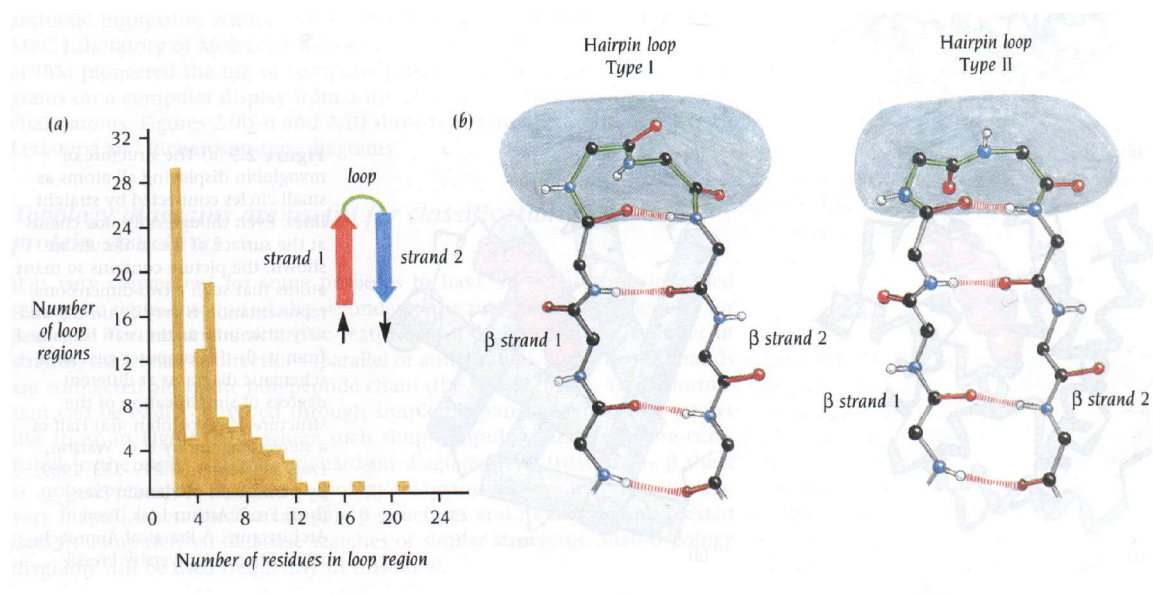


Рис.8-13. Петли минимальной длины – реверсивные повороты

Реверсивные повороты -

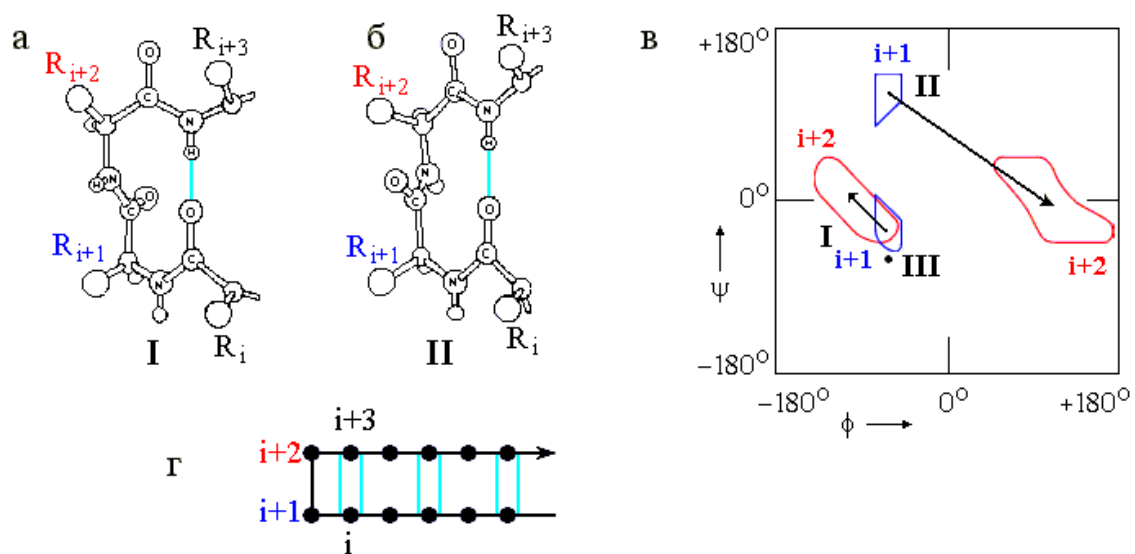


Рис. 8-14. Реверсивные повороты; (в) – углы ϕ , ψ в реверсивных поворотах типов I, II; III – тип – искаженный тип I.

**Регулярные вторичные структуры –
- основное свойство = максимальное число Н-связей**

??????? 8-3. ???????? ?????????????? ?????????? ??????????
????????????????? ? ?????? ?????????? ??????????

??????????	H- ?????	????????/?????	????????/? ????? (Å)	ϕ	ψ
???????? α_R	CO ₀ — HN ₊₄	+3.6	1.5	-60 ⁰	-45 ⁰
???????? (3 ₁₀) _R	CO ₀ — HN ₊₃	+3	2.0	-50 ⁰	-25 ⁰
????? $\beta\uparrow\downarrow$??? ?????*	-2.3	3.4	-135 ⁰	+150 ⁰
????? $\beta\uparrow\uparrow$??? ?????*	-2.3	3.2	-120 ⁰	+135 ⁰
???????? Poly(Pro) II	???	-3	3.0	-80 ⁰	+155 ⁰

* ?????????? ?????? ?????? ? β -?????: 4.8Å
" + " ?????????? ?????? ?????????, " - " — ?????? .

Неупорядоченное состояние

- ϕ, ψ ???
- ???

Относительное содержание разных типов вторичных структур – глобулярные белки

Альфа спирали - 35%	длина в глоб. белк. 5-15 остатков	15 А
Вета цепи - 15%	5-7 остатков	15-20 А
Реверсивные повороты – 25 %		
Неупорядоченное состояние – 25%		

Корреляции остаток – тип вторичной структуры

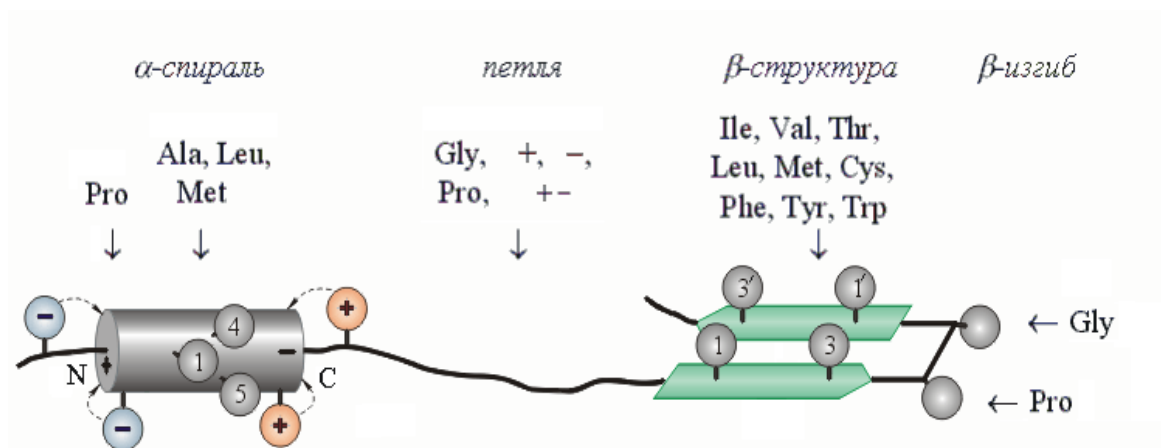


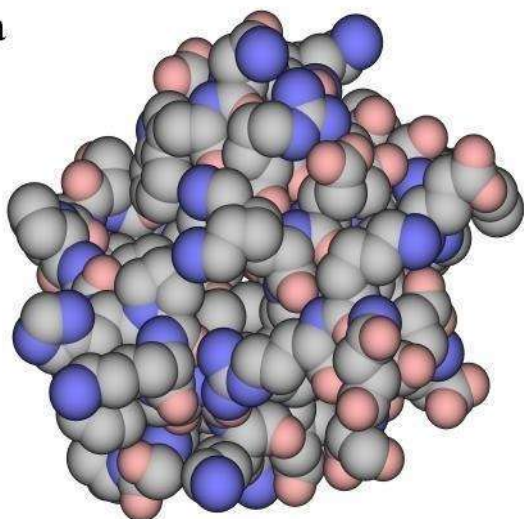
Рис. 8-15

???? ?????????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????

- ????????????????? ??????
- ?????? 100 ? ????? ????????????????? ??????????
- ?????????????? ?????????? ? 50-150 ?????????? ?????????? ? ?????????????? ??????????, ??????
- ?????????? ?????? ?????????? ?? ?????????????? ??????????
- ?????????? ?????? ?????????????? ? ?????????????????? ?????? ? ?????????? ?????? ?????????????????? ??????????, ?????????????????????,
- ?????????????????? ?????????? = ?????????????? ?????????? ?????? ?????????????????? ?????? ?????????/ ?????????? ?????? ?????? ~ 0.65-0.75

????????? ?????????????? ?????? ??? ??????? ?????????? ??????????????????

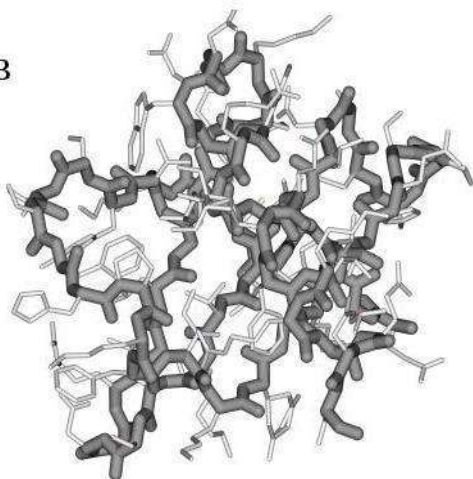
а



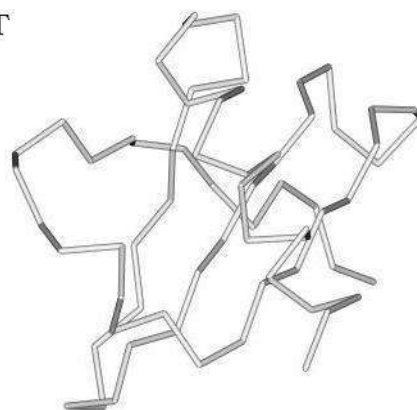
б



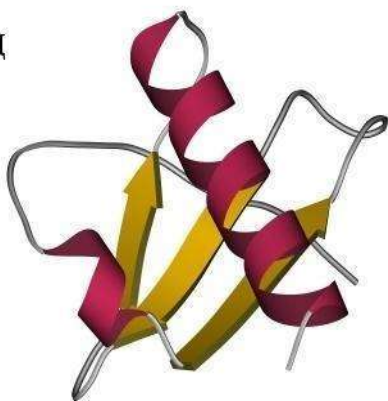
в



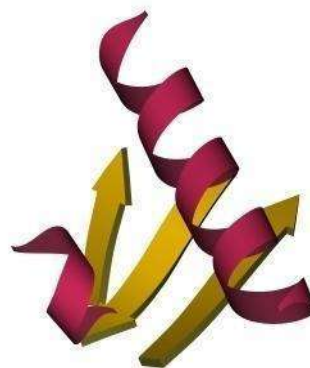
г



д

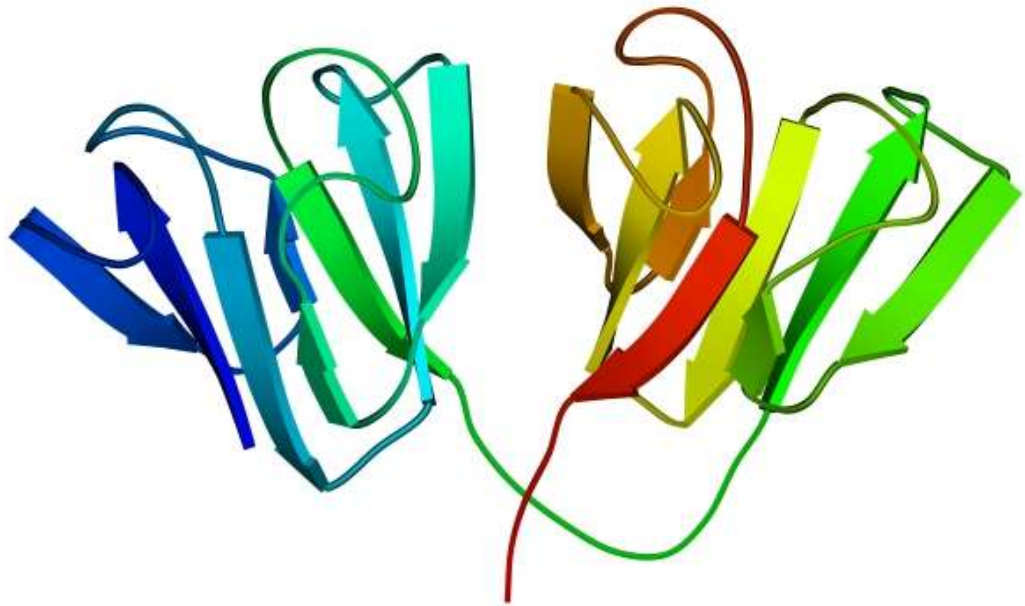


е



???8-16. — α -????????????? ?????????????? 8

?????????? ???? ? γ -??????????

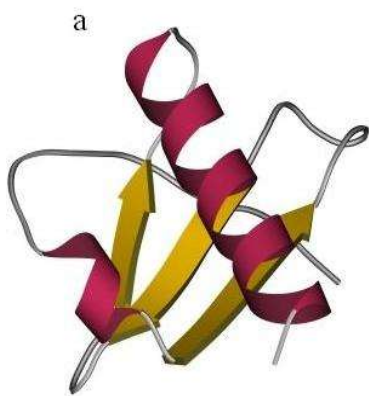


???. 8-17. ?????? ?????????? ?????????? ?? ???? (?? ?????? ?? N-????? ??? ? ???????
? ??????? ? ? ??????? ? ?????????? ?? ?-?????).

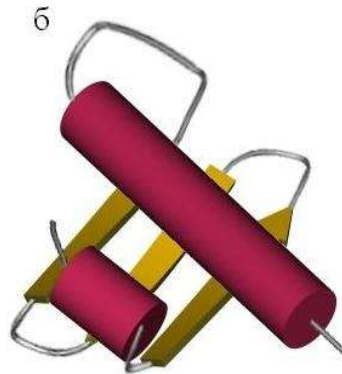
???????? ???? ????? – ?????

- "?????" β ,
- "?????" α ,
- "?????????" α/β , $\alpha&\beta$? $\alpha+\beta$

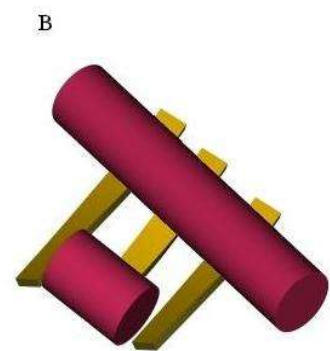
1) ?????????? ?????????? α - ? β - ????????????? ?????????? ? ?????????????
????????? -



?????



?????



?????????

Figure 8-18. Schematic representation of the folding process. (a) The protein chain is shown in a random coil conformation. (b) The chain begins to fold, forming a compact structure. (c) The chain is fully folded into a specific conformation. (d) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (e) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (f) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (g) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (h) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (i) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (j) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (k) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (l) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (m) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (n) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (o) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (p) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (q) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (r) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (s) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (t) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (u) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (v) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (w) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (x) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (y) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted. (z) The chain is shown in a compact structure, with the α -helix and β -sheet regions highlighted.

Фолд, мотив, укладка - сверхвторичные (супервторичные) структуры

- ??????????, ????? ?????????????? ? ?????? ?????????? ?????????? ??
????????? ?? ????? ?????????? β (?/?? α) ??????????, ????? ??????????
"?????????????????" ??????????????

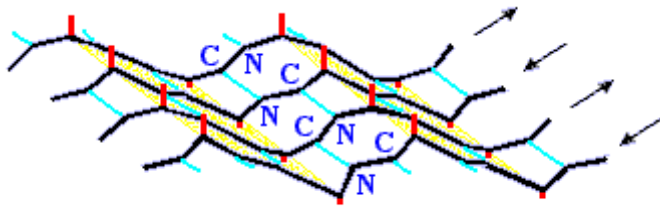
β -???????????? ??????

- ??????? ????? ??????? ?????? ? ???, ??? — ? ?????????? β -?????,
????????? ??? ? ?

- ? β -????? ????????????? ?????????????????? β -?????????

Бета лист - β -лист

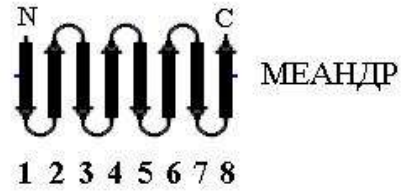
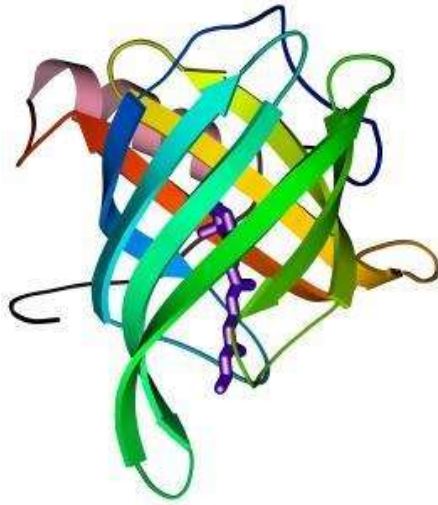
???????????????????? (β↓↑) ????????????????????? ??????



???. 8-20.

β -???? ?????? ??????????????????, ??? ? ????????? ? ???? β -?????

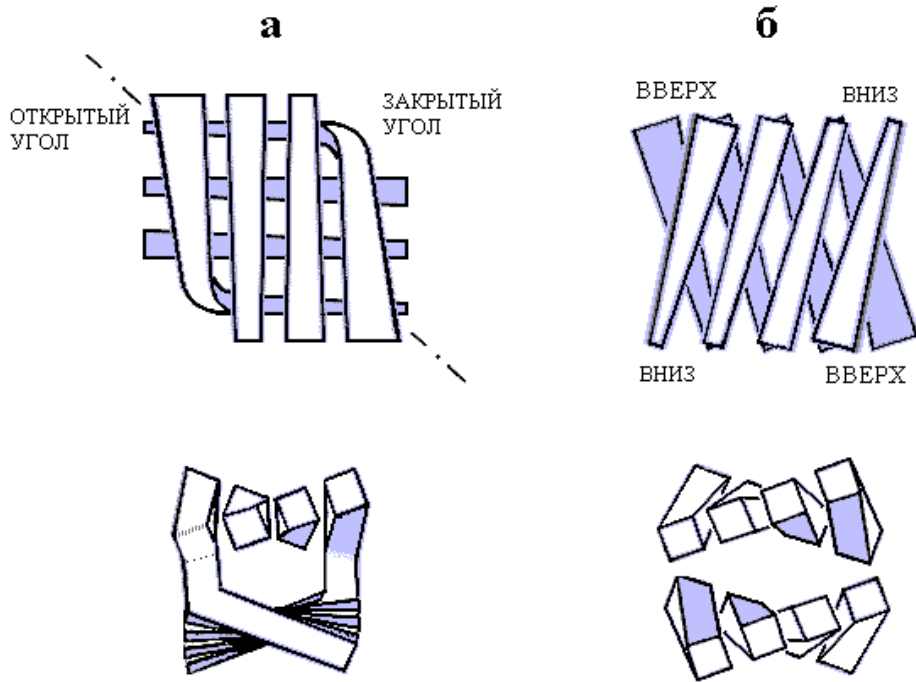
Широкий β -листок ?? ?????????? β -листок ?????????????? ? β -листок?????



???8-21. ??????-????????????? ????: ??? ?? ?????????????? ?????????????? β -?????.
?? ???? ?????????????? ??? "?????" - ?????????????? ??? — ?????? ?????????? β -
?????????. ?? ??? ???? β -???? ?????????? ??????????. "?????" ?????????? ?????, ??
???????? ?? ??? β -???? ?????????? ?? ?????????????? ?????????; ?? ??????
????????????? ?????? (????, ?????????????? ???? ?????????? β -?????, ?????????? ??
???????? ?????????? ?????????? ??????????).

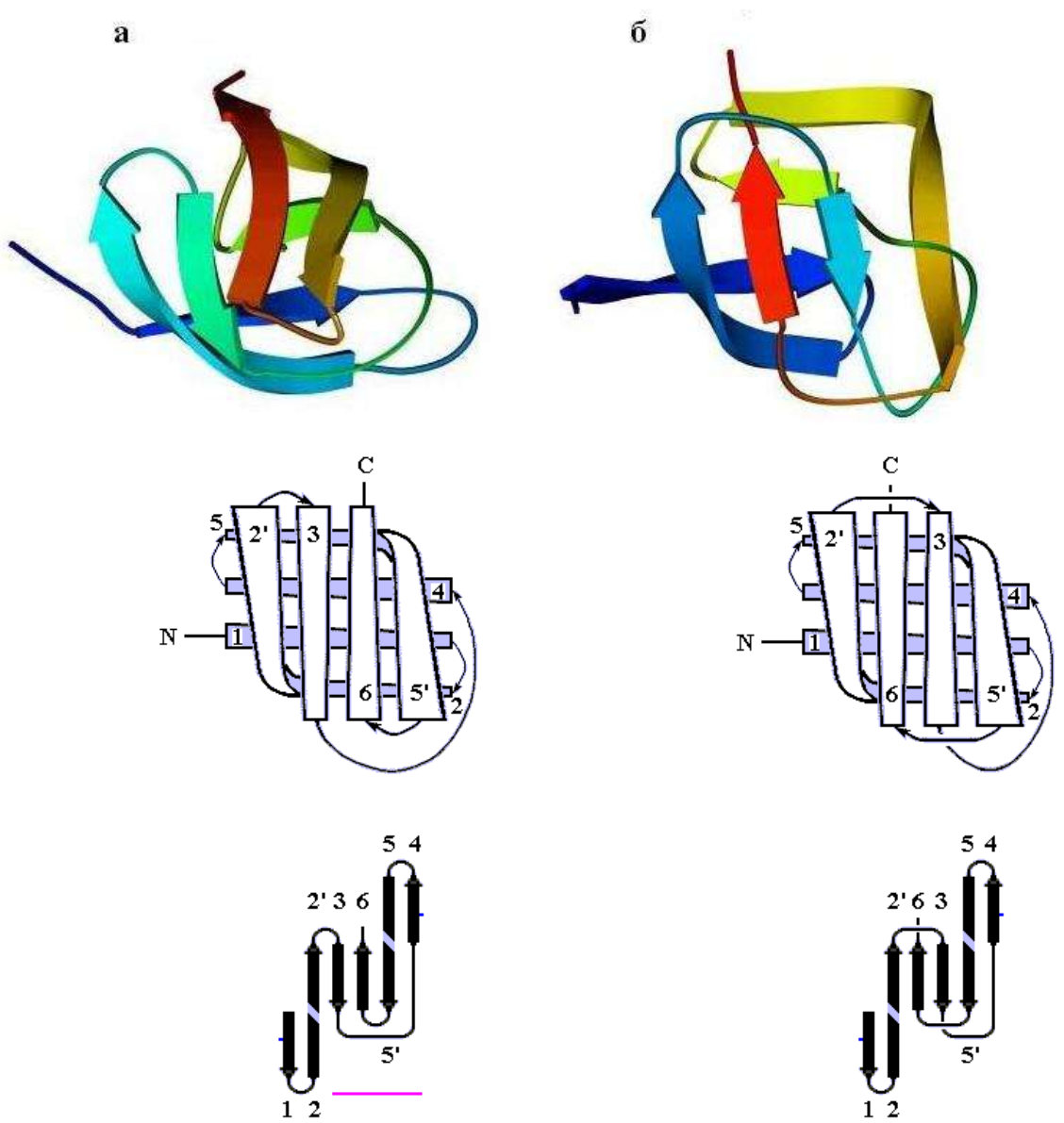
???????? β-листов

?? ???? ???? β-?????
 - ?????????? - ?????????? - ??????????
 - ?????????????? - ????????? ???? ??????????



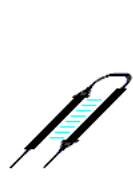
???. 8-22. ?????????????? (?) ? ?????????????? (?) ?????????? β-?????. ??? ?????? ? ? ??????. ??
 ????? ?????? — ?????????????? β-???? ? ?????????? ?????????? ??? (????) ??????????????
 ?????????????? — ??? ?????????????????? β-?????????. ?? ??? ?????????????? ??? "?????????" ????
 ????? ??????????. ????? β-????? ?????????? ??????????????. ? ??? ???????, "?????????" ??????
 ?????? ?????????? ??????????; ?????? ???? ?????????????? ? ?????????? ?? ??? ? ????. ???
 ?????????????????? ?????????? ?????????????????? ???? ?????? ?????????????????????? ??????????????????
 ??????. ? ?????????????? ??????????, ??????????, ???? ?????????, ?????????????? ?????? ??????????????
 ?????????? ?????????? ????, ? ?????????? ?????????? ?????? ?????????????????? ?????????? ??????????
 ?????????????????? ?????????????????? ?????????? ???? ??? ??????? ?????????????? β-????? ??????????????????
 ?? ?????????? ??????. ??????????, ? ?????????????? ??????????????????, ?????? ?? C.Chothia &
 A.V.Finkelstein, *Annu. Rev. Biochem.* (1990) **59**:1007-1039.
 ? ?????? ?????????? β-????? ?????????????? "????? ? ????", ? ?????????????????? ?????? ???????
 ?????????????? ?????? ??????, ?? ? ?????????? ??????? ?????? ?????????????? ?????? ?????????????????? ??????
 ?????? — ?? ?????? ?????? -30° (?????-????? 10-15°), ? ?? ?????? — ???????, ?? 90° (????-
 ?????? 10-15°); ?????, ?????????? ??? ?????? ???? ?????????????? (? ?????????????, ?????? ?????? +30°),
 ?????????????????? ???????.

????? ??????? ???? ? ?????????? ?????????? (?) ? ? ??????? ?????????? (?).

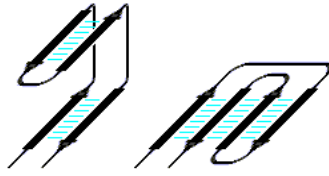


???.8-23. ????? ?????????? ????? ? ?????????? ?????????? (?) ? ? ??????? ?????????? (?). ?
????????????? ????? ??????? ?????????????? ? ?????????????? ?????????? ?????????? ??????????
????????????????? ?????????? β -????? ? ??????????, ?????????? ?????????????????? ????? β -?????
???? ?????? ?????? (???? ?????????? ?????????? ?????????? ?????????? ??????????);
????????????? ????? ?????????? ?????????? β -????? ?????????????? ??????????); ?????
????????? β -????? ?????????????????? ?????????? ?????????? ?????????? "????????? ??????" ? ??????????
?????????????.

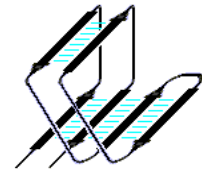
???????????? ?????????? β-?????



ШПИЛЬКА



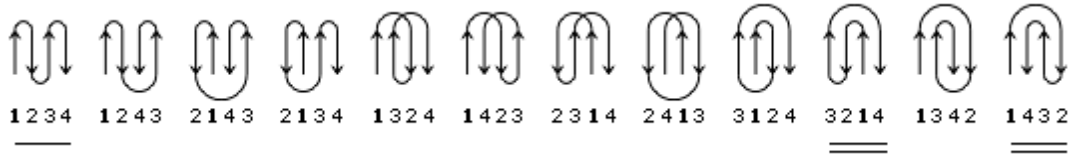
СОГНУТЫЕ ПОПОЛАМ ШПИЛЬКИ



ШПИЛЬКА, СОГНУТАЯ ДВА РАЗА

???. ?????????????????? β-???????

????????? 4-? β-?????

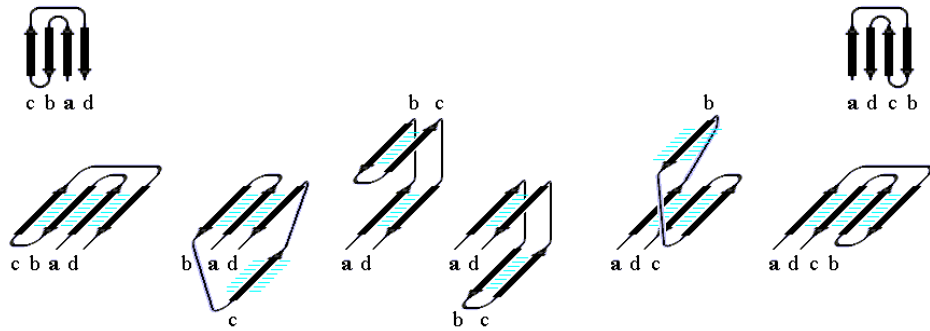


???????

????????? ????

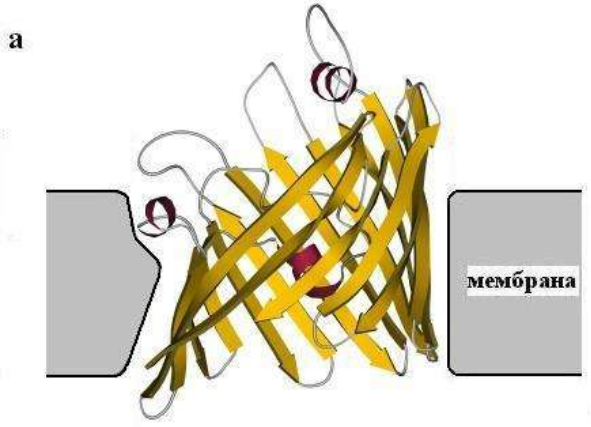
???8-24. ?????????? ?????????? ?????? ?? ????????? β-?????????. ?????????? ?????? ??????,
 ?? ??????? ?? ??????? (? ????) ?????? β-???????? ??????????? ? ??????????????????
 ????????. ?? ???? ?????????? ?????? ?????????????? ?????? "???????" (???????????? ??????
 ??????) ? ?? (????????????? ??????? ??????) "????????? ??????" (?? ?????????????? ??????
 ?????????????? ?????????? ??? ? ?????????? ?? ?????? 1,4 ? ?????????? ?? ?????? 3,4).

"abcd" ?????????? ?????????? - ?????????? ??????
 ????? ?? ?????? ?????????????? ? ??????? ?????



???8-25. ?????????? ?????????????????????? "abcd" ?????????? ?????????? ? ??????????????
 ?????????????? ??????. ?????????? ?????????? ?? ??????? ?? ?????????????????, ??????????? ?? ?????
 ?????????????????? β -????? ??????? β -????? ? ?????????? ?????? ????? ? ????? β -????? ?????????
 ?????? (?.?. ?? ?????????????????? ?? β -????? $b-c$?? ??????? ?????? ?????? ? ?? ?????????????????? ??
 ?????? $a-b$?? ??????? ??????? ?????? ??????). ??????? ?????? — "?????????????????" —
 ?????????????? ?????????????????? β -????? ??????? β -????? ?????????? ?? ?????????;
 ??? ????? ?? ?????? ??? ??????? ?/????? ??????? β -????? "?????" ?????? ?????? ?? ? ??? ??, ? ?
 ??????? β -?????. ?? ????? ? ?????????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? — ???
 ?????????????? "abcd" ?????????????? ?????????? — ? ?????? ? ??? ?? ?????????????? ??????????????
 ???????

?????? ????-???? ?????????? ? ????????



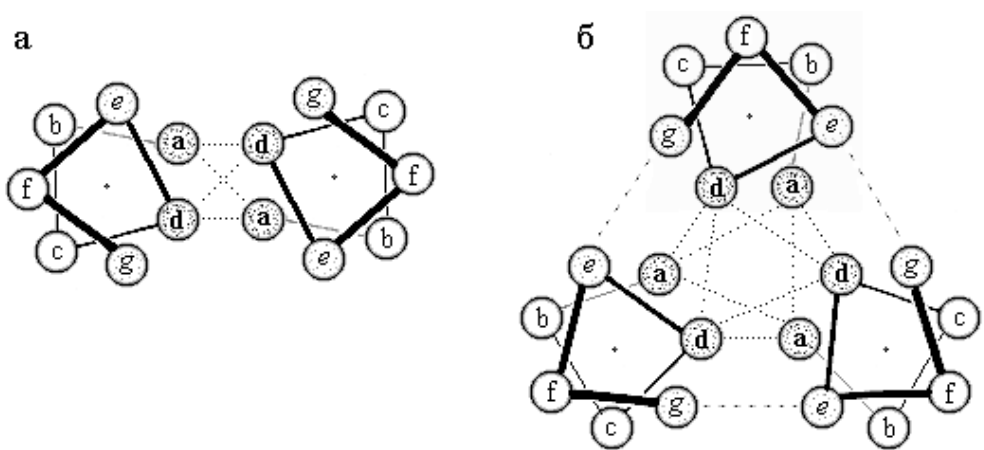
???8-26. ????. (?) ?? ???? ?????????? ?????????? (????????????? ????????? ? ??
????????? ????. ?????????????). (?) ?? ????????? ?????????? ??????????

α -?????

-суперспирали – жгут из двух или трех длинных альфа спиралей

- ?????????? ?????? α -????????? ? ?????????? ?????? ?????????????? ????? ?????? ?
 ?????? ?????????? ?????? ??????? ??????? ???, ??? ??????? ?? ??? ?????????? ??????
 ????????????????

????????????? ?????????? ?????????? ?????? – ?????????? ????



???8-27. ??????????????? α -????????? ? ?????????? (?) ? ?????????? (?)
 ??????????????? (??? ? ?????? ?????????). ? ?????????? ???????????????
 ?????????????????? ??????????????? ? ??????? ?????????? ??????? ?????????? ? ? **d**, ? ?
 ????????? — ??? ? ????????? e ? g (???? ? ?????? ??????)

???????? ???? ?????????????????

? ?????????? ?????????? ????????????????? — 7 ?????????? ?? ??? ?????? α -
????????, ?? 3.5 ?????????? ?? ??????

????????? ?????????????? ?????????????? ??? ?????? ??????????, ??? ?? ???.

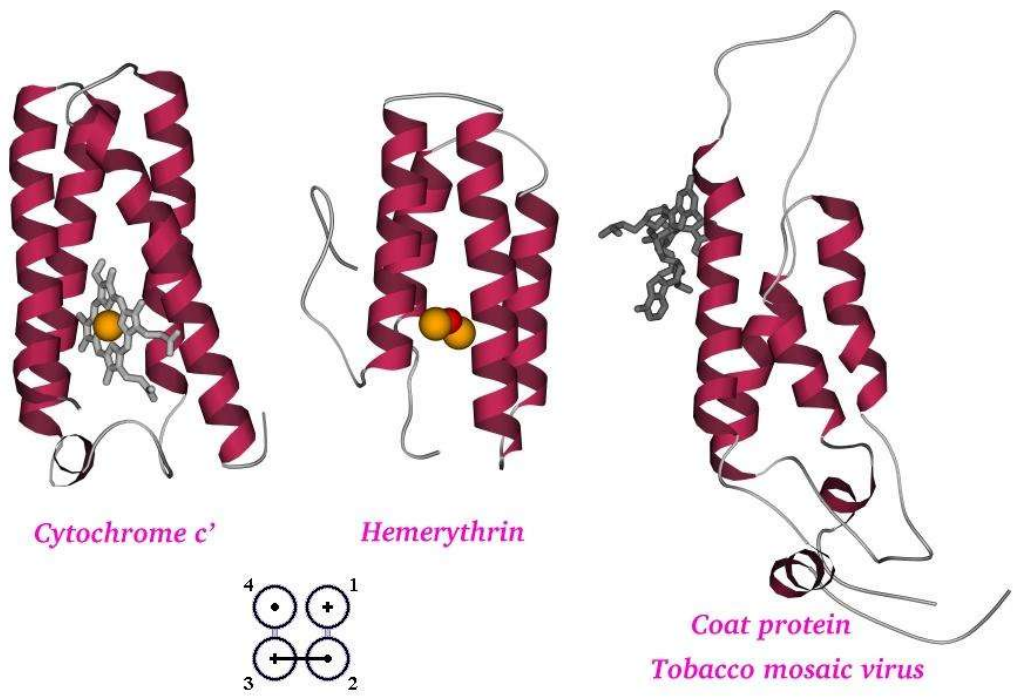
... - **a** - **b** - **c** - **d** - **e** - **f** - **g** - **a** - **b** - **c** - **d** - **e** - **f** - **g** - **a** - **b** - **c** - **d** - **e** - **f** - **g** - ...
| 1 2 3 4 5 6 7 | 8 9 10 11 12 13 14 | 15 16 17 18 19 20 21 |

????????????? ??????????

остатки - **a, d** - двойная суперспираль

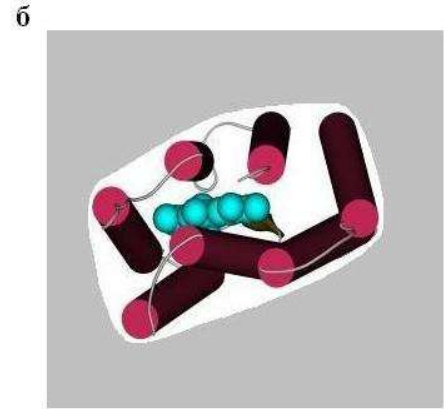
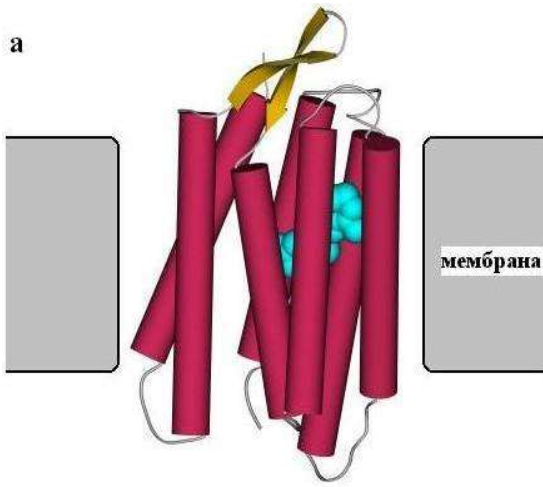
остатки - **a, d, e, g** - тройная суперспираль

альфа – спиральные белки из длинных спиралей



???8-28. α -????????? ?????: ??????? c', ?????????? ? ???? ??????? ??????
???????? ???????

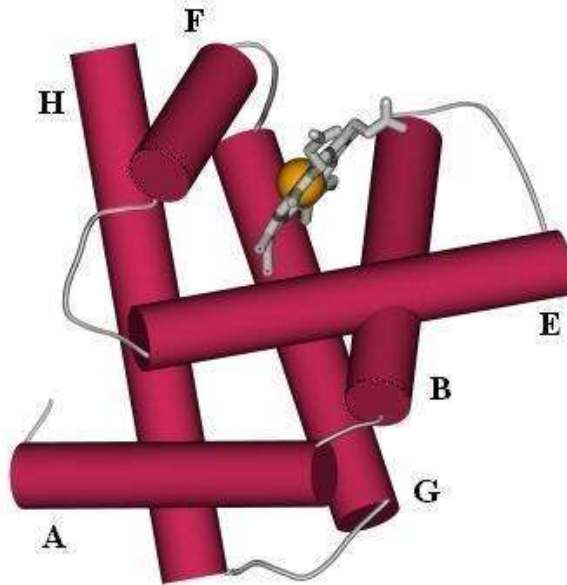
???????????????? ? ????????



???.8-29. (?????? ??????) ??????? ????????, ????????????????? ??????
????????????????????.

Укладка коротких алфа-спиралей

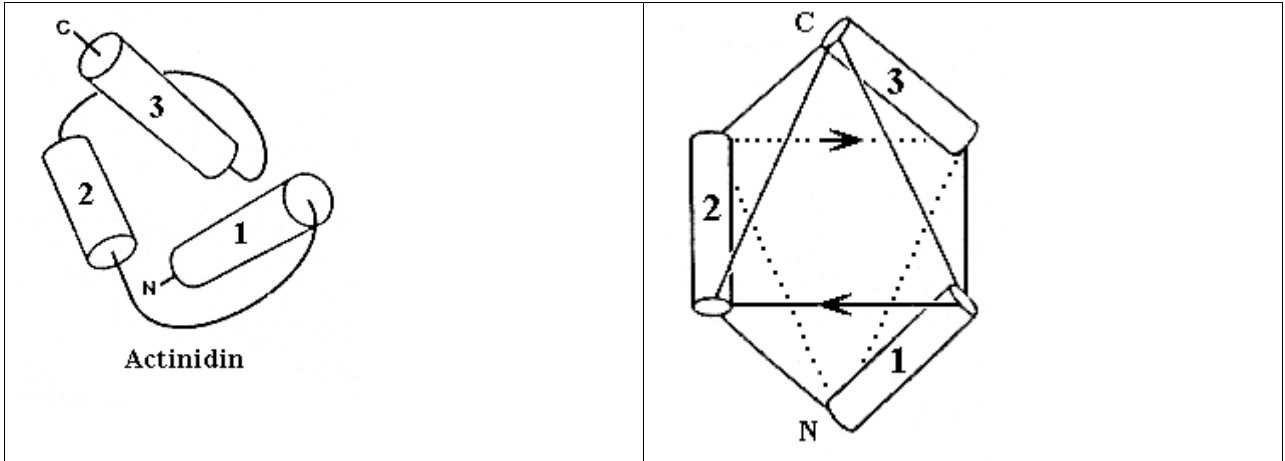
- ??????? ?????? ??????? - ?????? ?????? 20Å, ??????? 10Å
- ?????????? ?????????????????? ??????? ?????????? ???????
"?????????????" ?????????????? ?????, ?????????????? ?? ?????????? ??????
????? ??????????



???. 8-30. ?????????? ?????????: ?????????? ????? ?? ??? α -????????? ? ??????. ??????? A, E
? F(?? ?????????????? ??????? ?? ??????? ?????????????? ? ???) ?????????? ? ??????? ????,
????????? H, G ? B — ? ??????. ????????? (?? 1 — 2 ?????? ??????) ??????? ? ? D ??
????????????, ?? ?? ?? ?? ??????????????? ? ?????????. ? ??? ?????????? ??? ??????????
???. ?????? "????????????? ????" ?????????????? ?????????????????? ?????????? β -??????.

????????? ?????????? ?????????? ? ?????????????? ??????
 ?????????????? ?????????????????? ?????????????? ?????? ?????? ?????? 40 — 60

??????? –
 ??????????? α -????????? ?? ?????? ?????????????????????? ??????????????????

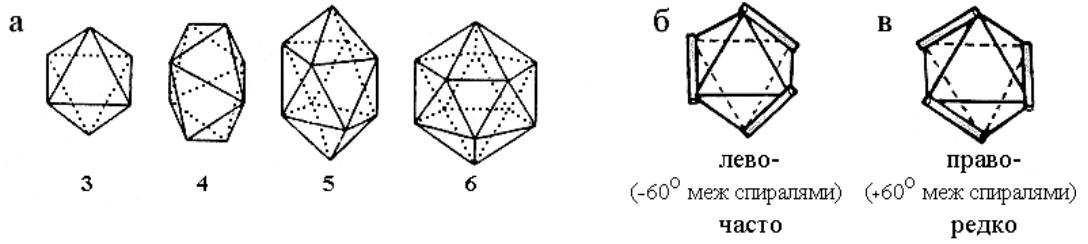


??? 8-32. ?????????? ?????????? ?????????? ? ?????????????? ?????? N-????????? ??????
 ?????????????? (?? ???? ???? ?????????? ?????? ?????).

????????? ?????????????? ?????????? ?? ?????? ??????????, ??????????????? N-????????? ??????
 ??????????????. ?????????? ?????????? ?? ?????????????? α -????????? ??????

Укладка большего числа спиралей

- большие многогранники



???.8-33. ?????????????????? ?????????????????? (?), ?????????????????? ?????????????????? ?????????? ?????, ??????????, ????? ? ?????? ???????????.

???????? ?????? ?????????? ?? ?????? ?????????????? ?????????????????? ?????? ?????????? ?????????????????? ?????????????? ?????????????? ?????? ??????????, ??. ?????? "?????????" ??????????, ?????????????????? ?????????????? ?????????????????? ?????? ?????????????? ?????? ?????????????? ?????? ?????????????? — ??? ??? ?????????????????? ?????????????? [(?): ?????-, ? (?): ?????????????????? ??????, ????????? — ??? ?????????????????? ??????????, ?????? — ??? ?????????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????????? ?????????????? — ?????? ?????????????? — ?? ?????? ?????????????????? ???, ?????? ?????? ?????????? ?????????????????? ?????????????????? ?? ?????? ?????? ?????? ?????? ??????????. ?? ??????????, ??? ?????????????????? ?????? ?????????????????? ?????????????? — ?????????????????? ? ?????????? ?????, ??? ???????

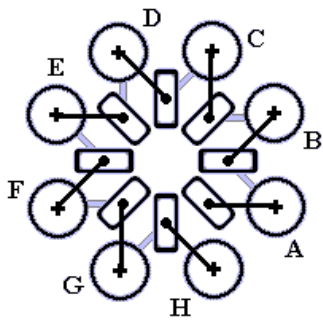
? ?????????????????? ?????????????????? α -????????????????? ?????? ?????? ?????? ?????????????????? ?????????????????? ?????? ?? ?????? ??????????, ?? ? — ??? ?????????? — ?????????????????? ?? ?????????????????? ??????

"?????????"

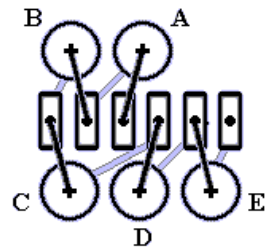
β -????? α -???????

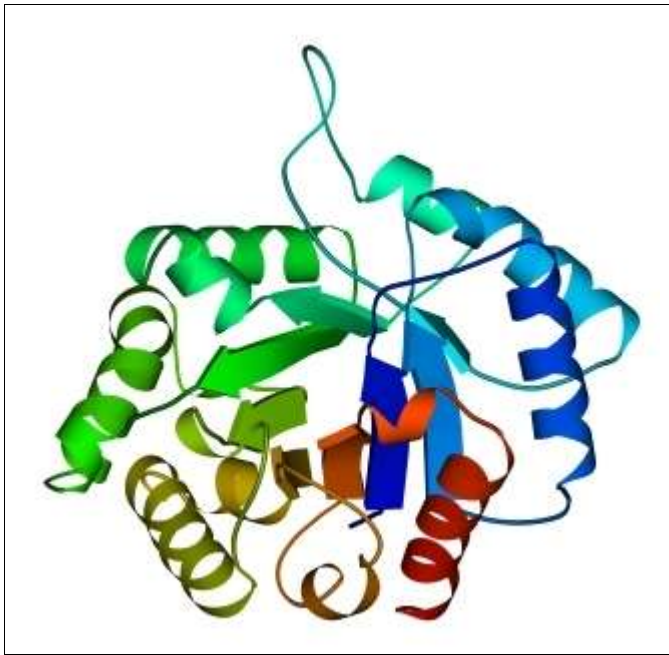
- ??? ?????????? ?????? ????????? α/β ??????:
- α/β ???????, ??? β -???????? ?????? ??????? ?????????, ??????????? ?? α -????????? – ?)
- "???????? ??????????", ??? ??????? β -???? ?????? ?????? ?????????????????? ??? ?????????????? ?????? α -????????? – ?)

a

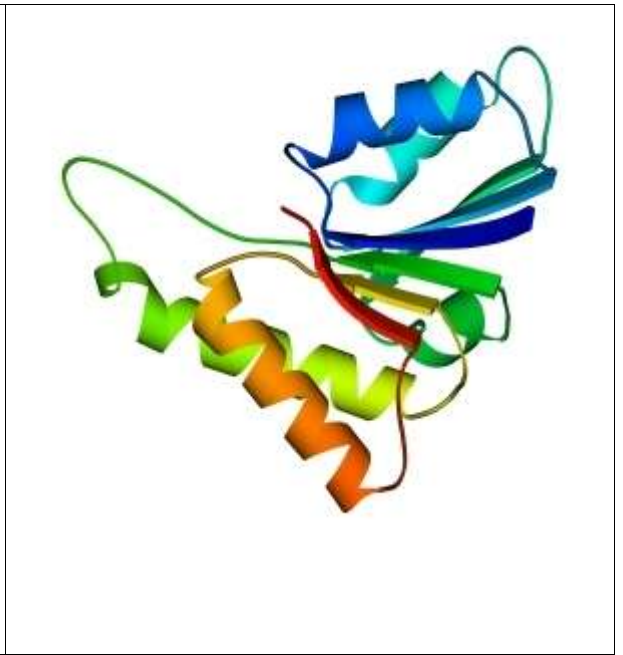


б

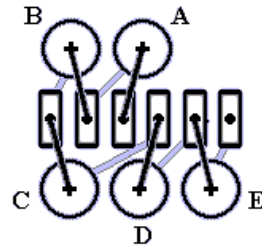
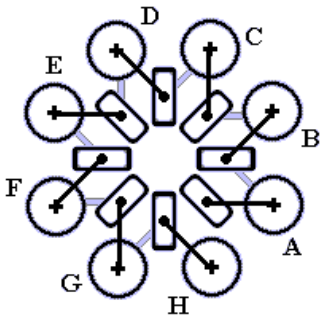




a



б



???. 8-35. ??????? ?????? ????????? α/β ?????? ? ?? ?????????? ?????? (?? ? ?
 ?????? — ? ?????? β -????): " α/β ????????" ? ????????????????????????????????? (??); "????????
 ??????????" ? NAD-????????????? ?????? ????????????????????????????? (??).

???????? ???? α/β ?????

- ????????? ???? , ?????

- α-???? ? β-???? ? ???? ???? ? ???? ???? — ????
? ? ????????????? ???? ???? ???? ???? ???? ?
???? β-????

- α/β ????? β-????????, ? α-???? ????
???????? ???? ???? (? ????????????? β ?????), ?
???????? α ? β ????? ? ???? ???? ?
-α-β-α-β-α-...

- α/β ????? ???? ???? ???? : ? ?????
????
???? β-???? ? ???? ? ???? ????; ? α/β ?????
β ????? ? α – цилиндра.

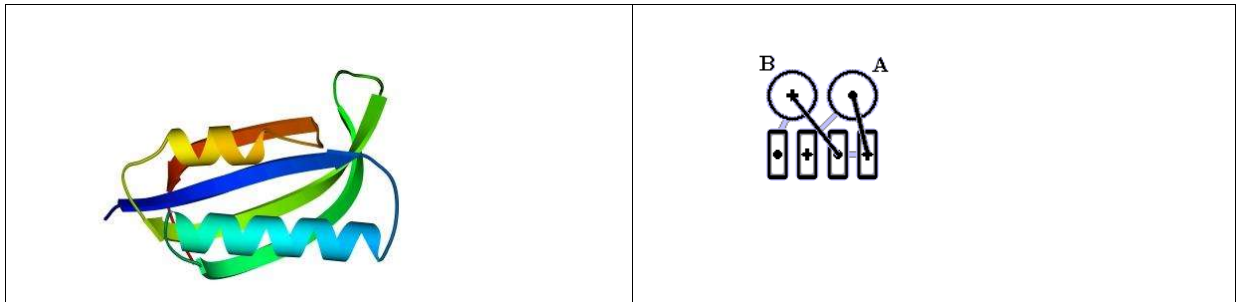
$\alpha+\beta$??????

- ?????????? ??? ??????:

- $\alpha\beta$ -??????? ?????????? α/β ?????? ???, ??? ? ??? ????? α -?????????
????? ?? β -?????. ??? ???????????? α/β ?????? ?????? ???????????? (??
? ?????, ??? ? α/β ??????) ?????????????? α ? β ?????????? ? ????? ? ?
???????????????

... $\alpha-\beta-\beta-\alpha-\beta$... ??? $\alpha-\beta-\beta-\beta-\beta-\alpha-\beta-\beta$...

четное число β цепей - β – цепи антипараллельны



???8-36. ??? ? ? ?????????? ?????????? ?????????? $\alpha+\beta$??????: " $\alpha\beta$??????" ($\alpha\beta$ -plait)
? ?????????????????? ?????? S6

"?????????" $\alpha+\beta$??????

?? ????? ????????????? α, β ????????

α -????????? "?????????" ?? β -?????????



???.8-38. ?????????? ????? ????????? $\alpha+\beta$??????: ????????? ??????????????.
"????????????" $\alpha+\beta$????? ????????????? ????? ?????????????, ?? ? α/β ?????? ?? $\alpha\beta$ -
????????, ????????????? ?????????? ?????????? ? ??? (?????? ??????: $\beta\beta\alpha\beta\alpha$).
????? ??????? ???, ????????????? ? β -????? ?????????, ?????????? ("OB-fold", ??
???? "Oligonucleotide-Binding fold").
?????? ?????????? ????? ?????????? ?????, ????? ?????????????????? ? ?????? ??????, ??-
?????? (?? ?????? ?? ????????????????? ????????? β -????????). β -???? ??????????????
?????????

????? ??????

- ??????? ~ **1000**
- ??????? ~ **750**

????????? ????????

- ?????????????? **SCOP** (Structural Classification of Protein),
- ?????????????????? **?????** (Class - Architecture - Topology – Homology