

**Аппарат Гольджи** — это стопка из плоских мембранных цистерн, в каждой из которых — свой набор ферментов. Коатомерные пузырьки вливаются в цистерну на цис-стороне. Их содержимое проходит через все цистерны с помощью пузырькового транспорта и затем в составе транспортного пузырька выходит из транс-цистерны.

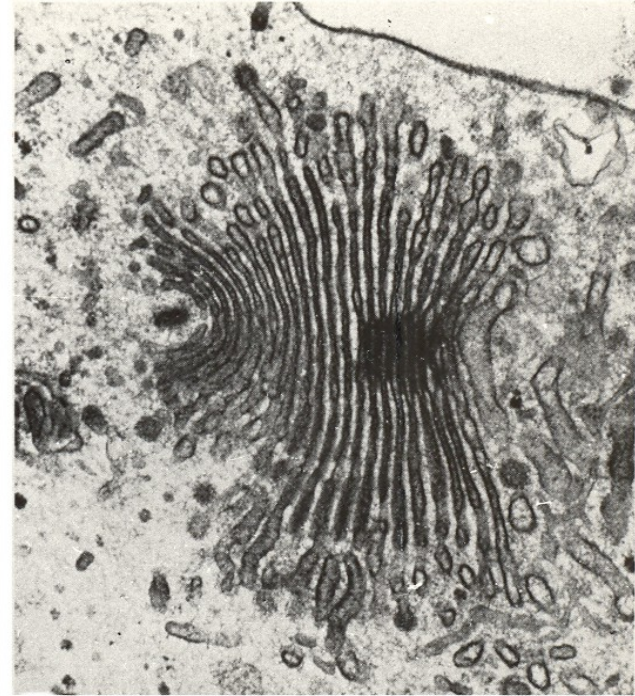
**Цис-сторона**



**Транс-сторона**

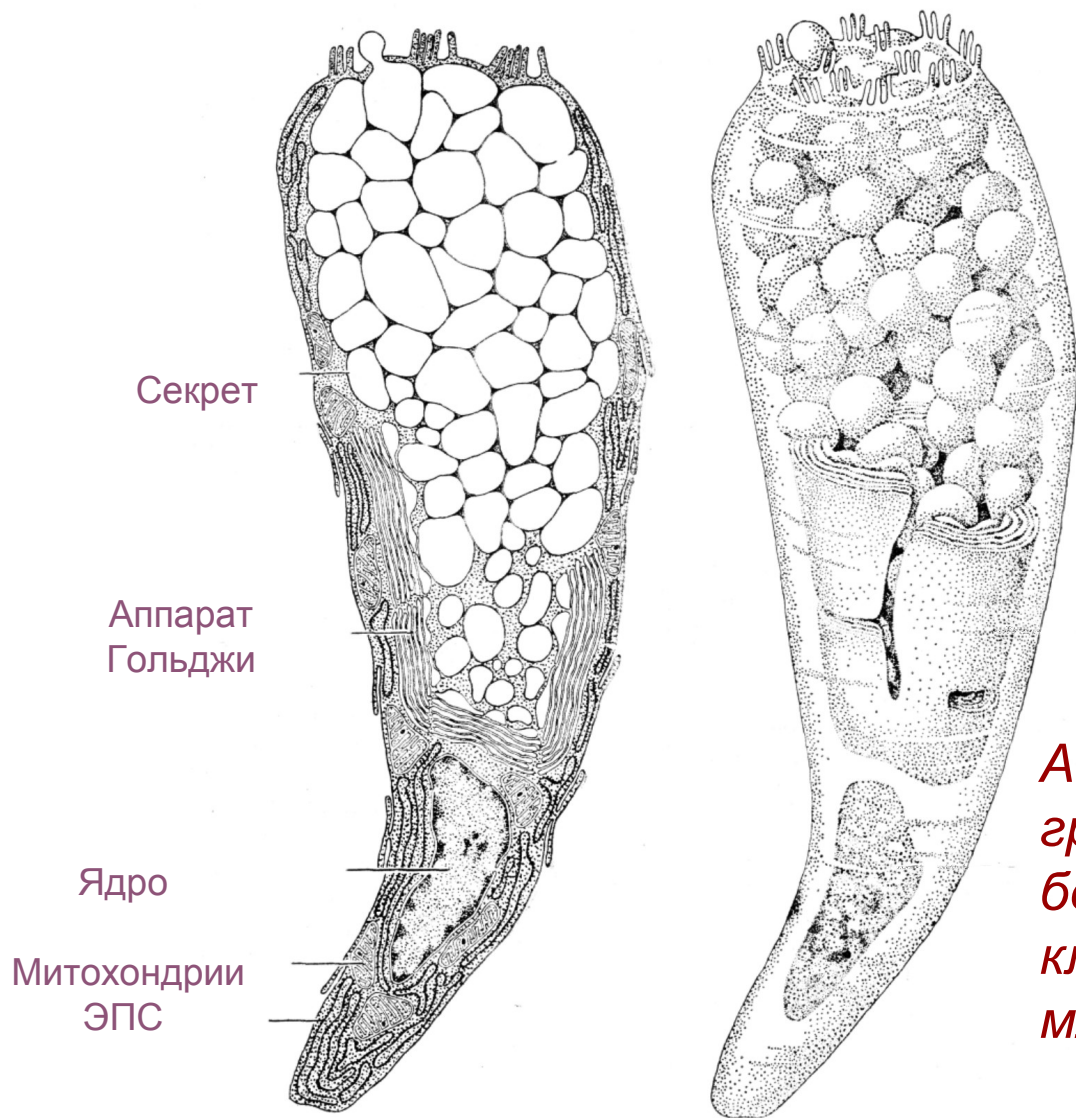


*Диктиосомы  
аппарата  
Гольджи*



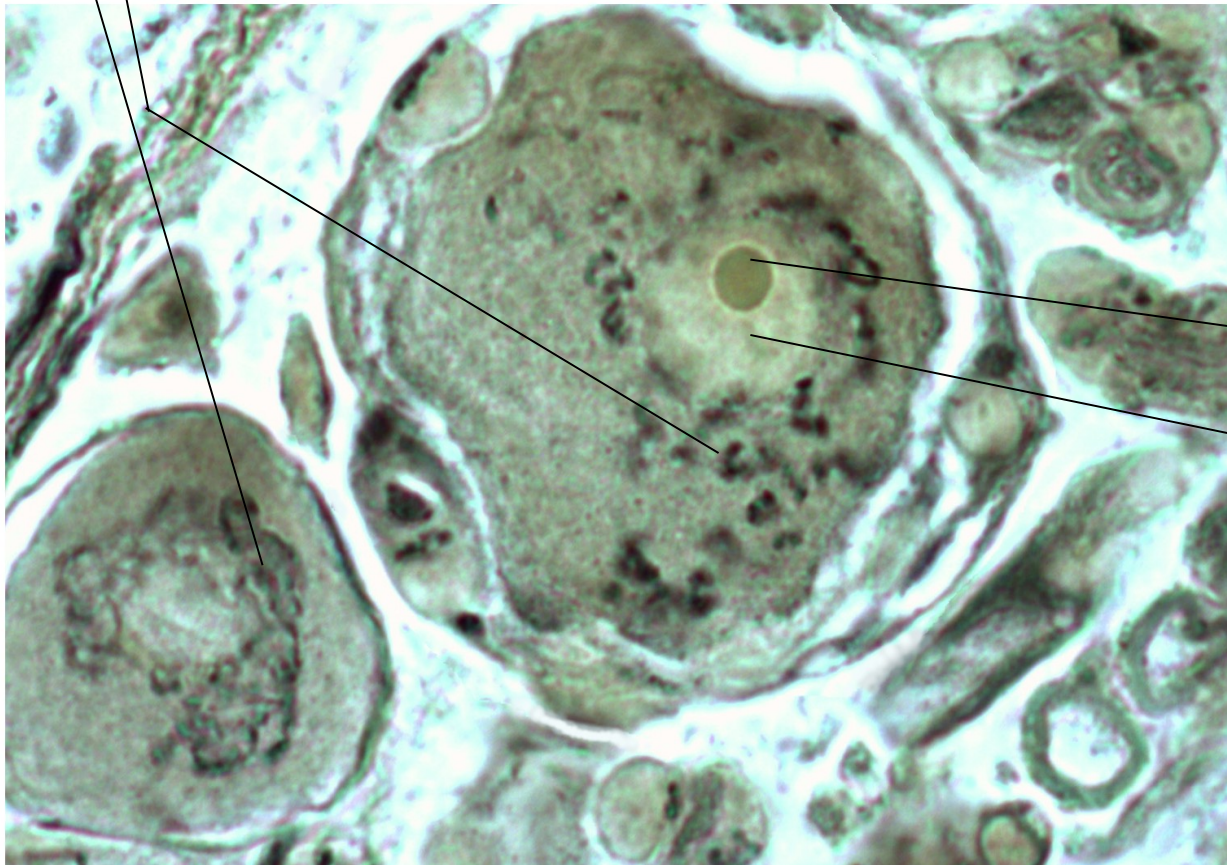
*Аппарат Гольджи  
инфузории с плотным  
материалом  
между цистернами*

Стопка цистерн аппарата Гольджи может быть одна или их может быть много, Тогда их называют: «диктиосомы аппарата Гольджи» .



*Аппарат Гольджи и гранулы секрета в бокаловидной клетке кишечника млекопитающего*

Мембраны аппарата Гольджи в нервных клетках  
спинального ганглия млекопитающего

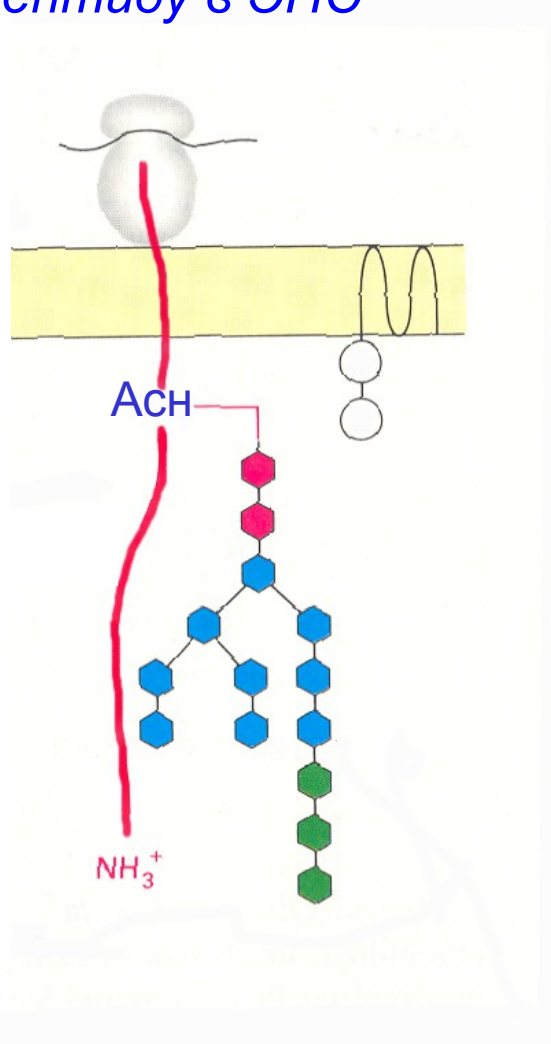


Ядрышко

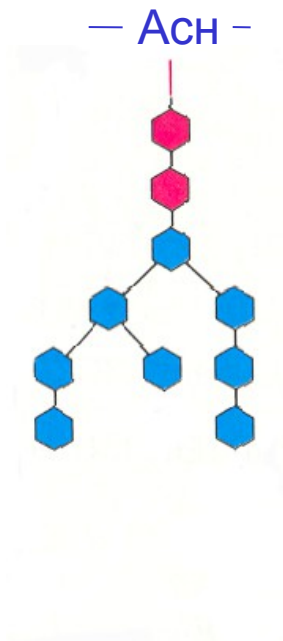
Ядро

# Перед отправлением в аппарат Гольджи происходит частичное дегликозилирование гликопептида.

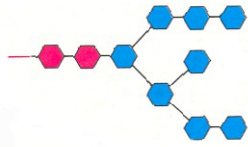
*Такой олигосахар пришивается к полипептиду в ЭПС*



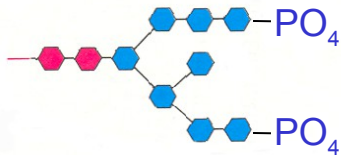
*С таким сахаром полипептид выходит из ЭПС и в коатомерном пузырьке переносится в аппарат Гольджи.*



Олигосахариды в составе ферментов будущих лизосом получают фосфатные группы. Они пришиваются к маннозам.

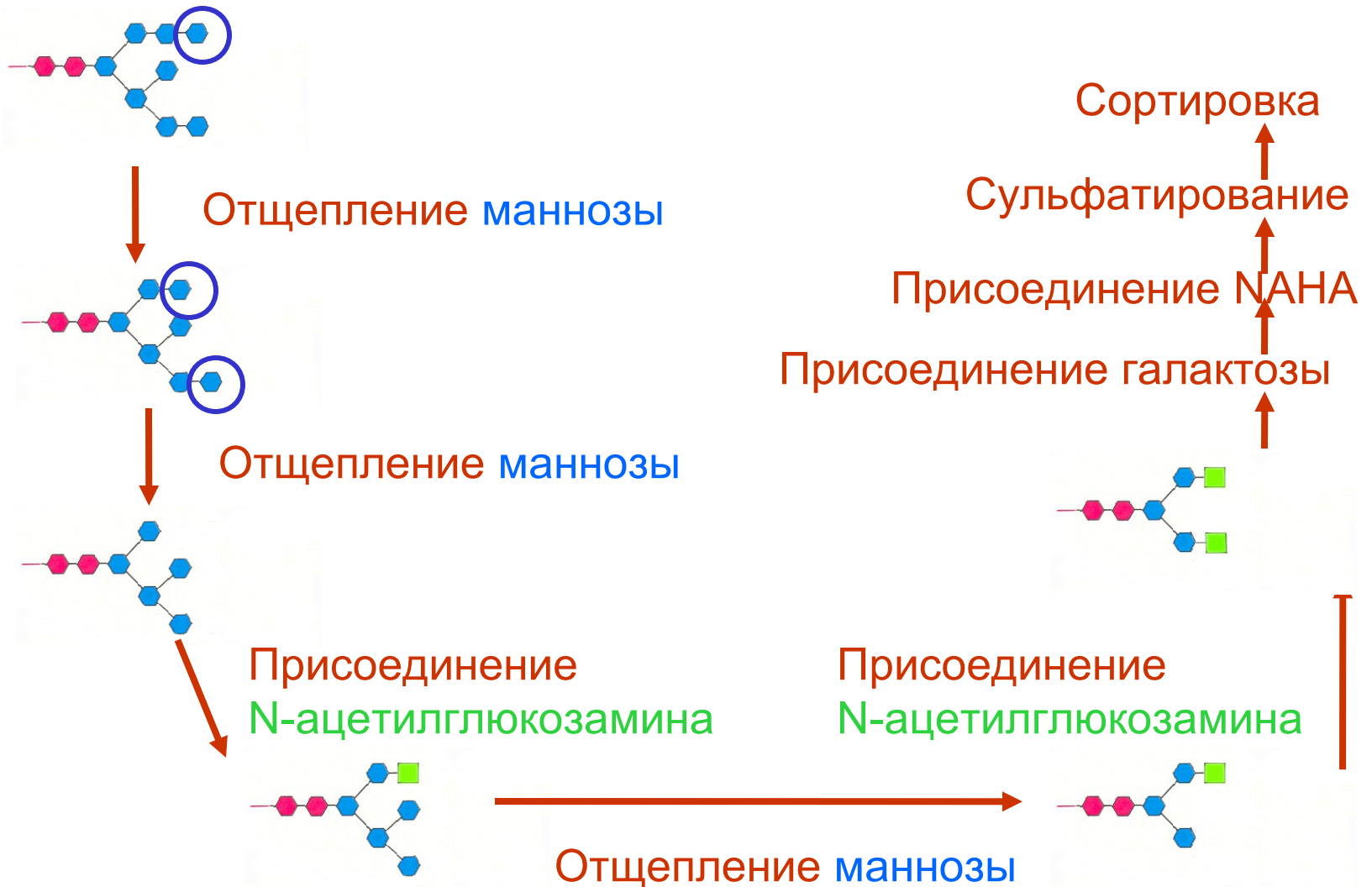


Фосфорилирование маннозы

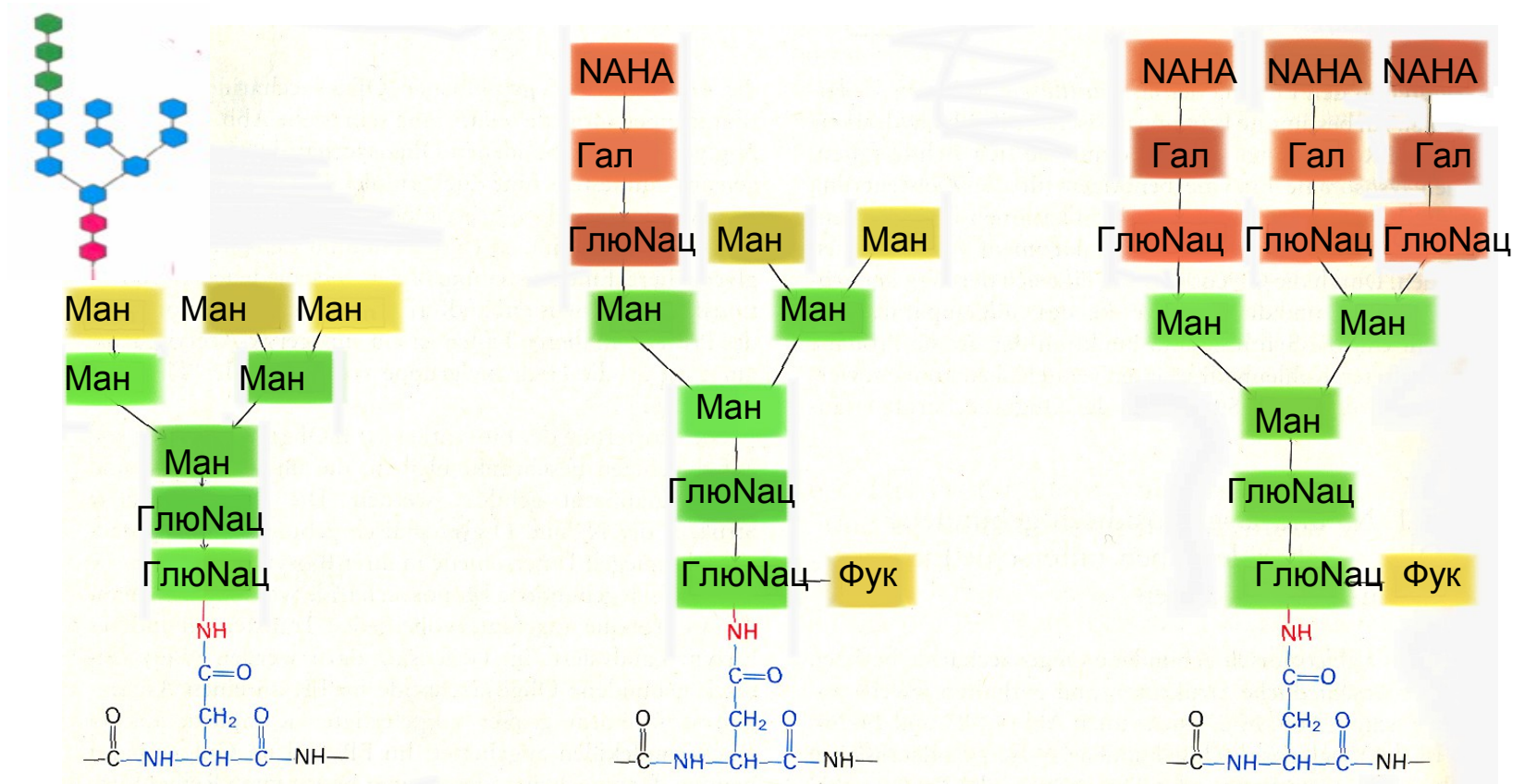


С такими сахарами гликопептиды проходят через все цистерны аппарата Гольджи, присоединяются к рецепторам, попадают в клатриновые пузырьки и затем  
- в **ЛИЗОСОМЫ**

Гликопептиды секрета и внеклеточного вещества в аппарате Гольджи модифицируются иначе.

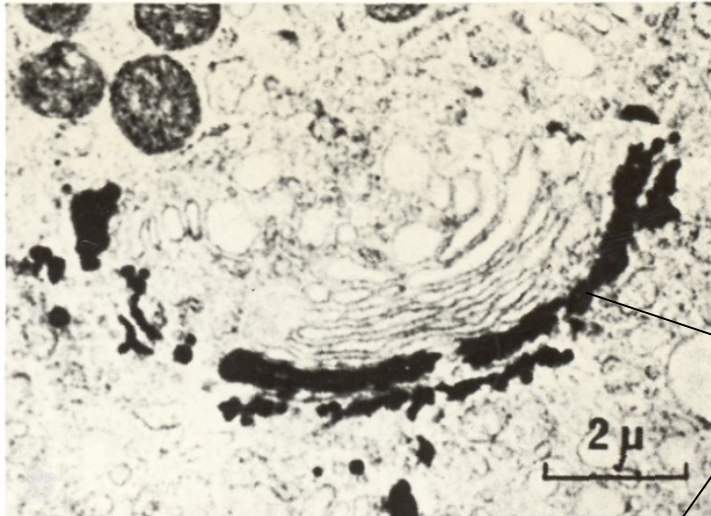


# В разных клетках у различных гликопептидов олигосахара могут отличаться

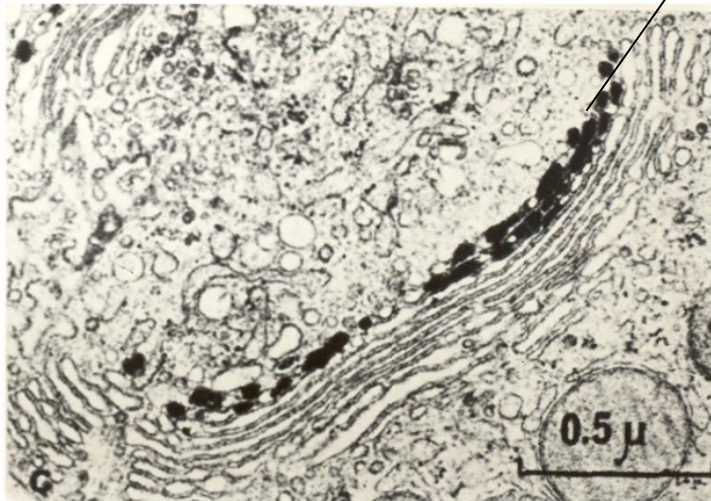




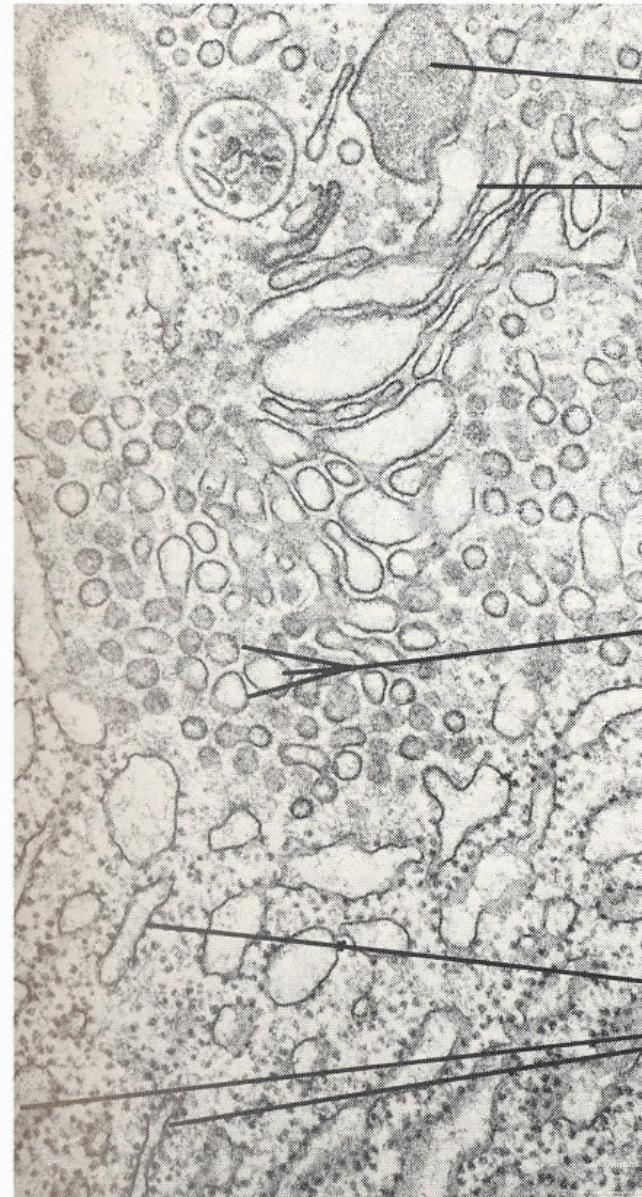
**Различные цистерны  
аппарата Гольджи  
содержат разные  
ферменты**



Маркеры на разные ферменты в аппарате Гольджи (разные срезы одной клетки)



Гладкая  
эндоплазматическая сеть  
— трубчатая, без  
рецепторов для рибосом



Секреторная  
гранула

Аппарат  
Гольджи

Гладкая ЭПС

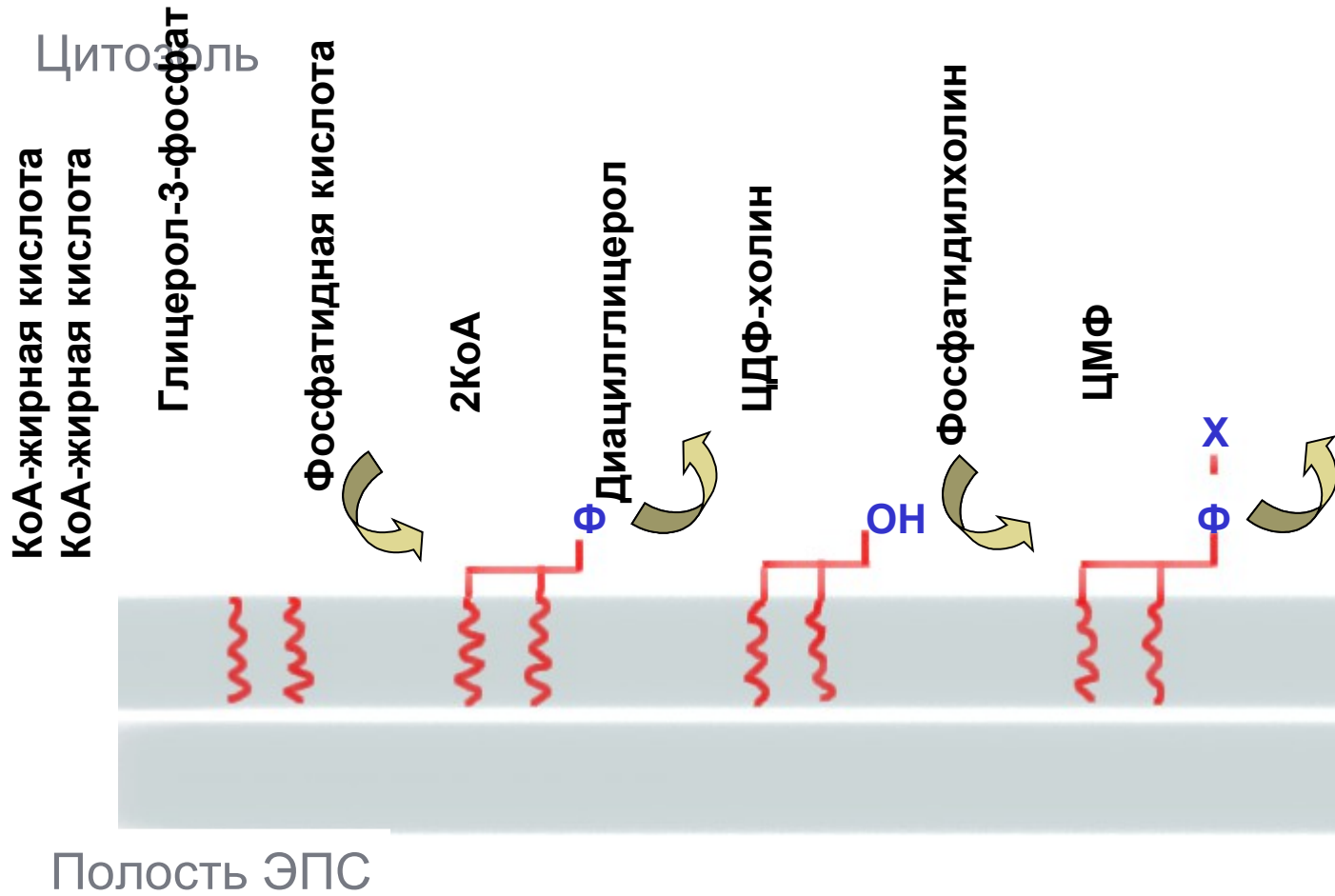
Шероховатая  
ЭПС

0.5  $\mu\text{m}$

## На мембранах гладкой ЭПС происходит:

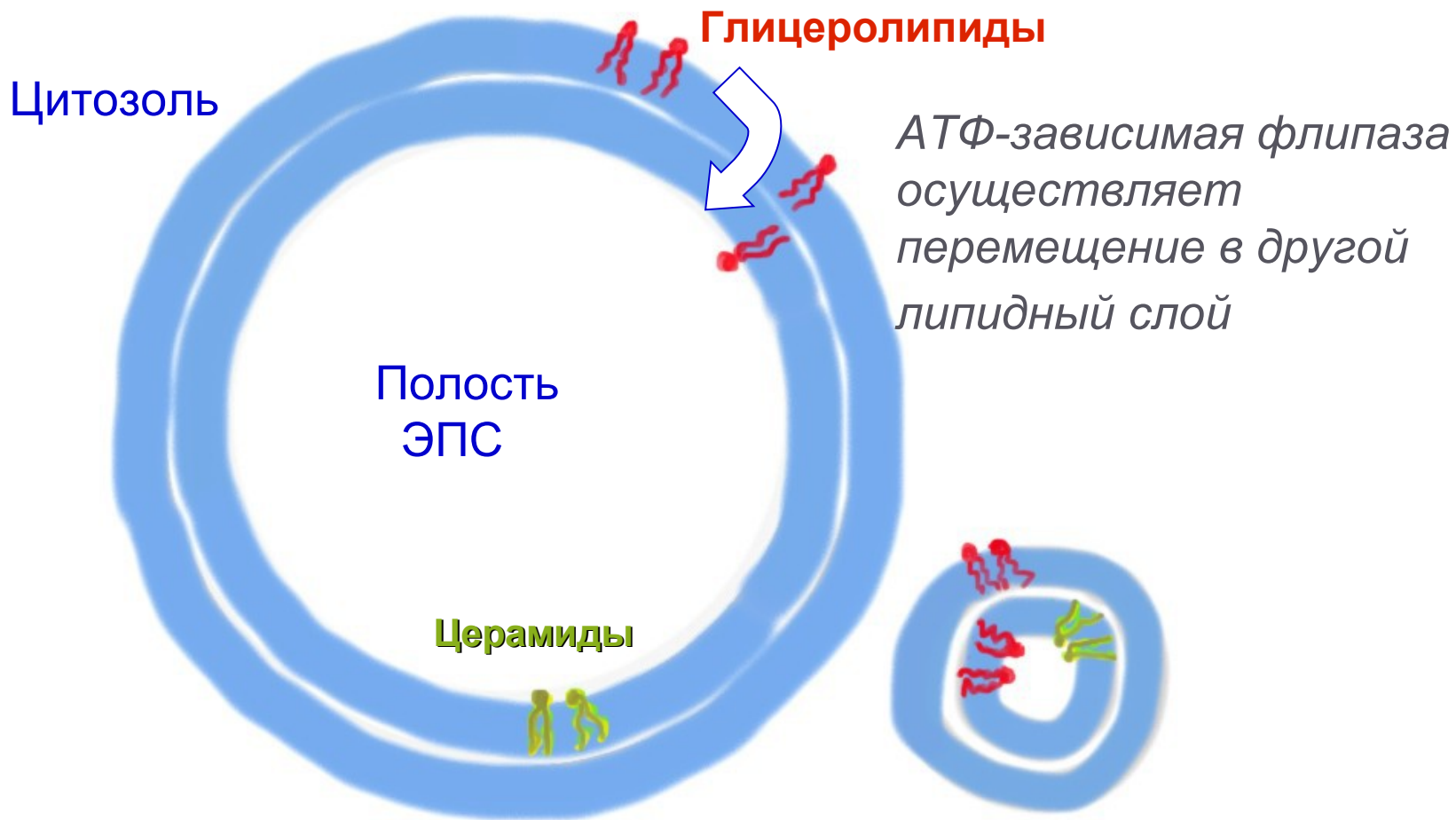
1. Синтез глицеролипидов и церамида
2. Синтез липопротеинов на экспорт
3. Детоксикация ксенобиотиков и метаболитов (Цитохром P<sub>450</sub>)

# Синтез липидов на мембране ЭПС



В гладкой ЭПС на стороне, обращенной в цитозоль, идет синтез фосфолипидов.

На стороне, обращенной в полость ЭПС синтезируются сфинголипиды



*Церамиды остаются во внутреннем слое мембраны.*

Синтезированные в гладкой ЭПС липиды

перемещаются путем диффузии в мембраны шероховатой ЭПС и ядерные мембраны

с помощью белков-переносчиков поступают в мембраны митохондрий, пластид, пероксисом

в составе мембран транспортных пузырьков - в аппарат Гольджи, лизосомы, плазматическую мембрану

# **Эндосомы. Лизосомы. Мультивезикулярные тельца. Секреторные гранулы.**

Эндоцитоз выполняет несколько функций:

- Поступление питательных веществ.
- Обновление компонентов внеклеточного вещества
- Регуляция количества и состава белков плазматической мембраны, например, переносчиков низкомолекулярных веществ или рецепторов.
- Восстановление состава плазматической мембраны после экзоцитоза.

## Существуют различные механизмы эндоцитоза

- Эндоцитоз пузырьков размером 200нм и больше осуществляется выпячиванием плазматической мембраны с участием **актиновых филаментов**.
- С помощью **клатрина** формируются пузырьки диаметром 100-200нм.
- Более мелкие пузырьки создаются с помощью белка **кавеолина** или без специальных белков.



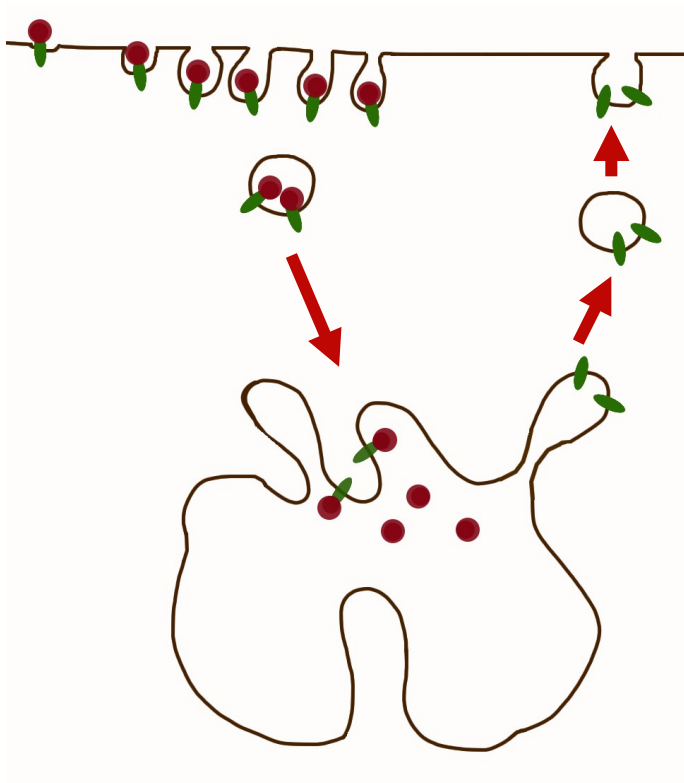
# Наиболее изученный вариант эндоцитоза – с помощью клатриновых пузырьков

*Окаймленные ямки*



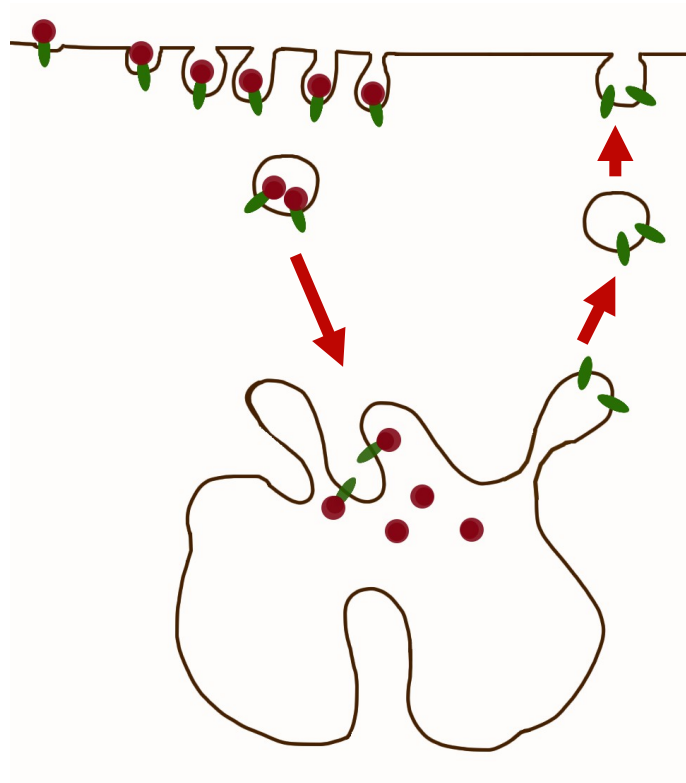
Клатриновые пузырьки отщепляются, теряют клатриновую оболочку и сливаются с ранними эндосомами.

**Ранние эндосомы** имеют сложную форму с отростками. В них поддерживается рН **6,4-6,8**. При таких значениях связь между **рецептором** и лигандом разрушается.



**Ранние эндосомы** имеют сложную форму с отростками. В них поддерживается рН **6,4-6,8**. При таких значениях связь между **рецептором** и лигандом разрушается.

Рецепторы собираются в мембране отростков, отщепляется транспортный пузырек, и рецепторы возвращаются в плазматическую мембрану.



Эндосома вступает на путь **созревания**.

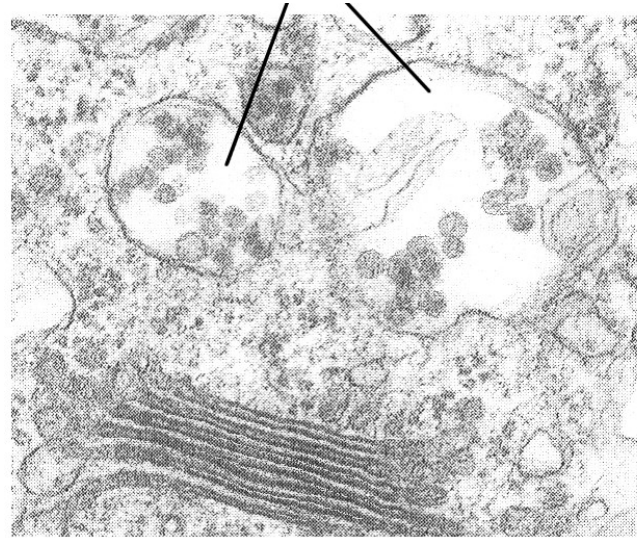
**Ранняя эндосома** превращается (созревает) в **позднюю эндосому** в результате возврате рецепторов в плазматическую мембрану.

**Поздняя эндосома** созревает в **лизосому** в результате наполнения ее гидролазами, которые приносят транспортные пузырьки из аппарата Гольджи.

Созревание ранних эндосом в поздние эндосомы и затем в лизосомы сопровождается их перемещением по микротрубочкам с периферии клетки в околоядерное пространство.

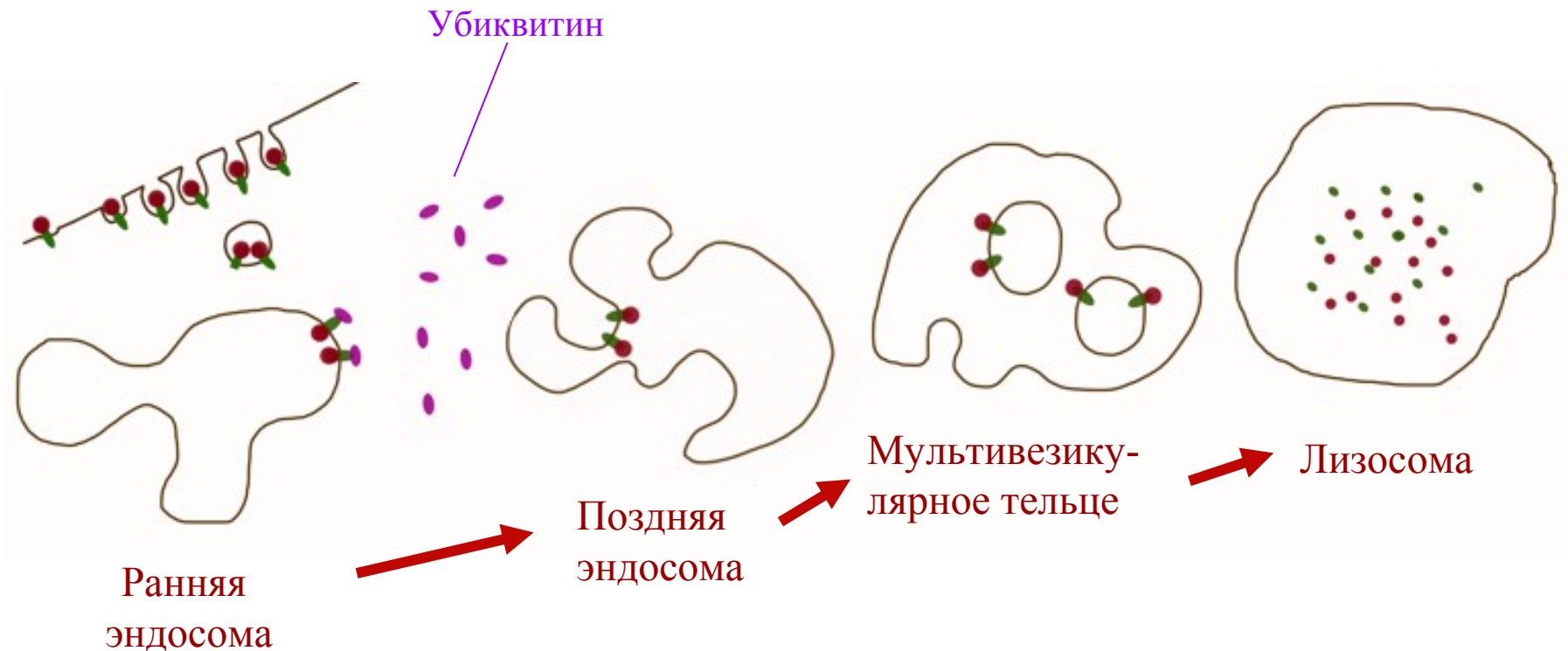
Некоторые рецепторы, собранные в клатриновые пузырьки, подлежат уничтожению. Они не возвращаются в плазматическую мембрану, а переходят в поздние эндосомы и затем в лизосомы, где деградируют. На этом пути они образуют мультивезикулярные тельца.

Мультивезикулярные тельца



500 нм

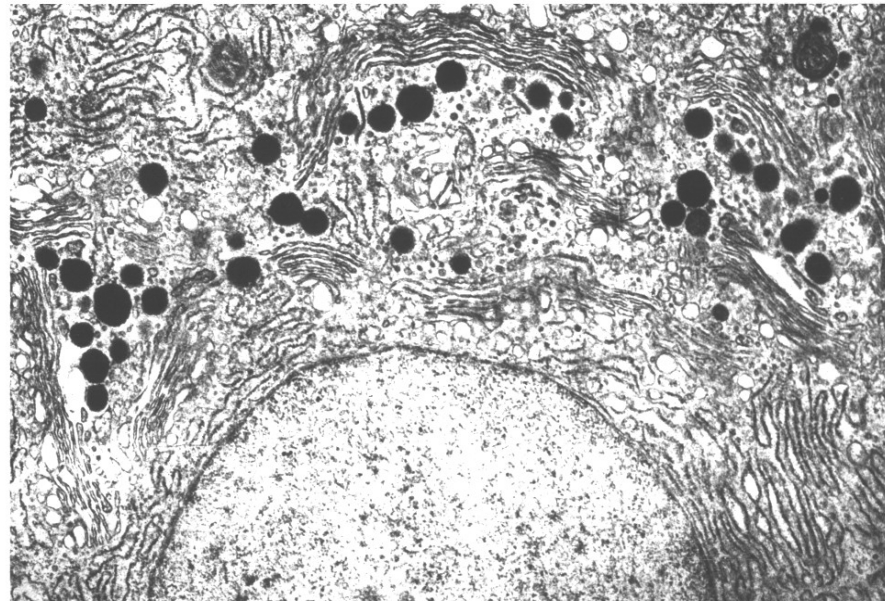
Образованию мультивезикулярных телец предшествует присоединение **убиквитина** к рецептору. Убиквитиновую метку узнают специальные белки, которые отсоединяют убиквитин от рецептора и вызывают инвагинацию мембраны эндосомы.



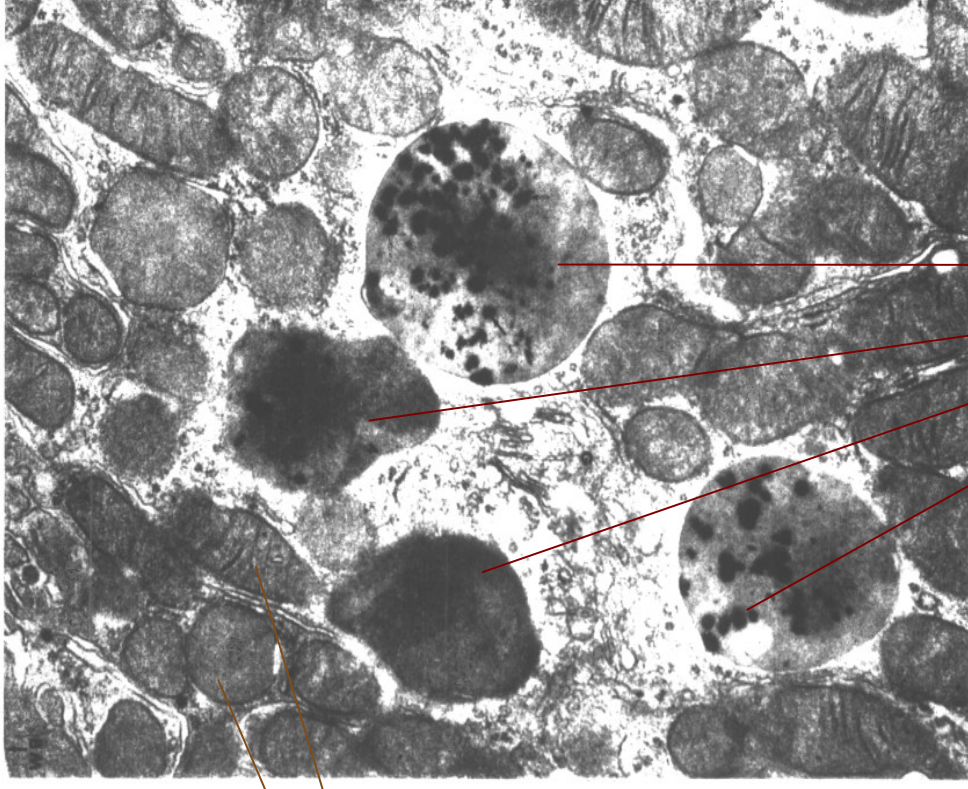
# Лизосомы

Диаметр лизосом — около 500 нм. Их можно увидеть в световой микроскоп после окрашивания на одну из гидролаз.

Лизосомы в нервной клетке.  
Окраска на кислую фосфатазу с докрасшиванием ядер

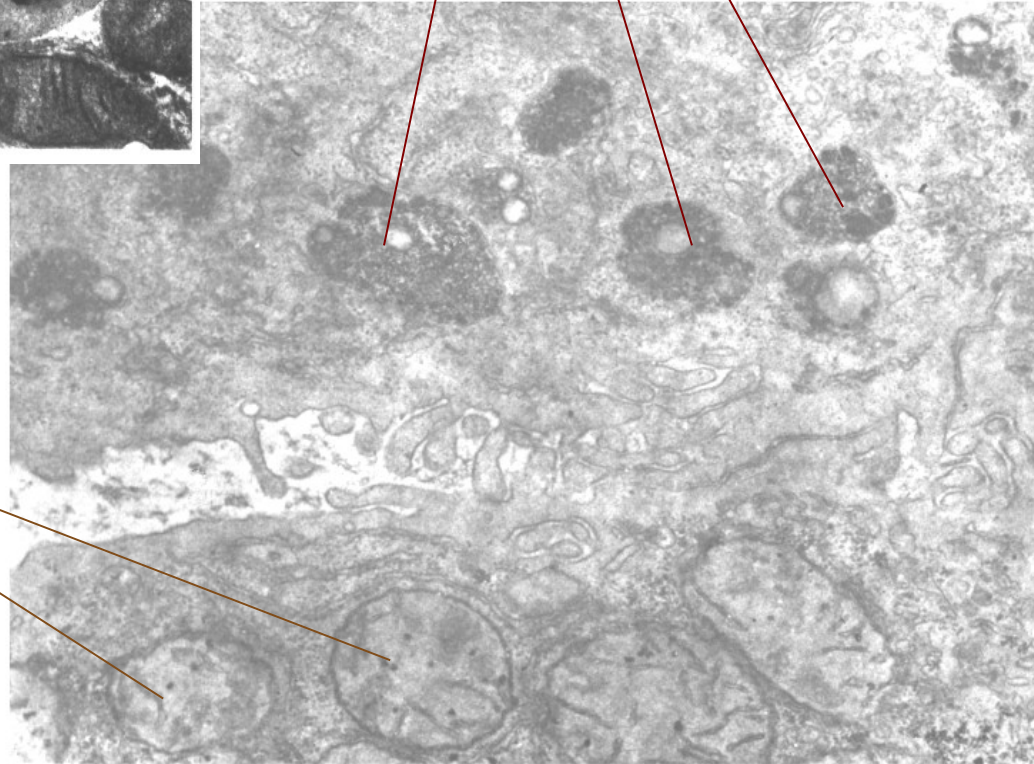


То же при бОльшем увеличении

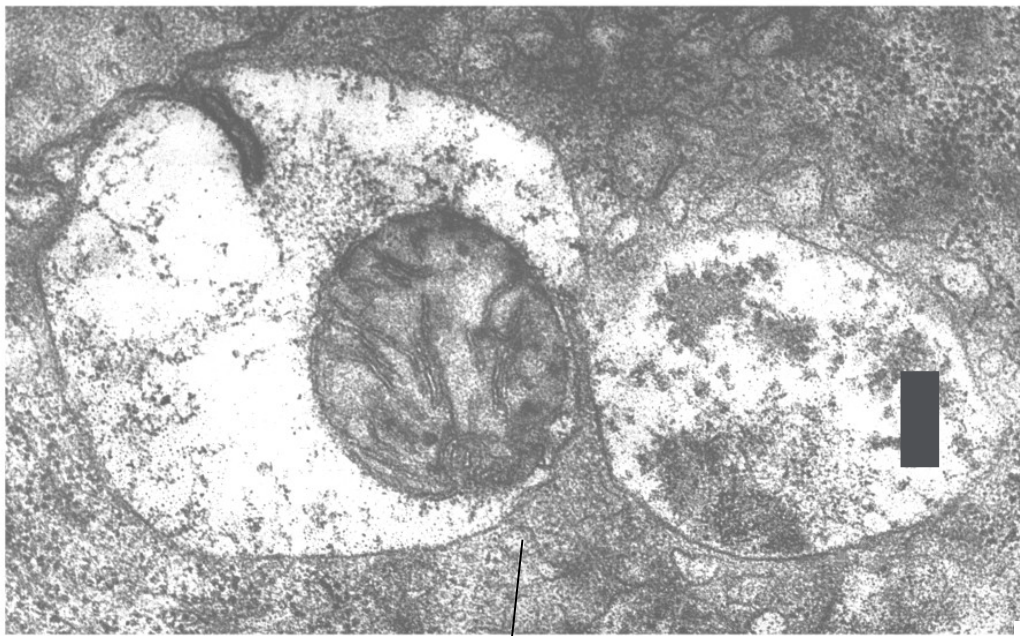


Лизосомы

Митохондрии

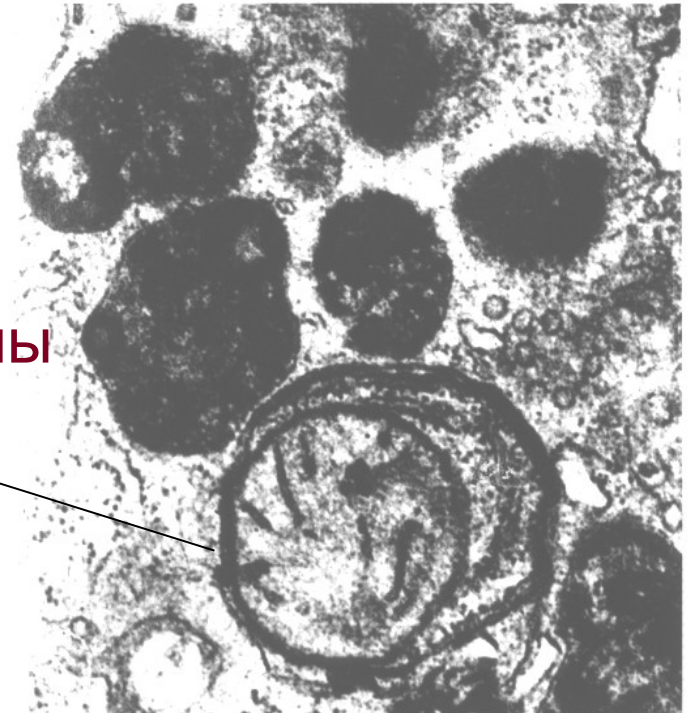




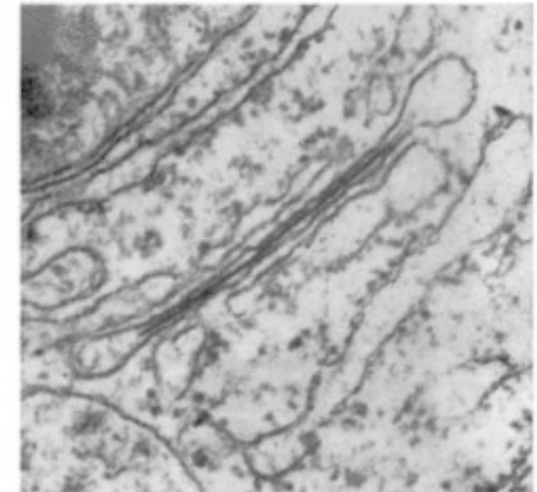
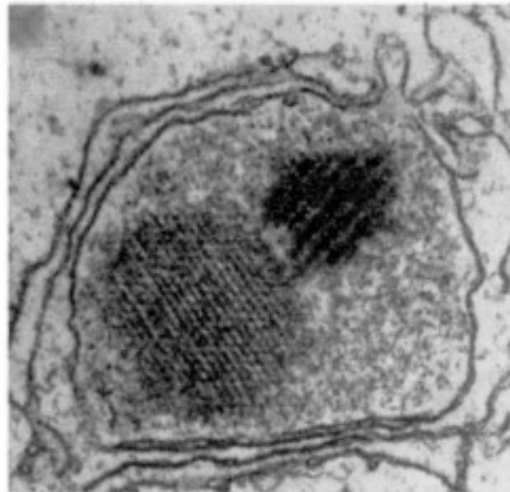
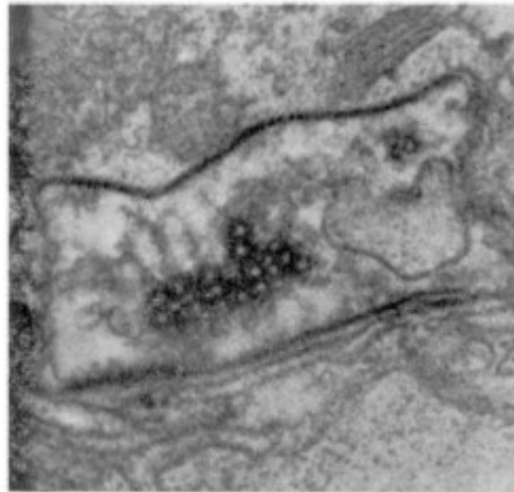
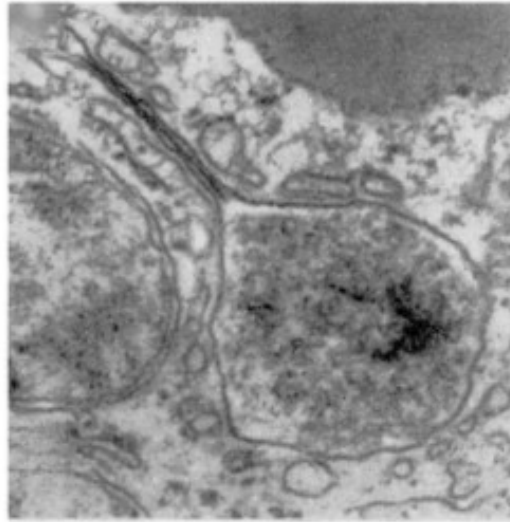


Мембрана ЭРС окружает участок цитоплазмы, подлежащий уничтожению. Образуется автофагосома, которая сливается с лизосомой, содержащей гидролазы.

В автофагосомах происходит расщепление участков цитоплазмы до низкомолекулярных веществ.



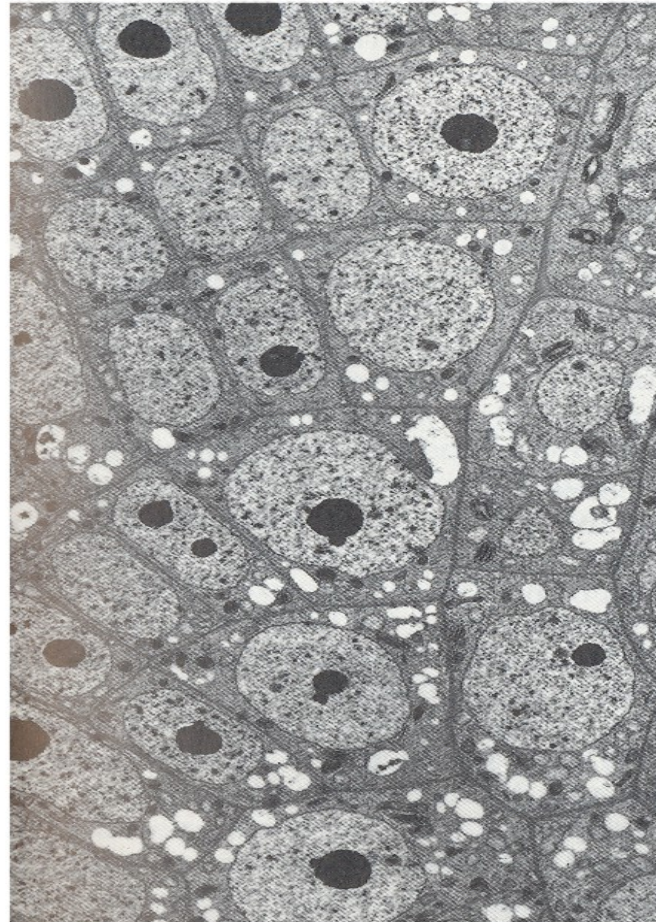
Пероксисомы, или микротельца, это мембранные структуры размером около 500 нм, внутри их часто обнаруживают кристаллоподобные структуры.



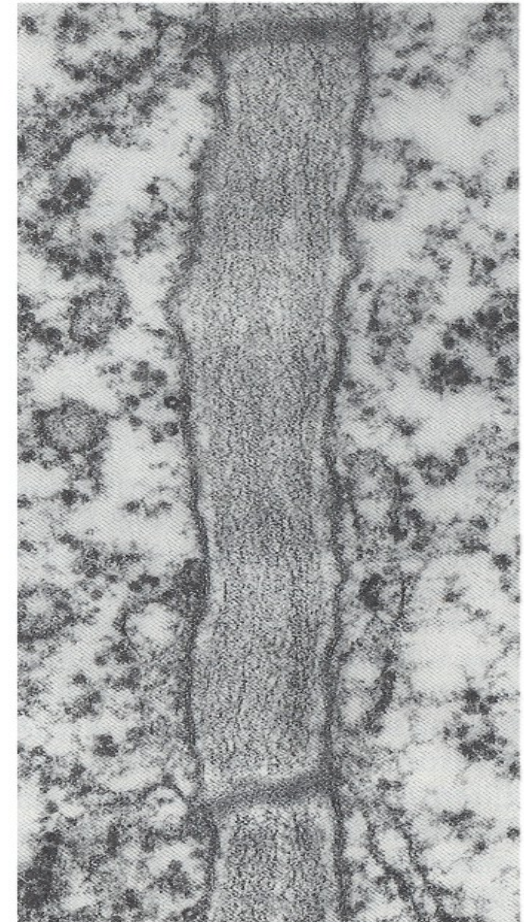
# Лизосомы (вакуоль) и пероксисомы

	<u>Лизосомы</u>	<u>Пероксисомы</u>
Состав ферментов (гидролаз)	Нуклеазы Протеазы Липазы Гликозидазы Сульфатазы и др.	Оксидазы D-аминокислот Уратоксидазы Каталазы-пероксидазы
Основные функции	Аутофагия Гетерофагия	Окисление спиртов, фенолов, формальдегида Утилизация O <sub>2</sub> :
	<u>Вакуоль</u>	$RH_2 + O_2 \rightarrow H_2O_2 + R$
	Хранение запасных белков, их расщепление Хранение метаболитов (антоцианов) Создание градиента H <sup>+</sup> и Na <sup>+</sup>	Превращение липидов в сахара (глиоксисомы) Участие в «коллективных» процессах (фотодыхание, синтез холестерина и т.д.)

**Клеточная стенка растений**- внеклеточное вещество, окружающее все клетки растений. Она очень прочная. В состав клеточной стенки входят, полисахариды и гликопротеины

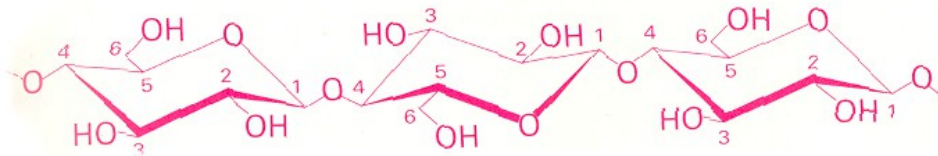


10  $\mu\text{m}$

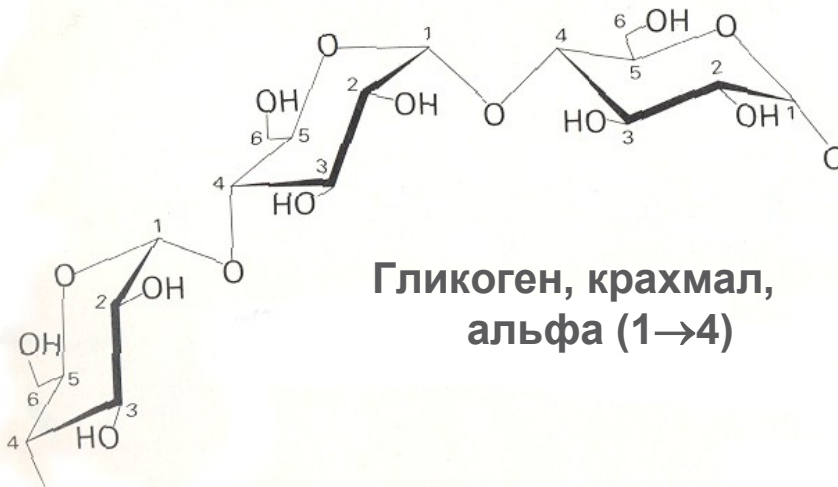


200 nm

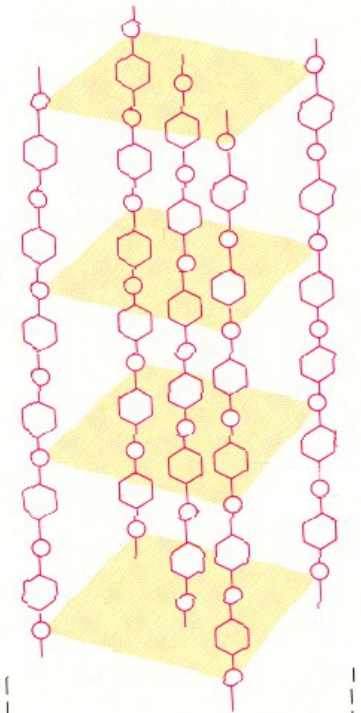
Основной компонент клеточной  
стенки растений – **целлюлоза**.  
Именно целлюлоза придает  
прочность клеточной стенке.



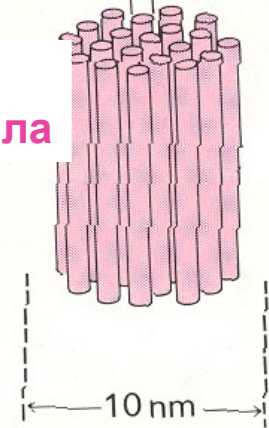
**Целлюлоза,  
бета(1→4)**



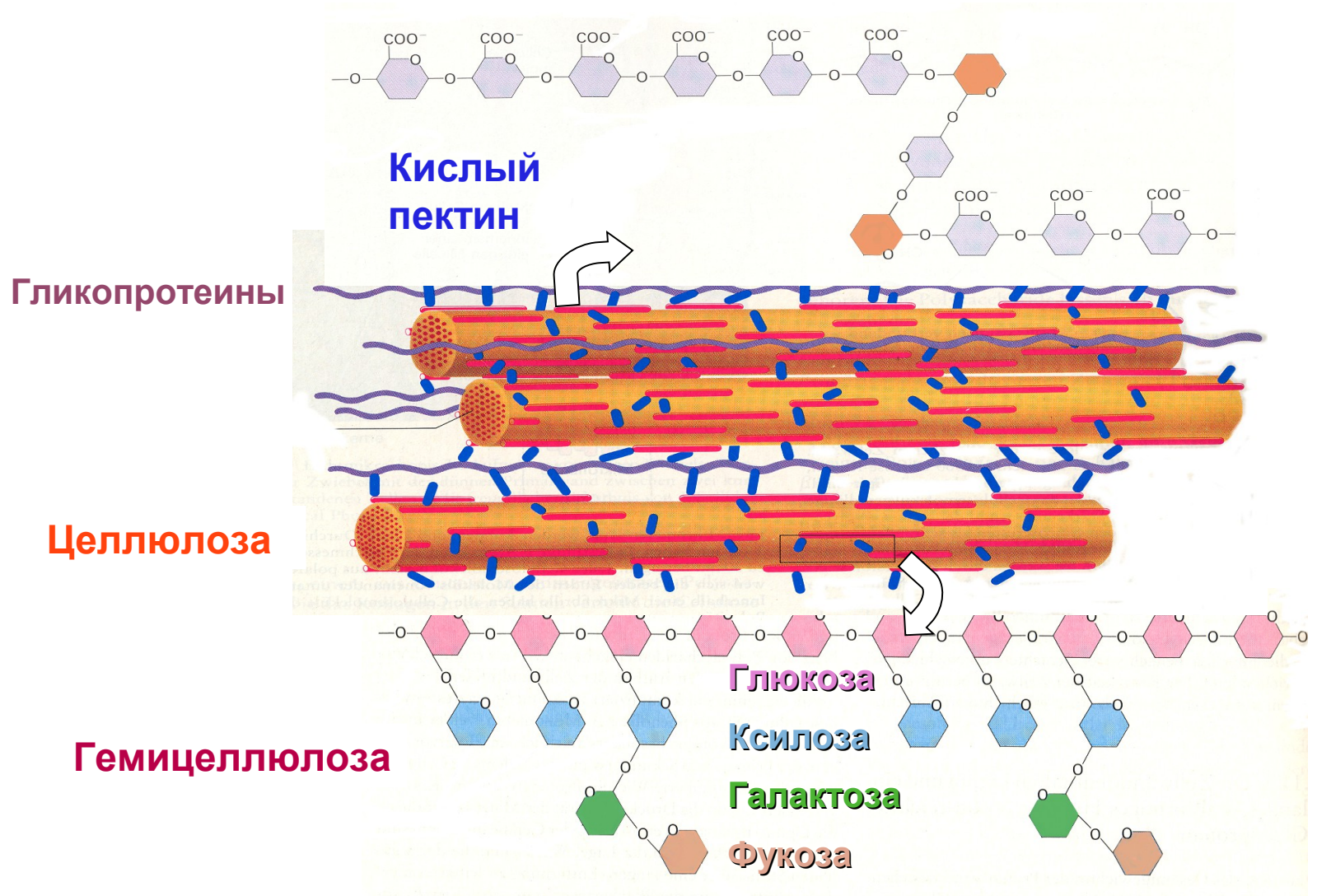
**Гликоген, крахмал,  
альфа (1→4)**



**Целлюлозная  
микрофибрилла**



# Компоненты клеточной стенки растений: полисахариды (целлюлоза, гемицеллюлозы, пектины) и гликопротеины.



Целлюлоза синтезируется во внеклеточном пространстве.  
Направление движения синтезирующего фермента определяют кортикальные микротрубочки, связанные с ферментом интегральным белком.

Целлюлоза

Плазматическая мембрана

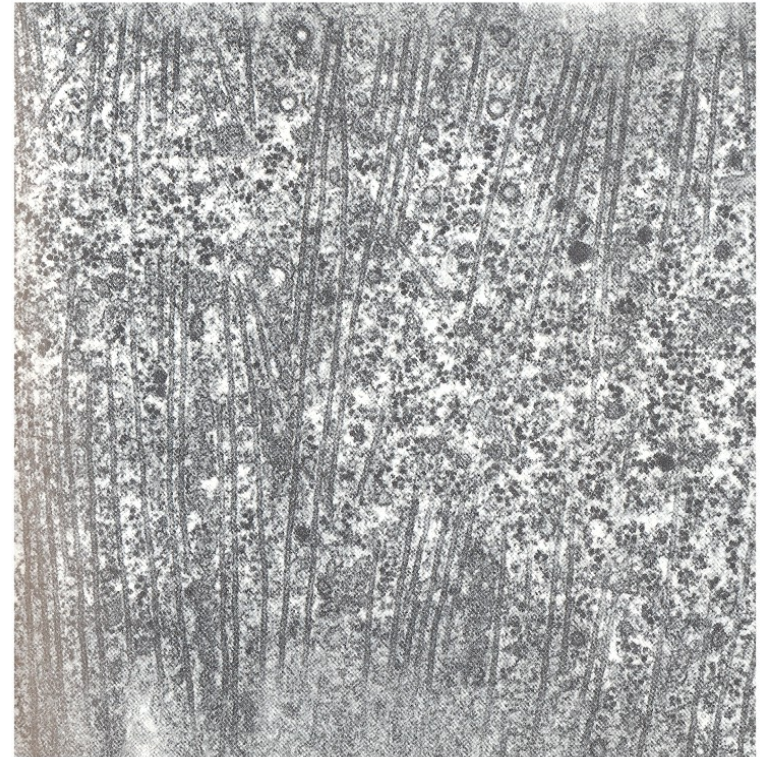
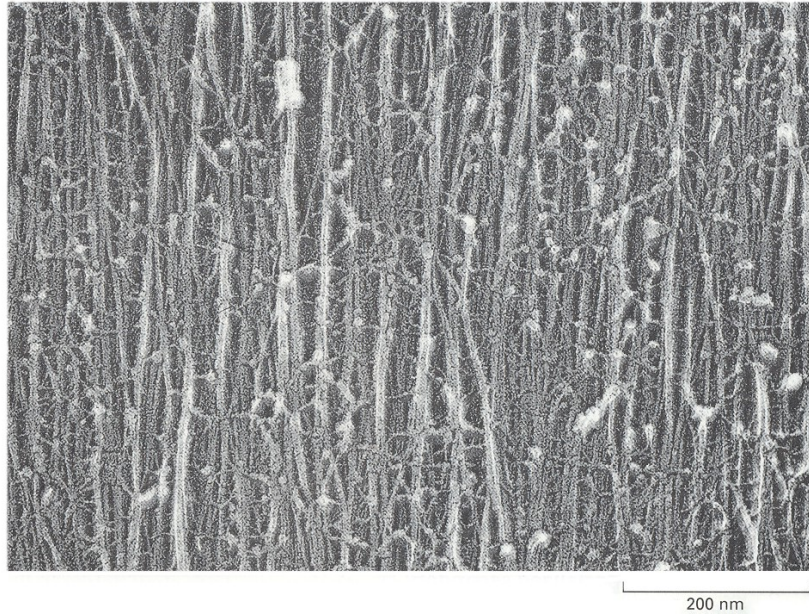
Комплекс ферментов, синтезирующих целлюлозу

ЦИТОЗОЛЬ

Микротрубочка

Пектины, гемицеллюлозы образуются в аппарате Гольджи, пептидная часть гликопротеинов - в ЭПС, а их сахарная часть пришивается в аппарате Гольджи. К плазматической мембране все они транспортируются в составе пузырьков.

*Параллельные волокна  
целлюлозы в клеточной стенке*



*Параллельные кортикальные  
микротрубочки направляют  
движение фермента,  
синтезирующего целлюлозу.*

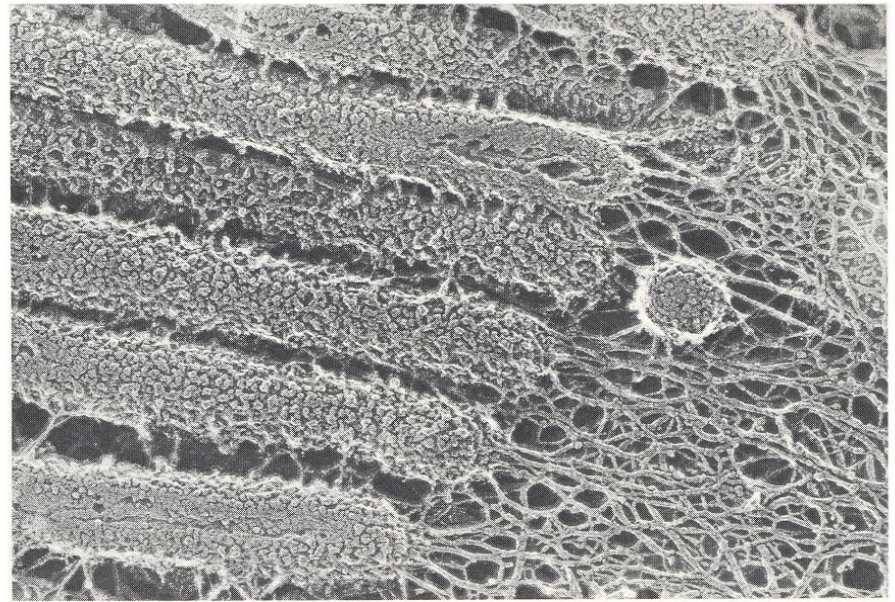


# Внеклеточные образования животной клетки

**Гликокаликс** — Это часть интегральных белков, сахарная часть гликолипидов, некоторые поверхностные белки, т. е. та часть плазматической мембраны, которая выступает наружу за пределы липидного слоя.

**Внеклеточный матрикс и базальная мембрана** — это внеклеточное вещество, синтезированное в клетке и выделенное наружу путем экзоцитоза

# Гликокаликс



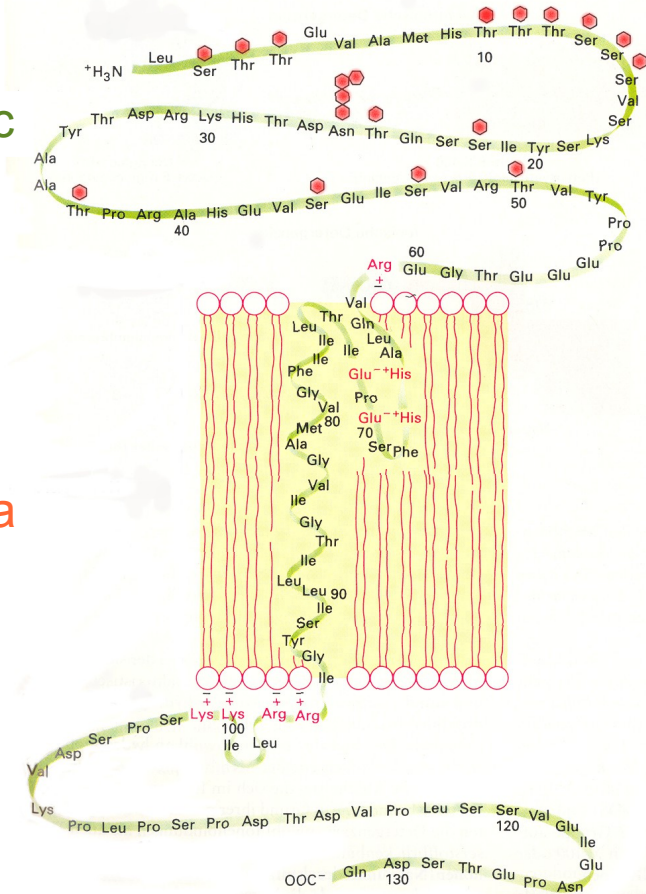
Микроворсинки

Гликокаликс

*Гликокаликс клеток эпителия  
тонкого кишечника*

# Гликокаликс - это трансмембранные, и поверхностные гликопептиды

*Гликофорин в мембране эритроцита*

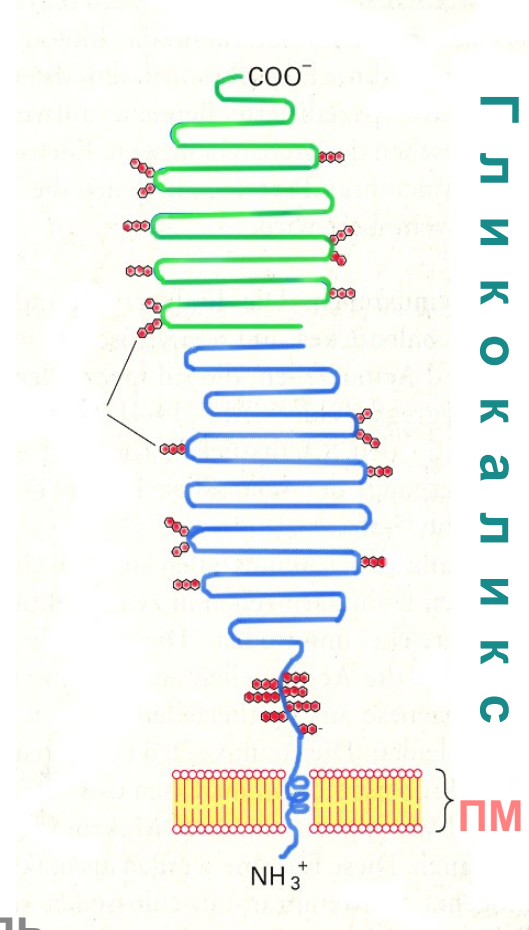


Гликокаликс

Мембрана

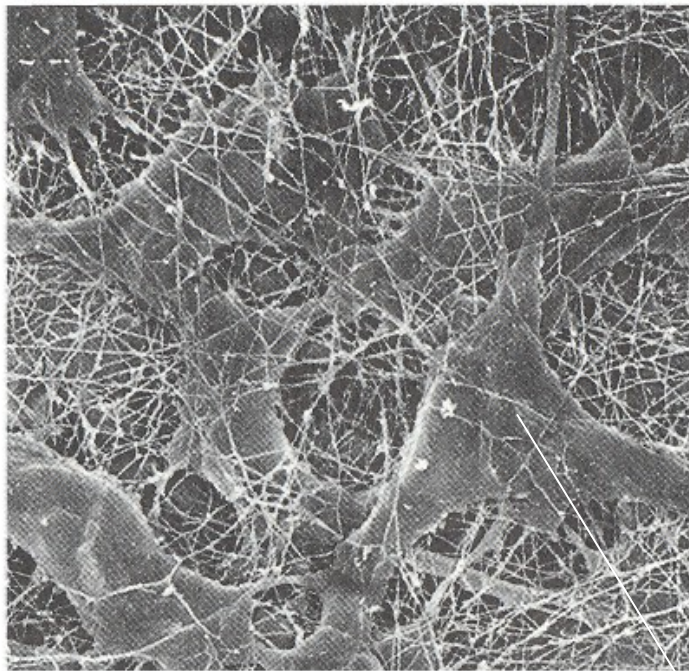
Цитозоль

*Фермент в просвете тонкого кишечника*



Г  
Л  
И  
К  
О  
К  
А  
Л  
И  
К  
С

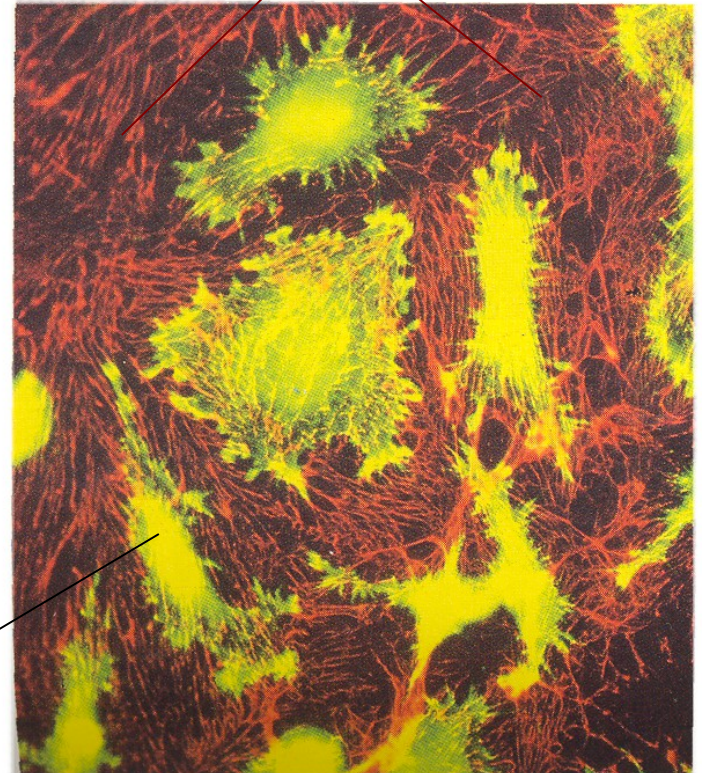
# Внеклеточный матрикс составляет **основную массу** соединительной ткани



10  $\mu\text{m}$

Фибробласты

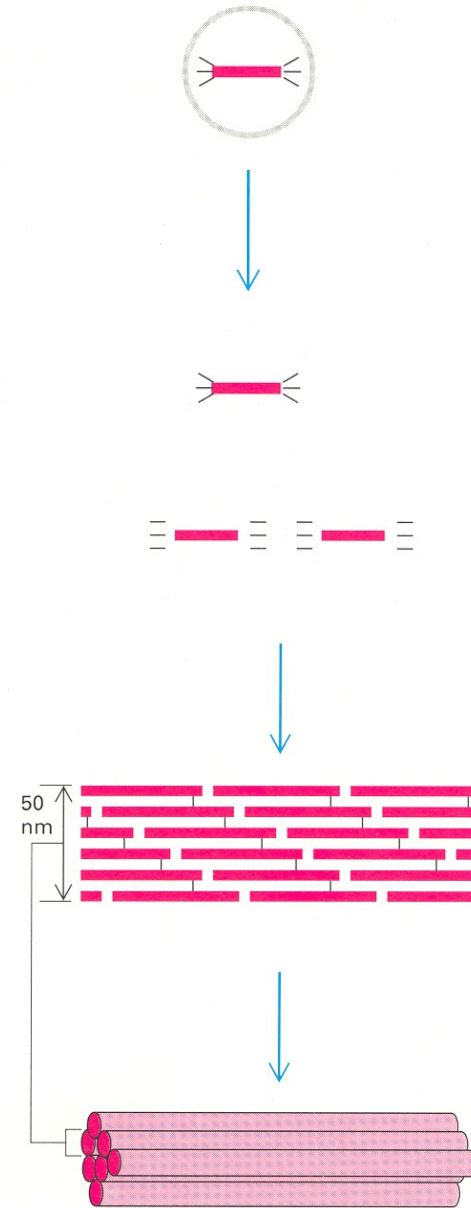
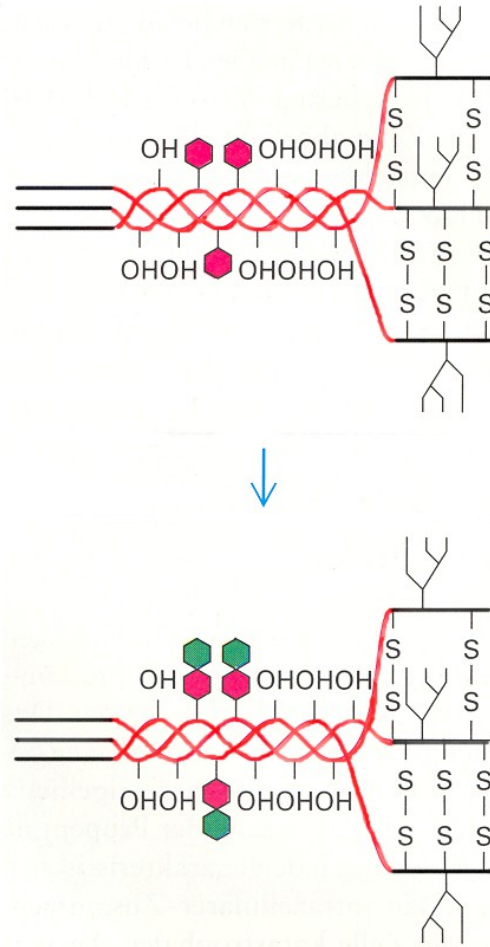
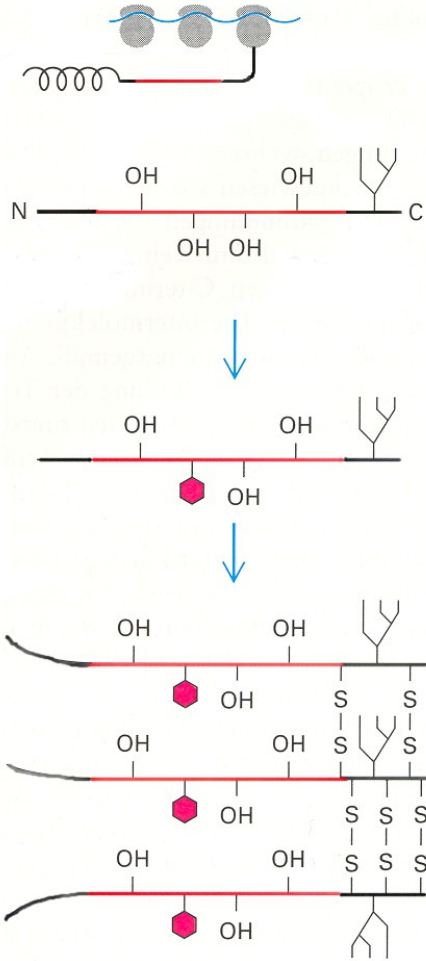
Коллагеновые волокна



## **Основной состав внеклеточного матрикса**

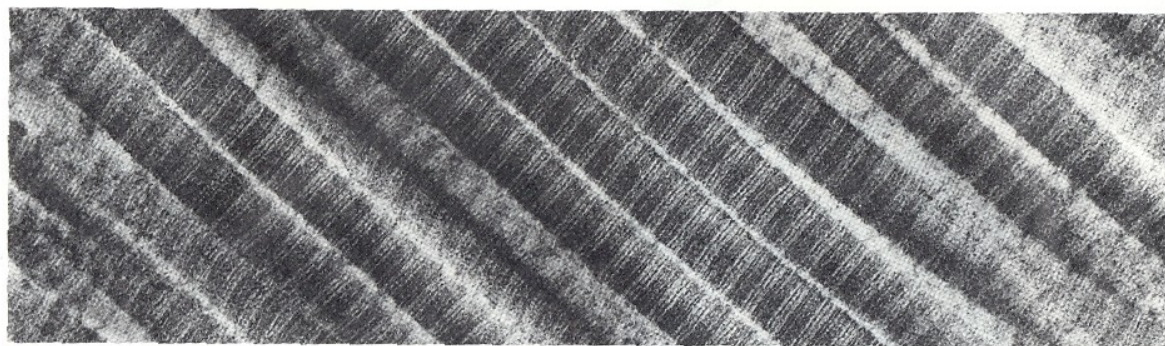
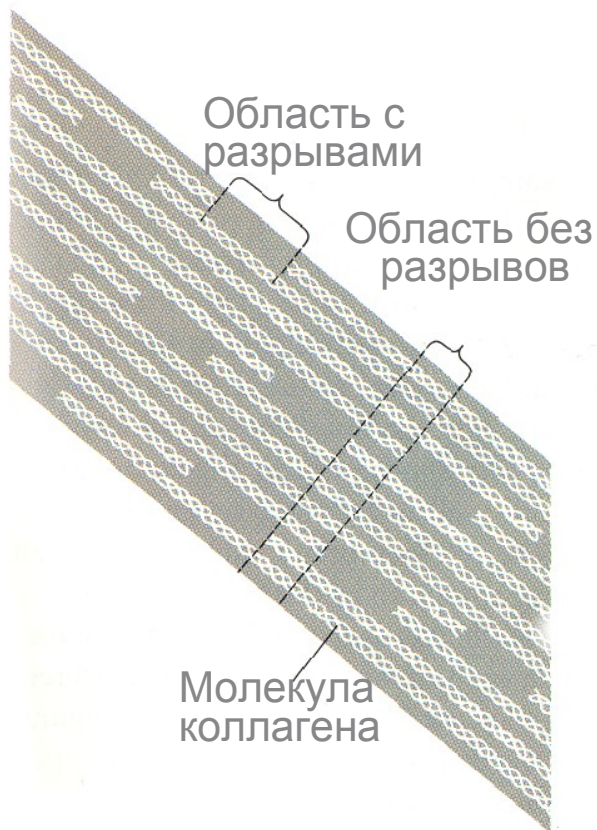
- Белки коллаген, эластин
- Белки фибронектин, ламинин и др.
- Протеогликаны
- Гиалуроновая кислота

# Коллаген



Коллаген - основной белок внеклеточного матрикса млекопитающих. У человека этого белка больше всего.

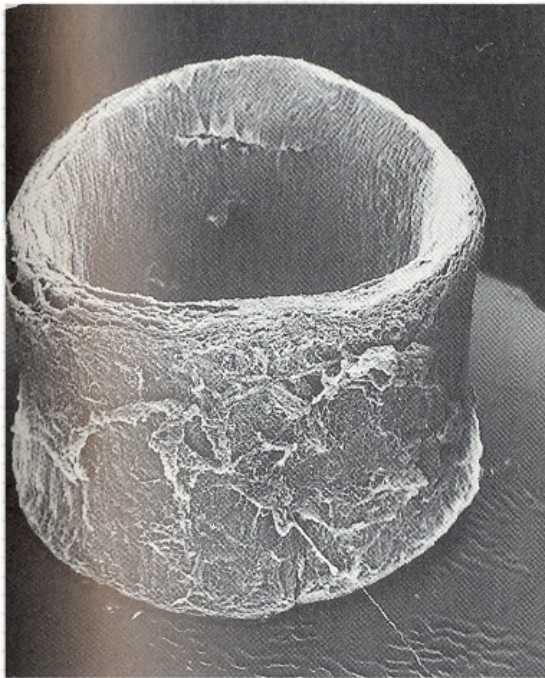
Коллаген сильно гидроксिलирован.



*Коллагеновые фибриллы*

Коллаген I типа (семейство более 25 генов)

Эластин – белок внеклеточного матрикса,  
основной белок стенок кровеносных сосудов.  
– В эластине гораздо меньше гидроксигликированы  
аминокислотные остатки.



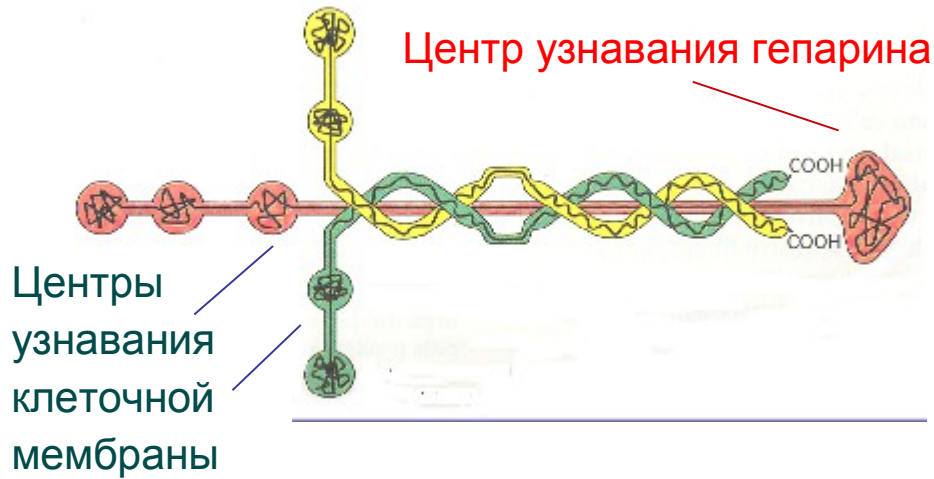
1 mm



100  $\mu$ m



## Ламинин

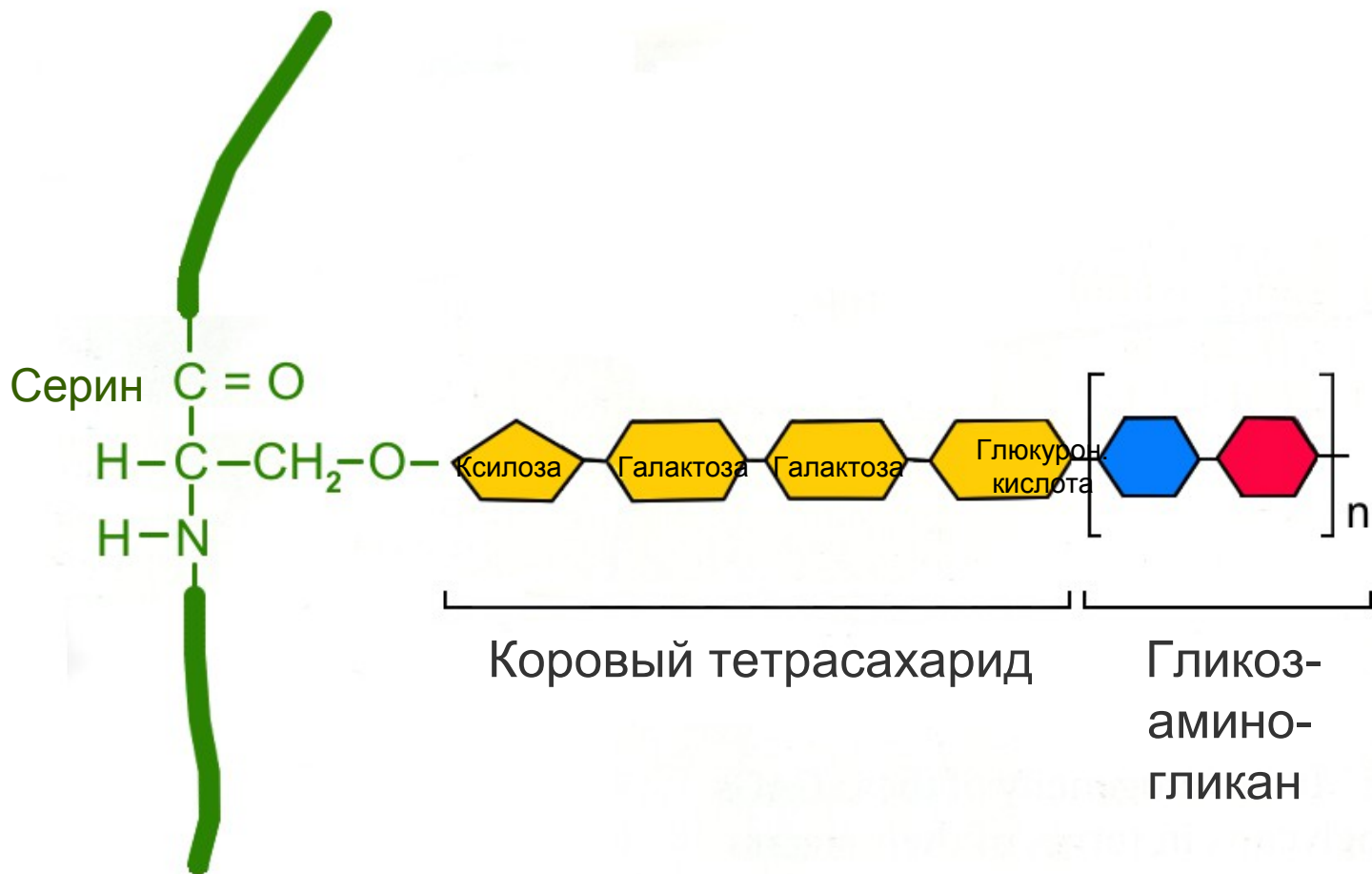


Ламинин и фибронектин связывают вещества внеклеточного матрикса с интегральными белками мембраны.

## Фибронектин



*Протеогликаны = Коровый белок + Гликозаминогликаны*



Гликозаминогликаны построены из димеров. Один из мономеров -  
N-ацетилглюкозамин или N-ацетилгалактозамин

Гиалуроновая кислота	N-ацетилглюкозамин Глюкуроновая кислота	
Кератансульфат	N-ацетилглюкозамин Галактоза	n=25
Гепарин	N-ацетилглюкозамин Идуроновая кислота	n=15-30
Хондроитин-сульфат	N-ацетилгалактозамин Глюкуроновая кислота	n=20-60
Гепарансульфат	Глюкуроновая кислота N-ацетилглюкозамин (сульфатирован.)	n=15-30
Дерматансульфат	N-ацетилгалактозамин Идуроновая /Глюкуроновая кислоты	n=30-80

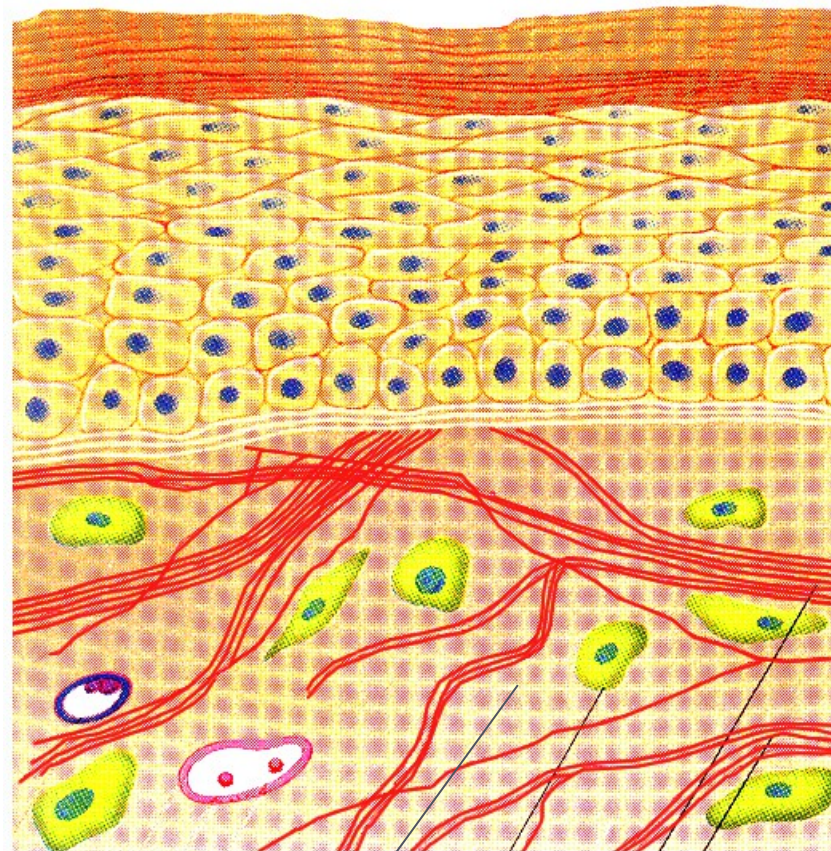
# Функции аппарата Гольджи.

1. Модификация сахаров в гликопептидах
2. Гликозилирование полипептидов (гликопептиды и протеогликаны)
3. Досинтез гликолипидов
4. Синтез полисахаридов (гиалуроновая кислота у животных, гемицеллюлоза и пектины у растений)
5. Сортировка белков

**Базальная мембрана**  
отделяет эпителиальные  
клетки от внеклеточного  
матрикса. Клетки  
присоединены к ней  
полудесмосомами

Базальная  
мембрана

Схематичное  
изображение  
участка  
эпителиальной  
и соединительной  
тканей

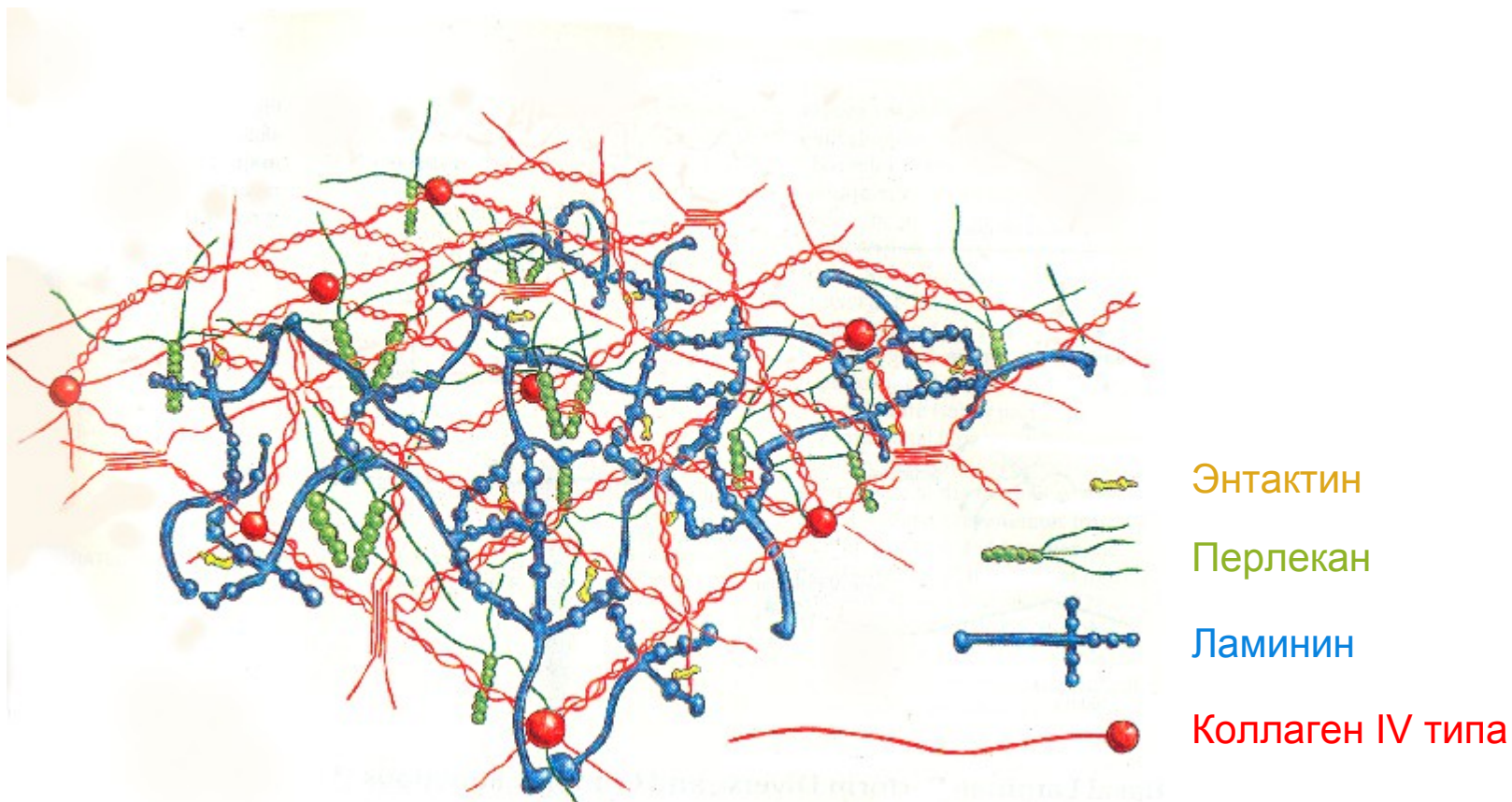


Протеогликан

Фибробласт

Коллагеновые  
волокна

Базальная мембрана отличается от внеклеточного матрикса набором белков, их более плотной упаковкой



# Базальная мембрана отделяет эпителиальные клетки от внеклеточного матрикса

