

Белки

простые и сложные

- Белки – биологические полимерные молекулы, мономерами которых являются аминокислоты, соединенные пептидными связями.
- Индивидуальность белковых молекул определяется порядком чередования аминокислот и их количеством.
- Белки имеют ММ от 5 КД (5000 Д) и более.

Содержание белков в тканях, %

Животные

- Организм – 18-21
- Мышцы – 19-23
- Печень – 18-19
- Почки – 16-18
- Головной мозг – 8-10
- Кости – 8-9

Растения

Зерна – 10-16

- Стебли – 1,5-3
- Листья – 1,2-3

Элементарный состав белков, %

- Углерод – 49-55
- Кислород – 21-23
- **Азот – 16**
- Водород – 6-8
- Сера – 0,2-3
- Фосфор – 1-2
- Микроэлементы (Cu, Mn, Zn, J, Fe и др. - 0,00001-0,2)

Молекулярная масса (округленная) некоторых белков :

- **Инсулин - 5 000**
- **Рибонуклеаза - 13 000**
- **Миоглобин – 17 000**
- **Яичный альбумин – 44 000**
- **Глобулин сыворотки – 176 000**
- **Миозин кролика – 450 000**

Супрамолекулярные биохимические системы (СБС) :

- **Актомиозин – 5 000 000**
- **Вирус табачной мозаики – 59 000 000**
- **Респираторный вирус – 323 000 000**

Количество аминокислотных остатков

Инсулин - 51 (21+30)

Рибонуклеаза -130

Миоглобин – 170

Яичный альбумин – 440

Глобулин сыворотки – 1760

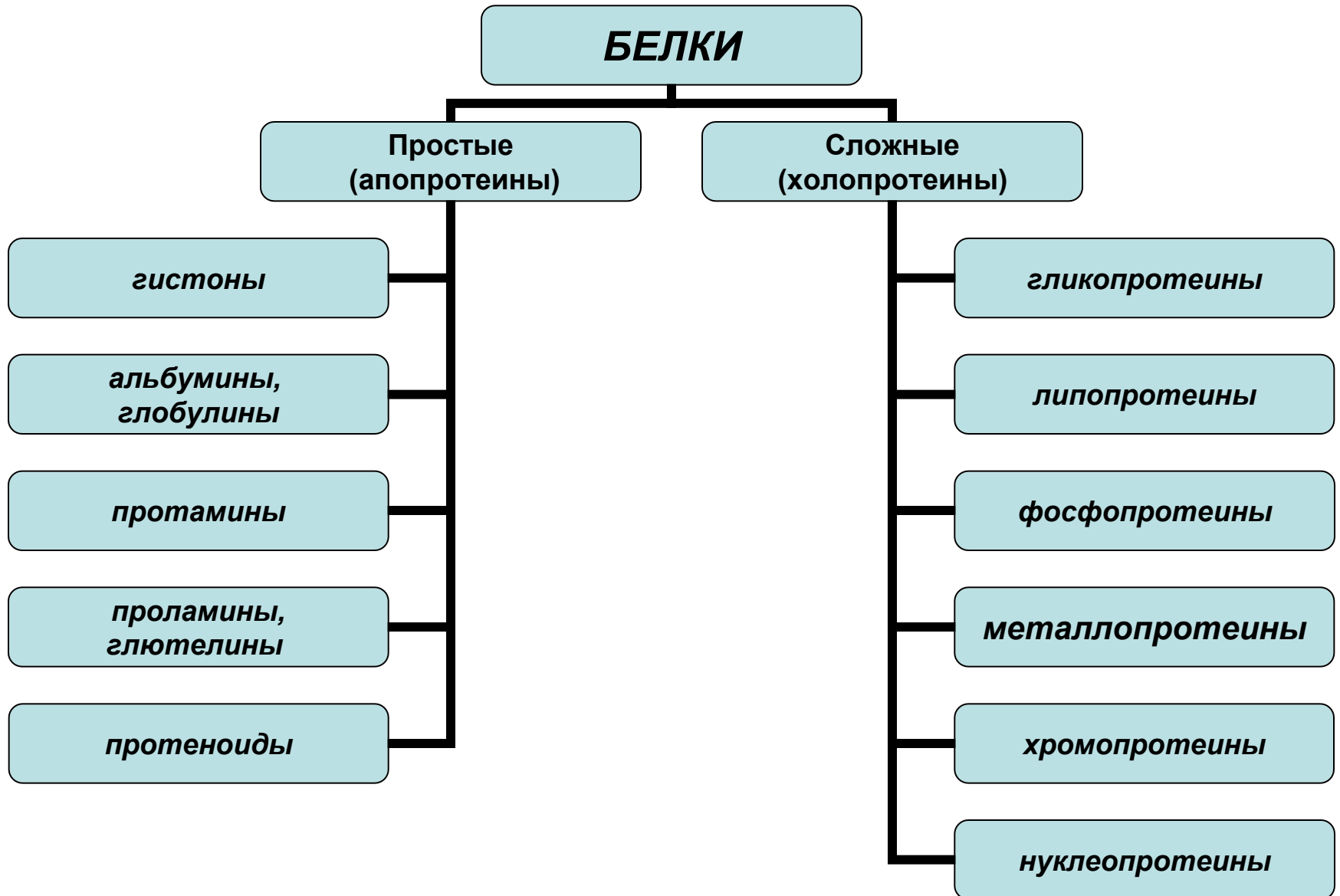
Миозин кролика – 4500

Актомиозин – 50000

Вирус табачной мозаики – 590000

Респираторный вирус – 3230000

КЛАССИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ:



Сложные белки

- 1) хромопротеины
- 2) нуклеопротеины
- 3) липопротеины
- 4) фосфопротеины
- 5) гликопротеины
- 6) металлопротеины

Простые белки – протеины

Состоят только из аминокислот

- 1) гистоны**
- 2) протамины**
- 3) проламины**
- 4) глютелины**
- 5) альбумины**
- 6) глобулины**
- 7) склеропротеины**

ГИСТОНЫ

Белки, входящие в состав хроматина.

У животных выделяют 5 главных типов:

H_1 , H_{2a} , H_{2b} , H_3 , H_4

Молек.масса – 12 - 24 кДа

ИЭТ (pI) – 9 - 12 (основные)

В природе соединены с ДНК.

- 1) Структурная роль: участвуют в «упаковке» ДНК**
- 2) Регуляторная роль: регуляции передачи генетической информации от ДНК к РНК.**

Соотношение в хроматине ДНК : гистоны (1 : 1).

Протамины

Молек. масса – 5 кДа

ИЭТ (pI) – рН 9,0 - 12,0

На 60 – 85 % состоят из

**диаминомонокарбоновых кислот
(аргинин, лизин).**

Содержатся в половых клетках.

**Регулируют скорость биосинтеза
белков.**

Проламины

Белки зерен злаков.

Молек.масса – 28 - 50 кДа.

ИЭТ (pI) – рН 4 - 5.

Содержат 25 – 45% глутаминовой кислоты

Растворимы в спирте.

Образуют клейковину зерна.

Глиадины содержатся в зернах пшеницы и ржи.

Гордеины содержатся в зернах ячменя.

Зеины содержатся в зернах кукурузы.

Авенины содержатся в зернах овса.

Глютелины

Белки зерен.

ИЭТ (pI) - 6 - 8

**Содержание пролина – 10 -15%,
глутаминовой кислоты ~30%.**

**Глютелин (пшеница), оризенин
(рис) и др.**

Альбумины

Молекулярная масса – 66 кДа

ИЭТ (pI) – 4,7 («кислые»)

Содержат мало глицина, но много лейцина.

Хорошо растворимы в воде (гидрофильны).

Осаждаются – при 100% насыщении раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

При электрофорезе перемещаются первыми.

Разновидности:

сывороточный (сероальбумин),
молочный (лактальбумин),
яичный (овоальбумин).

Глобулины

Молек.масса – от 100 кДа до 5 МДа

ИЭТ (pI) - 5,5 - 7,3

Содержат глицина в 3 раза больше, чем у альбумина.

Нерастворимы в воде, но растворимы в слабых солевых растворах.

Осаждаются при полунасыщении раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

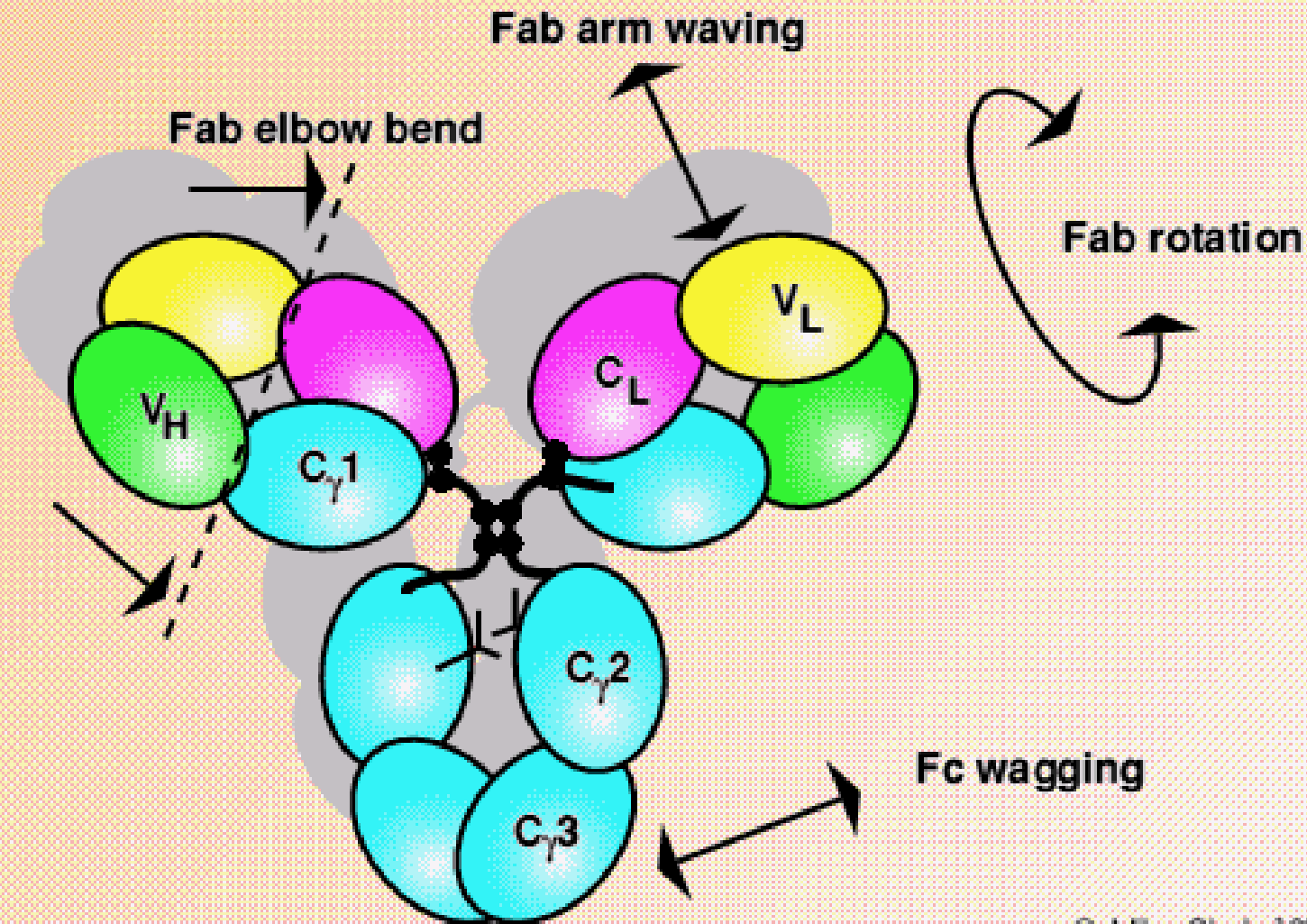
Разновидности: сывороточный, яичный, молочный и др.

При электрофорезе – идут вслед за альбуминами.

Основные фракции: α -, β - и γ - (антитела).

Иммуноглобулины

The IgG Molecule



Склеропротейны

Фибриллярные белки опорных тканей (кости, хрящи, сухожилия, шерсть, копыта).

Растворимость – нерастворимы в воде.

Содержат много серосодержащих аминокислот (цистеин, цистин).

Представители: коллаген, эластин, фиброин, кератин.

Высокая прочность и эластичность.

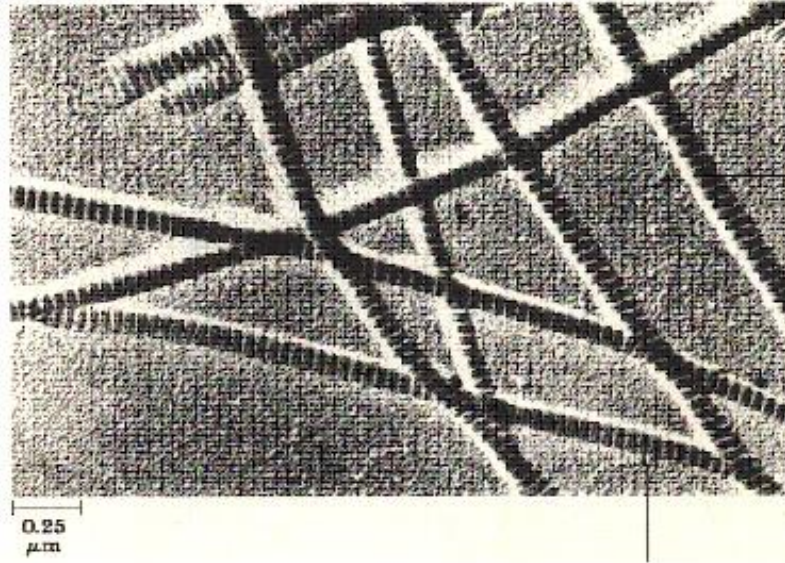
Труднопереваримы.

«Неполноценные» белки

Структура волоса



Структура коллагеновых волокон



Макрофибриллы

Головки тропоколлагеновых молекул

Исчерченность



Схема коллагенового волокна (микрофибрилла)



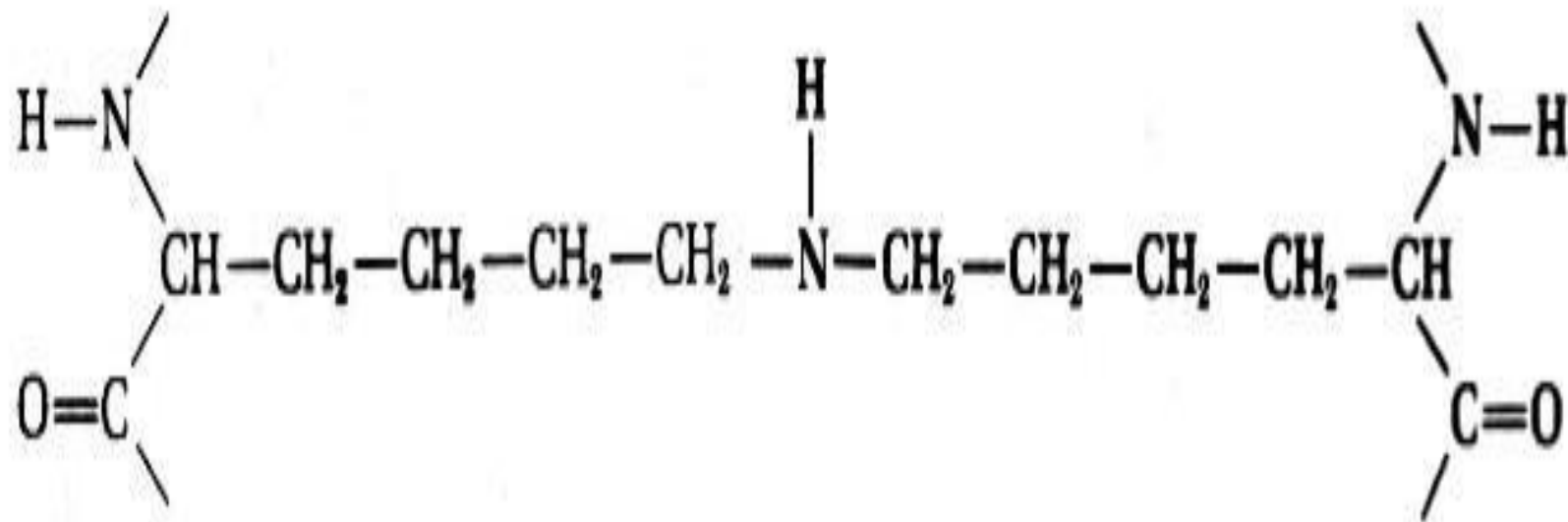
Протофибриллы

Схема объединения 3-х х-цепей тропоколлагеновых молекул

Строение коллагеновой фибриллы



Один из типов поперечных связей между параллельными цепями коллагена



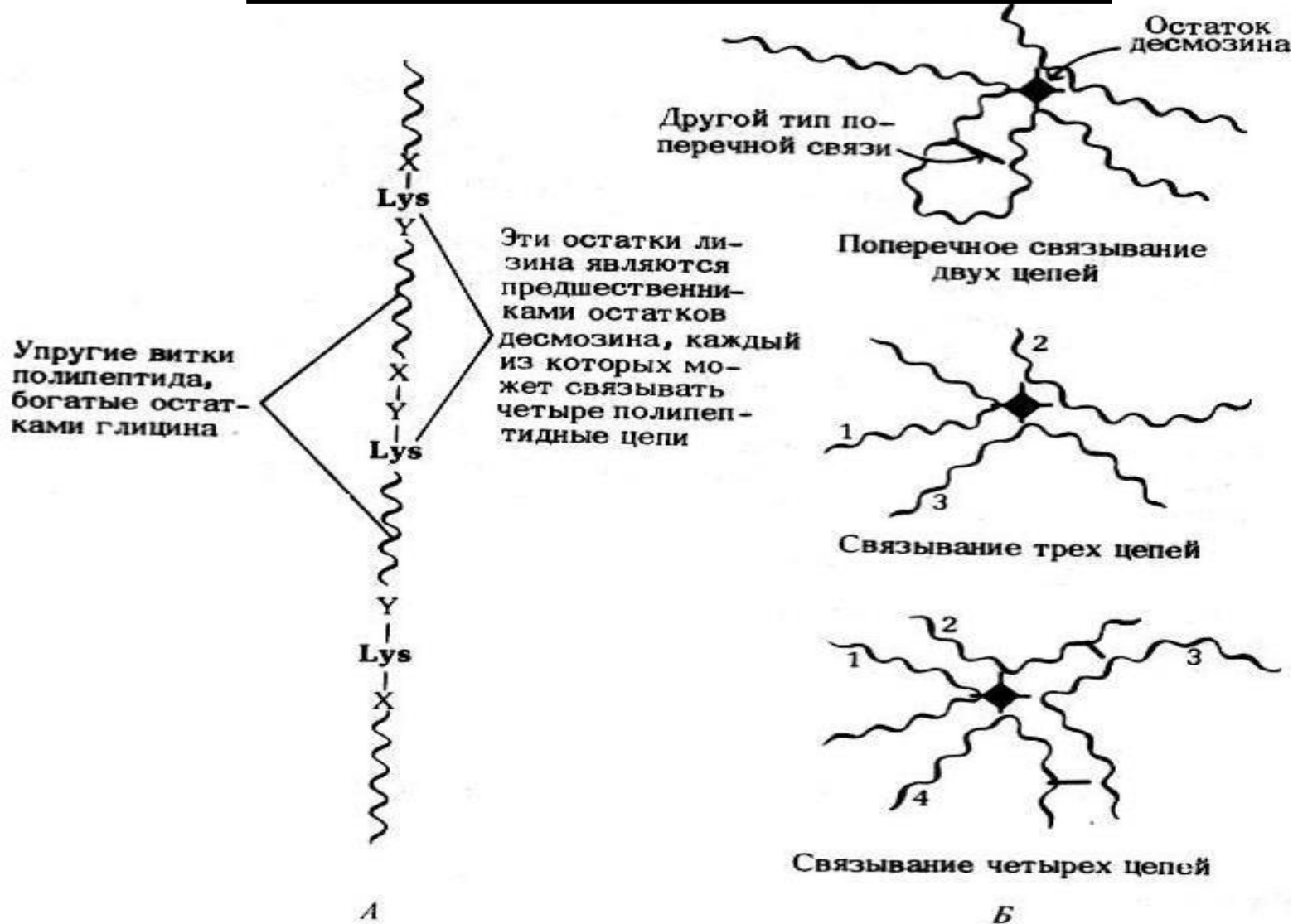
Полипептидная
цепь

Остаток лизина
(минус ε-аминогруппа).

Остаток лизина

Полипептидная
цепь

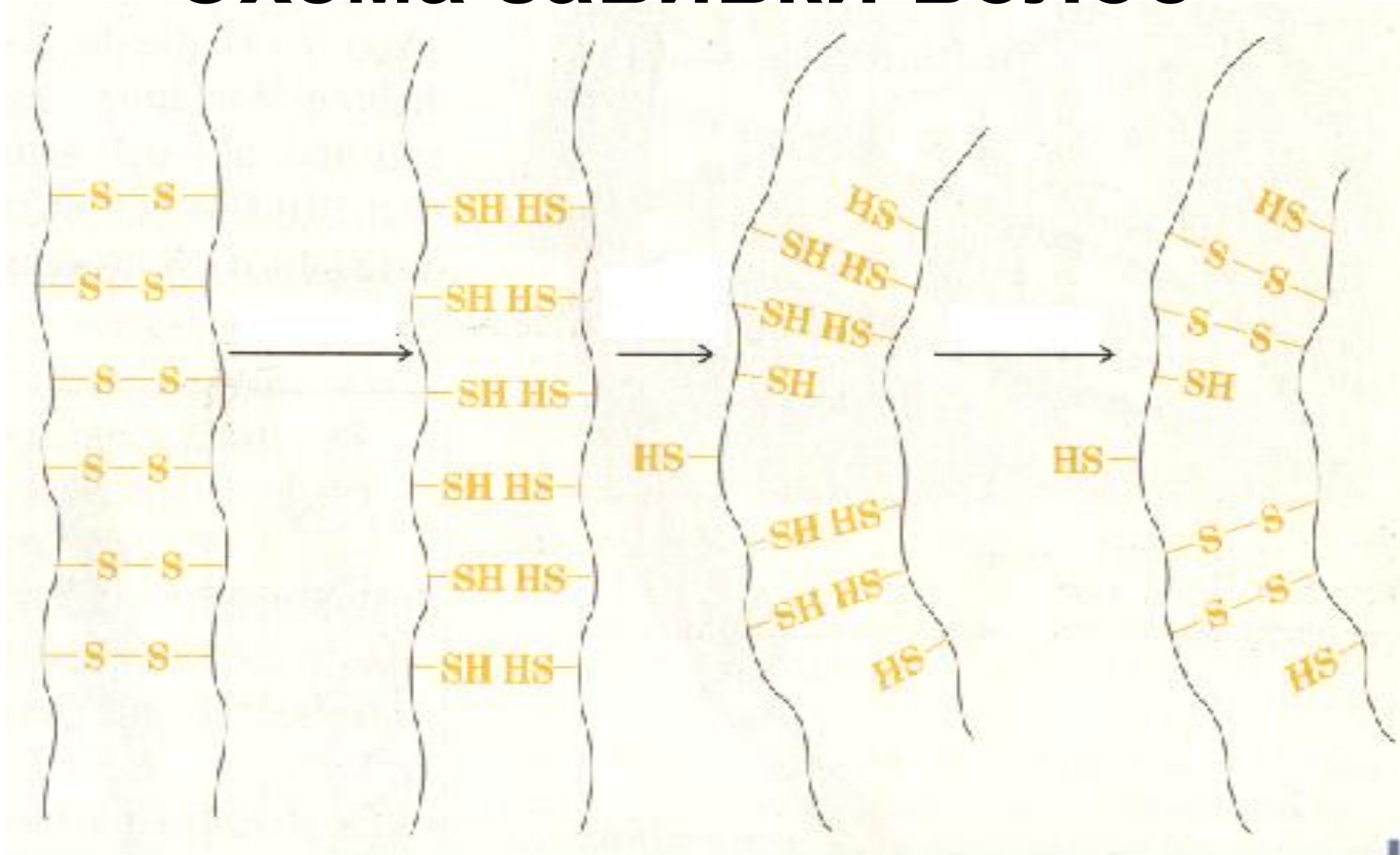
Молекулы тропоэластина, из которых формируется сеть, связанных между собой полипептидных цепей эластина



Вторичная структура и свойства фибриллярных белков

Структура	Характеристики	Примеры
α -Спираль с поперечными связями, образованными остатками цистина	Прочные нерастворимые защитные структуры различной твердости и гибкости	Волосы, перья, ногти
β -Конформация	Мягкие гибкие нити	Шелк
Тройная коллагеновая спираль	Выдерживает высокую нагрузку без растяжения	Сухожилия, костный матрикс
Цепи эластина с поперечными связями, образованными остатками дезмосина	Эластичное растяжение в двух измерениях	Связки

Схема завивки волос



Восстановление

Искривление

Окисление

Сложные белки

- 1) хромопротеины
- 2) нуклеопротеины
- 3) липопротеины
- 4) фосфопротеины
- 5) гликопротеины
- 6) металлопротеины

Сложные протеины

**Простой белок + небелковое вещество
(простетическая группа)**

- 1) хромопротеины
(простой белок + окрашенное вещество)**
- 2) нуклеопротеины
(простой белок + нуклеиновая кислота)**
- 3) липопротеины (простой белок + липид)**
- 4) Фосфопротеины
(простой белок + фосфорная кислота)**
- 5) гликопротеины (простой белок + углевод)**
- 6) Металлопротеины
(простой белок + металл)**

Хромопротеины

Протеин + Небелковое вещество, обуславливающее окраску:

а) гемсодержащие

- *гемоглобин*

- *миоглобин*

- *цитохромы*

- *каталаза*

- *Пероксидаза*

б) флавосодержащие (вит. В₂)
(флавопротеины)

в) ретинолсодержащие (вит. А)

- *родопсин*

Гемоглобин

Молек.масса – 67 - 70 кДа, из них
96 % составляет белок и 4 % - ГЕМ.

Гемоглобин состоит из 4 субъединиц:

2 α цепи из 141 аминокислотного остатка

2 β цепи из 146 аминокислотных остатков

Молекула гемоглобина содержит 4 гема.

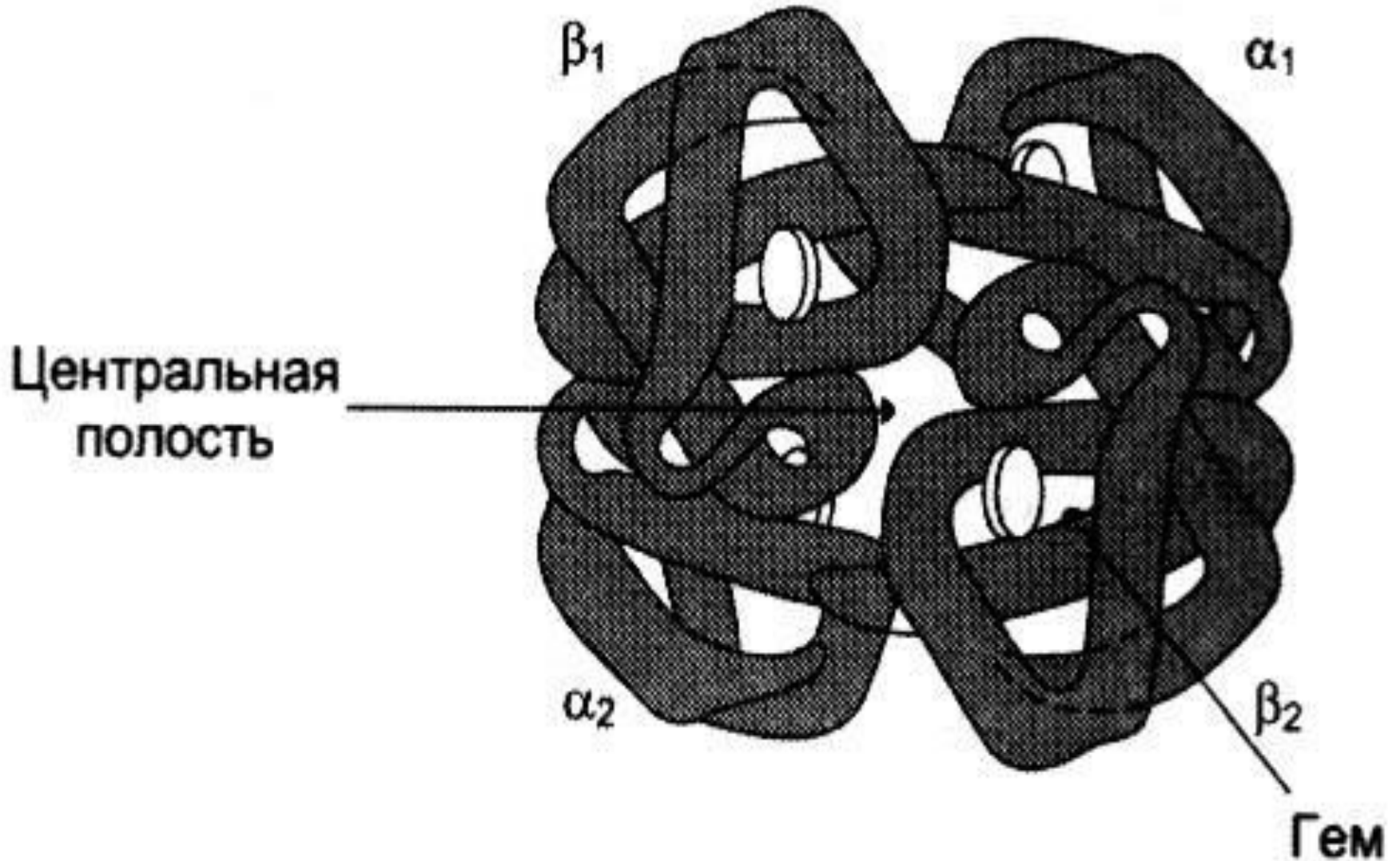
Каждый гем «обернут» одной
полипептидной цепью.

Структура расшифрована Дж. Кендрию и М.
Перутц (Нобелевская премия 1962г.)

Строение гема



Строение гемоглобина



Виды гемоглобина

HbO₂ - оксигемоглобин (Fe²⁺)

HbCO₂ - карбгемоглобин (Fe²⁺)

HbCO - карбоксигемоглобин (Fe³⁺)

HbF³⁺ - метгемоглобин (Fe³⁺)

Молекула CO₂ присоединяется не к ГЕМу, а к NH₂-группе гемоглобина.

Миоглобин

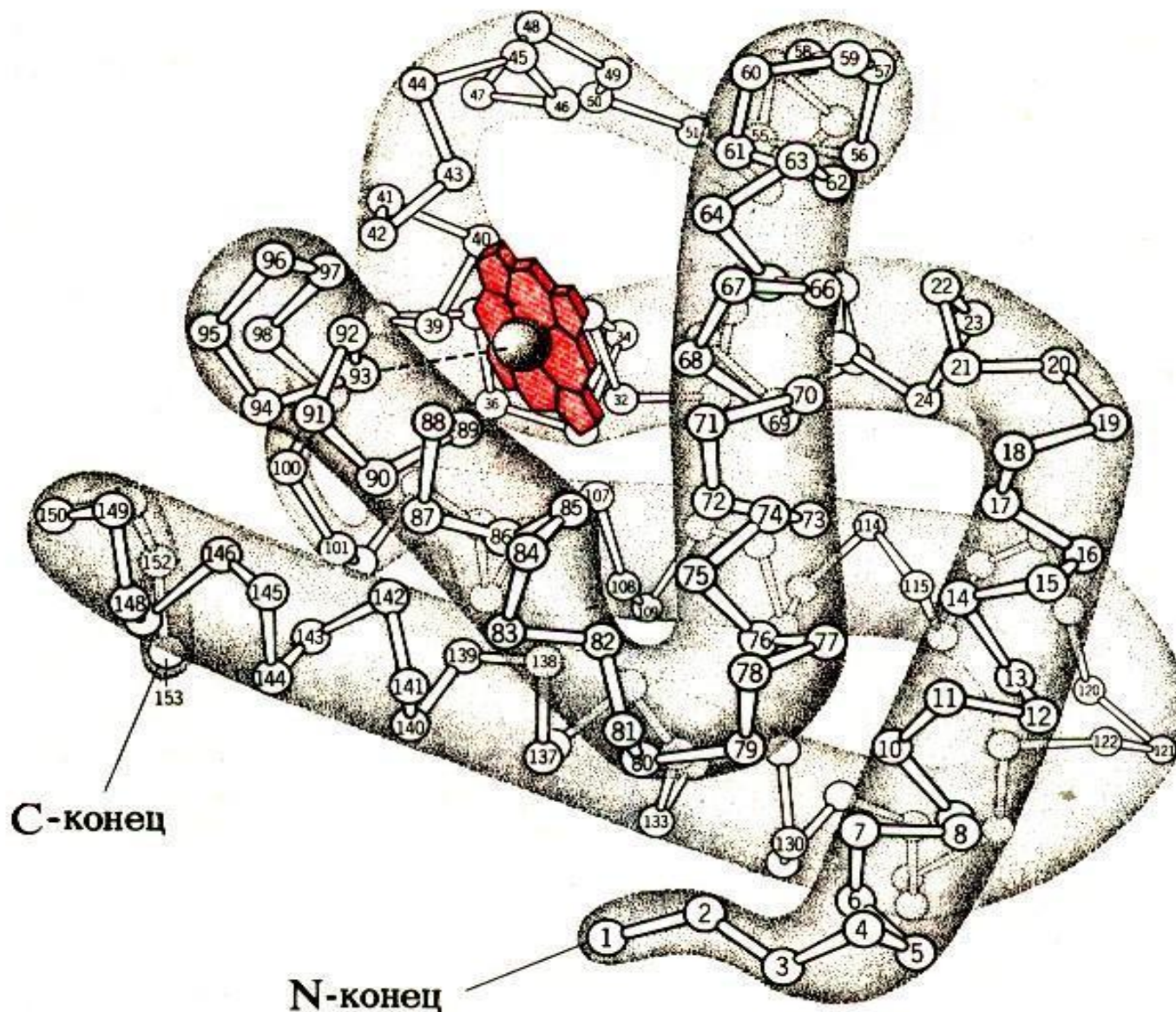
Содержится в красных мышцах.

Молек.масса - 17 кДа

**Содержит 153 аминокислотных
остатка + ГЕМ**

**На 75% состоит из 8 правых α –
спиралей.**

Третичная структура миоглобина



Гемсодержащие ферменты

Цитохромы

Переносчики электронов в дыхательной цепи митохондрий.

Различают семейства: a, b, c, а в них – разновидности: a_1 , a_3 и т.д.

Они отличаются величиной окислительно-восстановительного потенциала.

Цитохромоксидаза (цитохром а3)

Конечный компонент дыхательной цепи.

Переносит электроны на кислород.

Молек.масса – 12 - 14 кДа

Содержит Fe и Cu.

Нуклеопротеины

Протеины

+

Нуклеиновые кислоты

гистоны

негистоновые белки

протамины

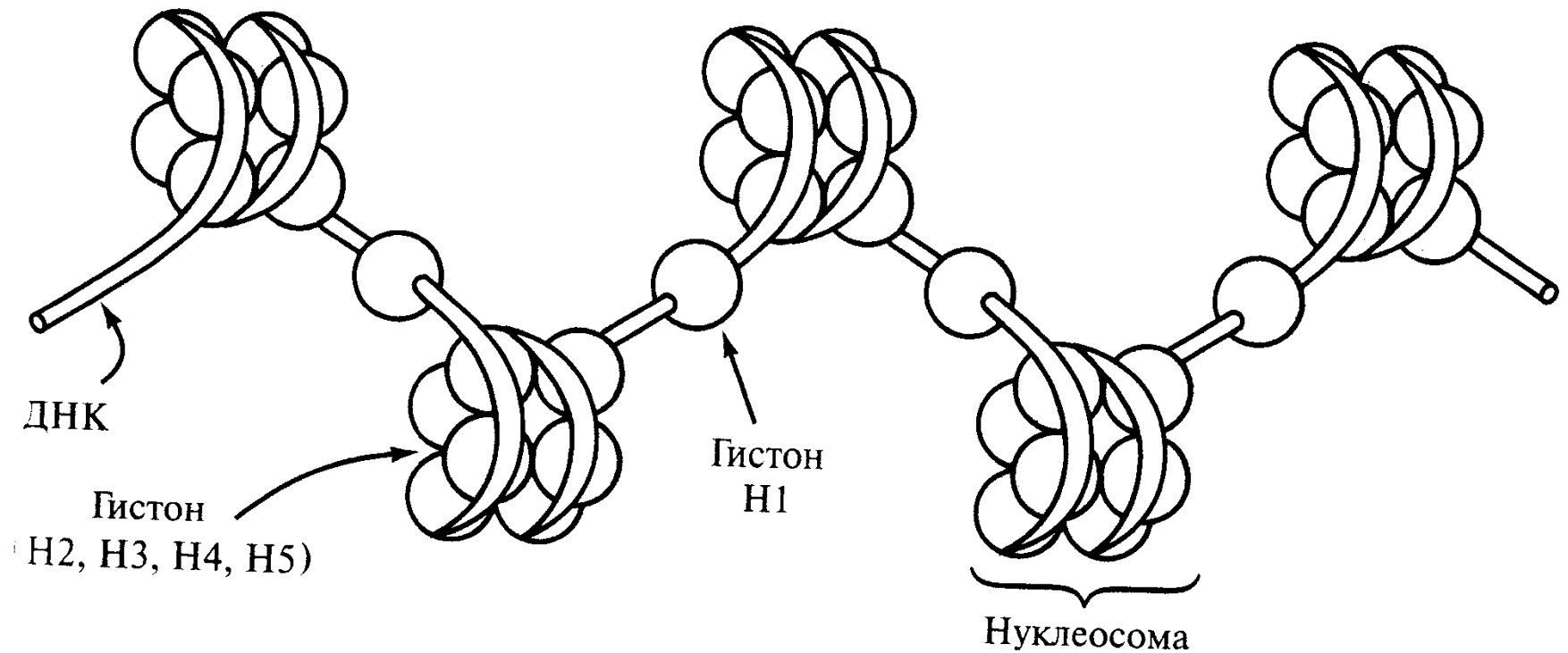
ДНК

РНК

ДНП - ДезоксирибоНуклеоПротеины

РНП - РибоНуклеоПротеины

Трети́чная структура ДНП эукариот



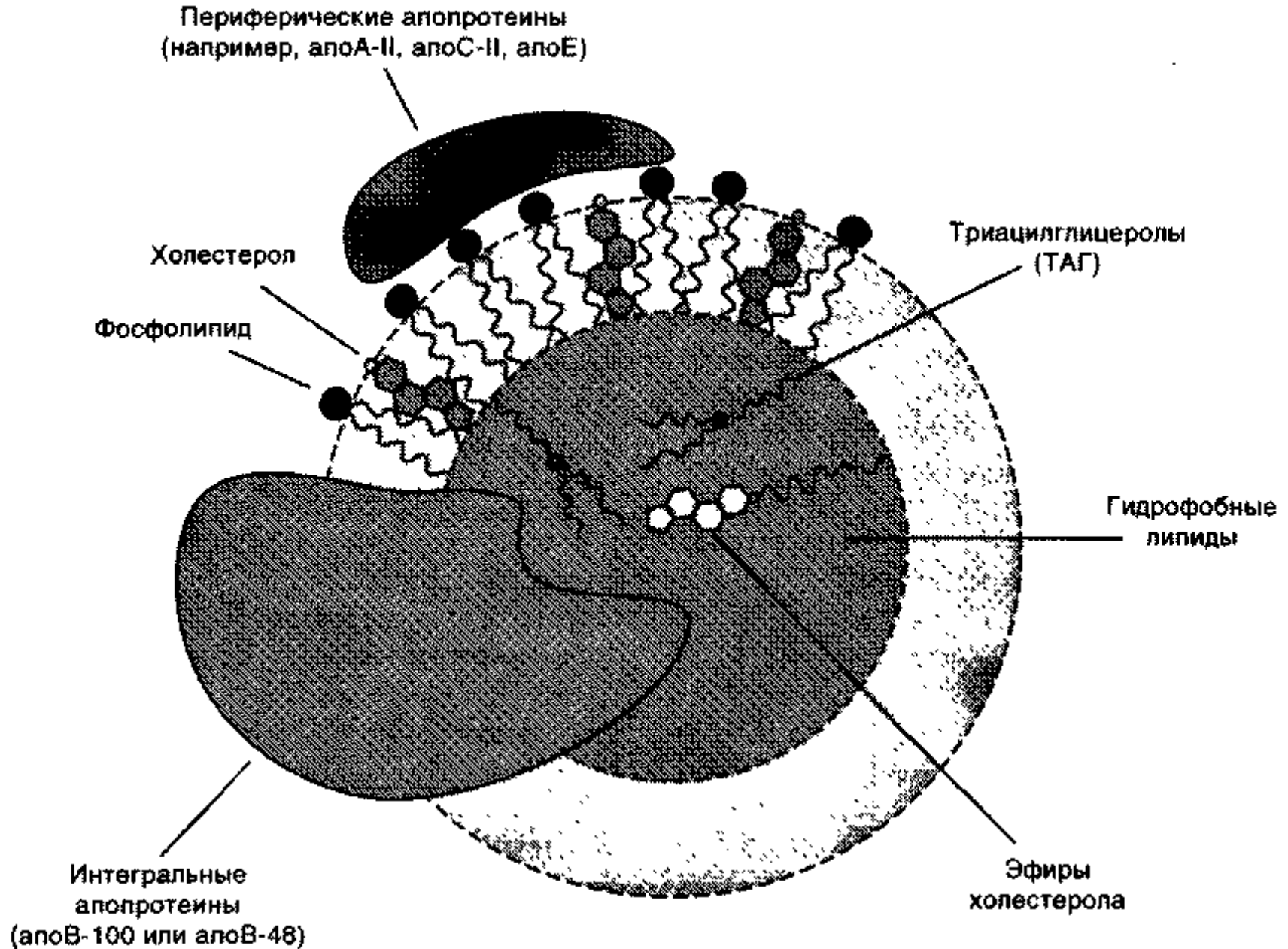
Липопротейны

(простой белок + липид)

Липиды в водной среде (а значит, и в крови) нерастворимы, поэтому для транспорта липидов кровью в организме образуются комплексы липидов с белками — липопротейны.

Все типы липопротейнов имеют сходное строение — гидрофобное ядро и гидрофильный слой на поверхности. Гидрофильный слой образован белками, которые называют апопротейнами, и амфифильными молекулами липидов — фосфолипидами и холестеролом. Гидрофильные группы этих молекул обращены к водной фазе, а гидрофобные части — к гидрофобному ядру липопротейна, в котором находятся транспортируемые липиды.

Лipopротейны плазмы крови



Липопротеины

В организме синтезируются следующие типы липопротеинов:

- 1. хиломикроны (ХМ)**
- 2. липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП)**
- 3. липопротеины промежуточной плотности (ЛППП)**
- 4. липопротеины низкой плотности (ЛПНП)**
- 5. липопротеины высокой плотности (ЛПВП).**

Каждый из типов ЛП образуется в разных тканях и транспортирует определённые липиды. Например, ХМ транспортируют экзогенные (пищевые жиры) из кишечника в ткани, поэтому триацилглицеролы составляют до 85% массы этих частиц.

Лipopотеины — транспортные формы липидов

Типы липо-протеинов	Хиломикроны (ХМ)	ЛПОНП	ЛППП	ЛПНП	ЛПВП
Состав, %					
Белки	2	10	11	22	50
ФЛ (фоcсофлипиды)	3	18	23	21	27
ХС (холестерол)	2	7	8	8	4
ЭХС	3	10	30	42	16
ТАГ (триацилглицеролы)	85	55	26	7	3
Функции	Транспорт липидов из клеток кишечника (экзогенных липидов)	Транспорт липидов, синтезируемых в печени (эндогенных липидов)	Промежуточная форма превращения ЛПОНП в ЛПНП под действием фермента ЛП-липазы	Транспорт холестерина в ткани	Удаление избытка холестерина из клеток и других липопротеинов. Донор апопротеинов А, С-II
Место образования	Эпителий тонкого кишечника	Клетки печени	Кровь	Кровь (из ЛПОНП и ЛППП)	Клетки печени — ЛПВП-предшественники
Плотность, г/мл	0,92-0,98	0,96-1,00		1,00-1,06	1,06-1,21
Диаметр частиц, нМ	Больше 120	30-100		21-100	7-15
Основные аполипотеины	В-48 С-II Е	В-100 С-II Е	В-100 Е	В-100	А-I С-II Е

Примечания: ФЛ — фосфолипиды; ХС — холестерол; ЭХС — эфиры холестерола; ТАГ — триацилглицеролы.

Функции апопротеинов

- В-48 — основной белок ХМ,
- В-100 — основной белок ЛПОНП, ЛПНП, ЛППП, взаимодействует с рецепторами ЛПНП;
- С-II — активатор ЛП-липазы, переносится с ЛПВП на ХМ и ЛПОНП в крови;
- Е — взаимодействует с рецепторами ЛПНП;
- А-I — активатор фермента лецитин:холестеролацилтрансферазы (ЛХАТ).

Фосфопротеины

(Белок + остаток фосфорной кислоты)

Представители:

- **Казеиноген (молока)**
- **Ововиттелин желтка яйца**
- **Фосвитин**
- **Ихтуллин икры рыб**

Гликопротеины

(простой белок + углевод)

- фибриноген (свертывание крови)
- муцины (структура слизистых, предохранение их от самопереваривания)
- мукоиды (смазывающие вещества суставной жидкости) и др.
- иммуноглобулины (гликопротеины).

Функции гликопротеинов:

- 1. Свертываемость – протромбин, фибриноген.**
- 2. Смазочные и защитные вещества – муцины, слизистые секреты.**
- 3. Транспорт витаминов, липидов, минералов.**
- 4. Иммунитет – иммуноглобулины.**
- 5. Ферменты – холинэстераза, рибонуклеаза В.**
- 6. Клеточные контакты.**
- 7. Рецепторы.**
- 8. Гормоны – гонадотропин, кортикотропин.**
- 9. Повышает термостабильность.**

Образование гликопротеинов

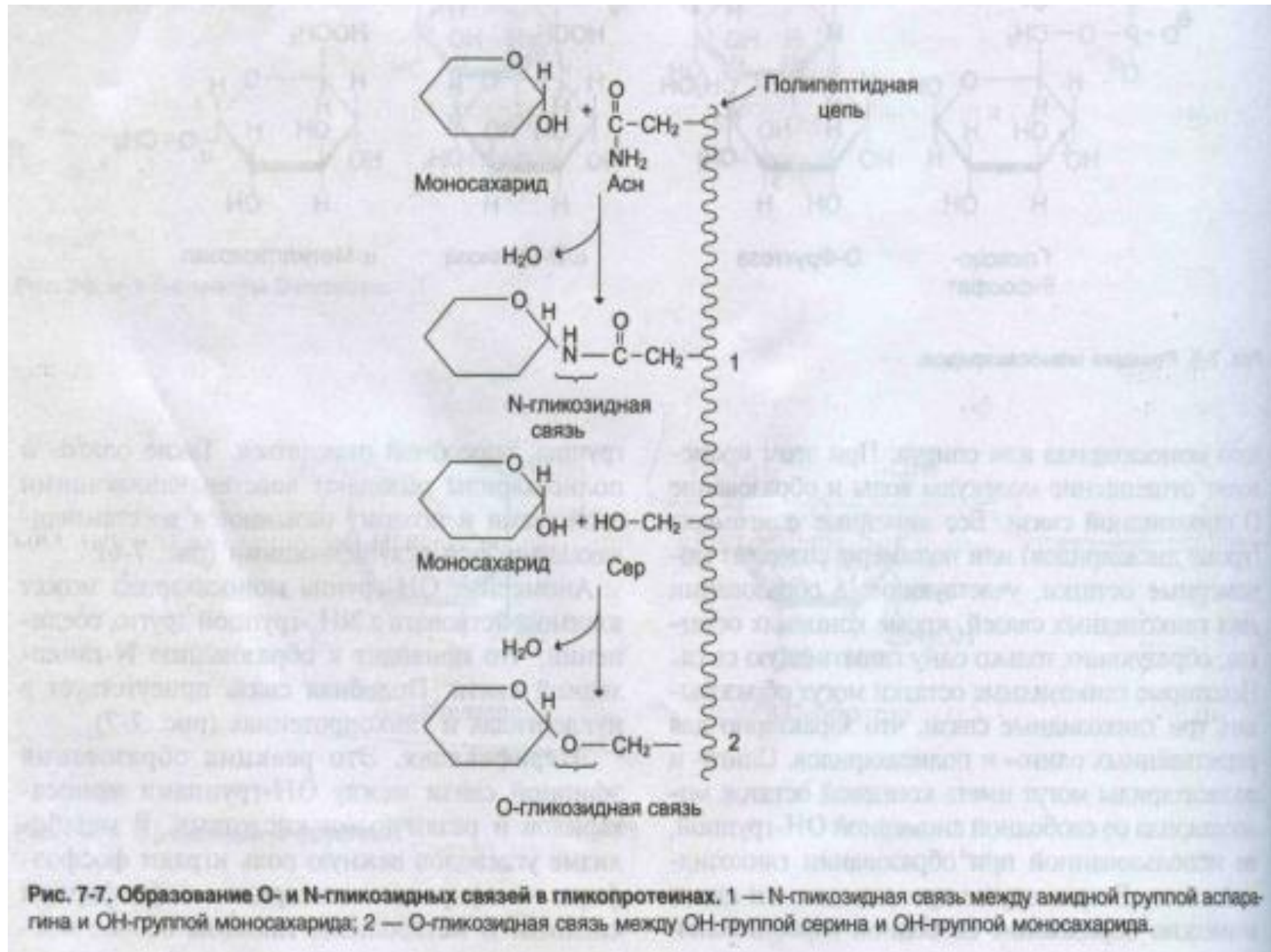


Рис. 7-7. Образование O- и N-гликозидных связей в гликопротеинах. 1 — N-гликозидная связь между амидной группой аспарагина и OH-группой моносахарида; 2 — O-гликозидная связь между OH-группой серина и OH-группой моносахарида.

Протеогликаны

- Если белковая часть составляет меньше 50% массы молекулы, а углеводная часть больше 50% - это **протеогликаны.**

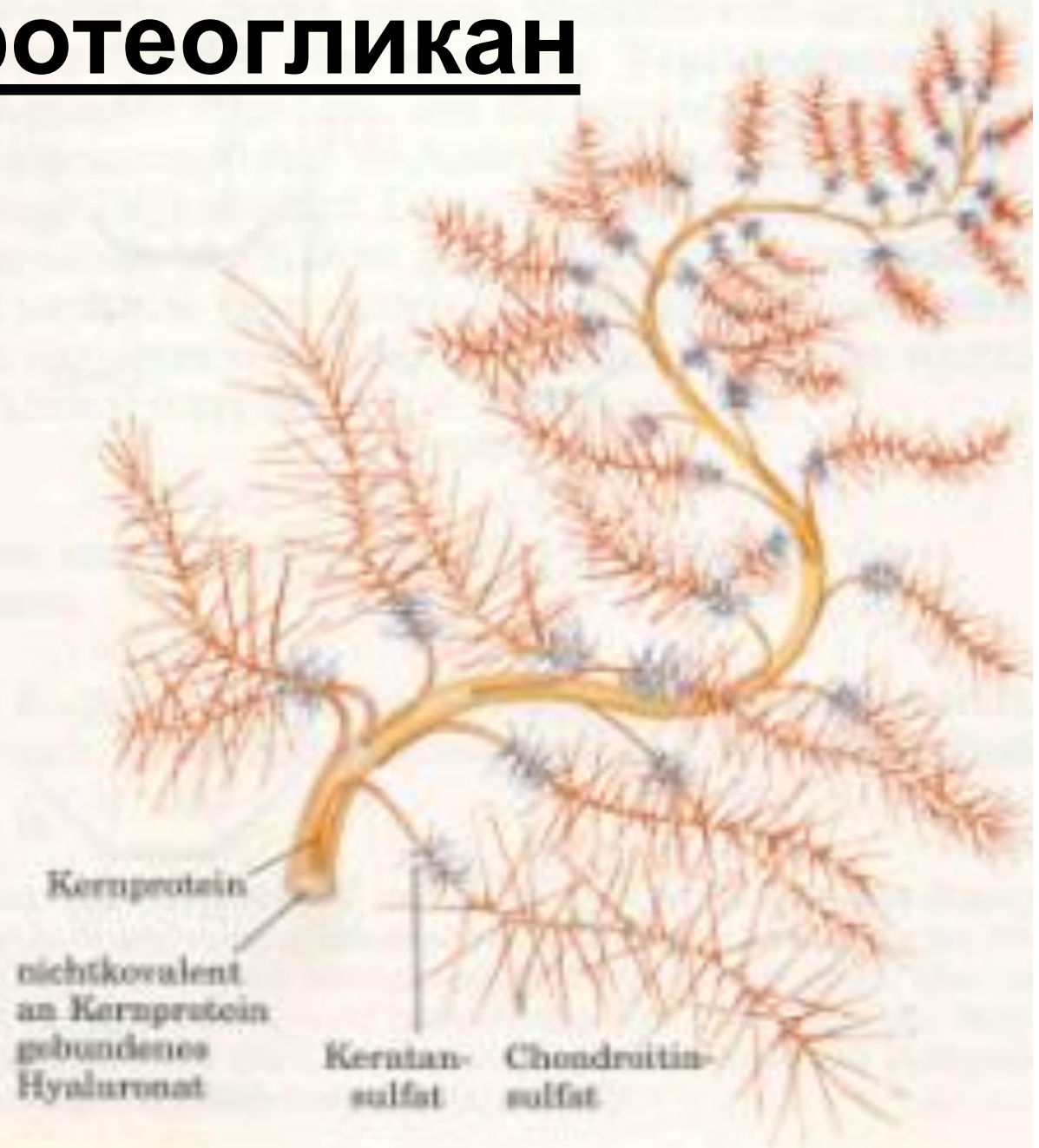
Протеогликаны

Протеогликаны (мукополисахариды, гликозаминогликаны) – высокомолекулярные углеводно-белковые соединения. Образуют основную массу межклеточного матрикса соединительной ткани. Составляют до 30% сухой массы.

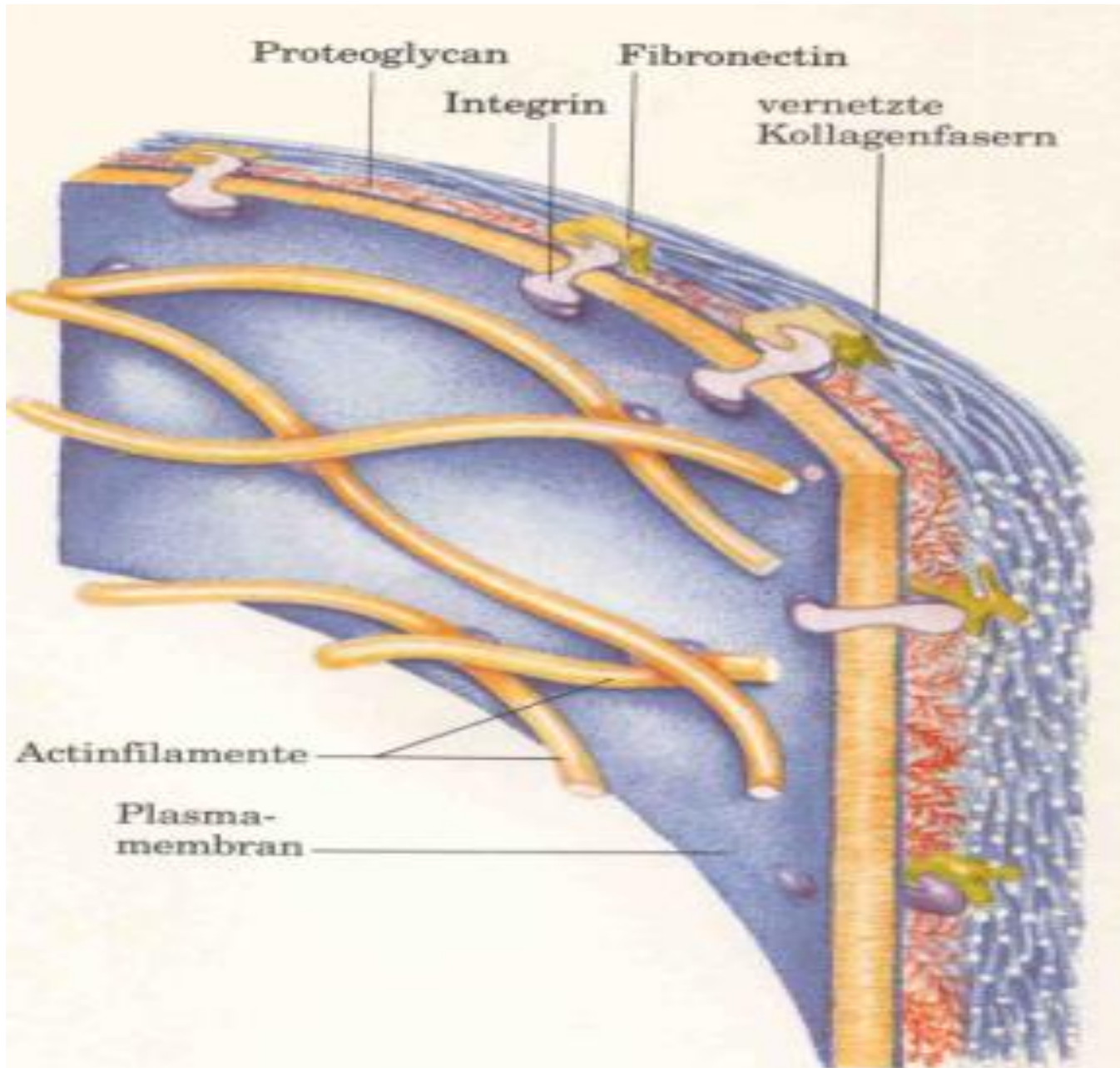
Линейные полимеры, построенные из повторяющихся дисахаридных единиц. Всегда связаны с белками.

Состоят из остатков глюкозамина (либо галактозамина) и остатков D-глюкуроновой (либо L-идуроновой) кислот. Например, гиалуроновая кислота (образование геля), хондроитинсульфат, дерматансульфат, кератинсульфат, гепарин и др.

Протеогликан



Строение экстрацеллюлярного матрикса



Металлопротеины

(Белок + металл)

Функции:

Способ удержания и защиты от осадка.

Теряют токсичность.

Обеспечивают ферментативную активность.

Представители:

- Церулоплазмин – белок + Cu
- Карбоангидраза – белок + Zn
- Лактатдегидрогеназа – белок + Zn
- Ферритин – белок + Fe (23% - депо железа), масса 445000. 24 субъединицы. Связывает до 2000 остатков Fe на 1 молекулу.
- Трансферин – белок + Fe³⁺ - резервный белок.

Функции белков.

- **Каталитическая – ферменты**
- **Пластическая – структурные белки**
- **Регуляторная – гормоны, ферменты**
- **Сократительная – белки мышц и цитоскелета**
- **Защитная – иммуноглобулины**
- **Энергетическая – отслужившие белки**
- **Рецепторная – некоторые белки мембран**
- **Транспортная – белки крови, белки мембран.**
- **Гистосовместимость – некоторые белки мембран.**
- **И др.**

В организме животных белков - 18-21%, у растений – 0,01-15%