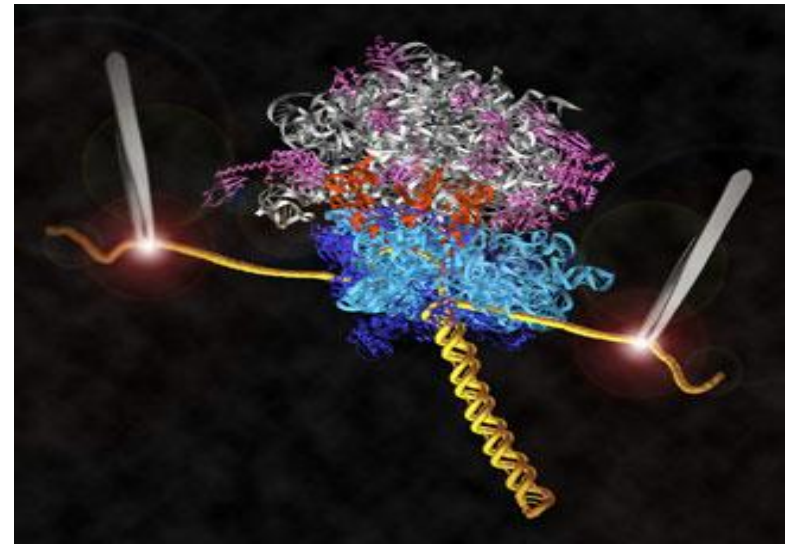


# Функциональная морфология синтетического аппарата клетки

# Синтетический аппарат клетки

- Представлен органеллами, синтезирующими различные вещества, которые используются самой клеткой или идут на нужды макроорганизма.
- Белоксинтезирующий аппарат клетки (БСА) состоит из рибосом, информационной РНК, транспортной РНК (тРНК), эндоплазматической сети (ЭПС), комплекса Гольджи и белковых факторов, регулирующих процессы синтеза.

# Рибосомы



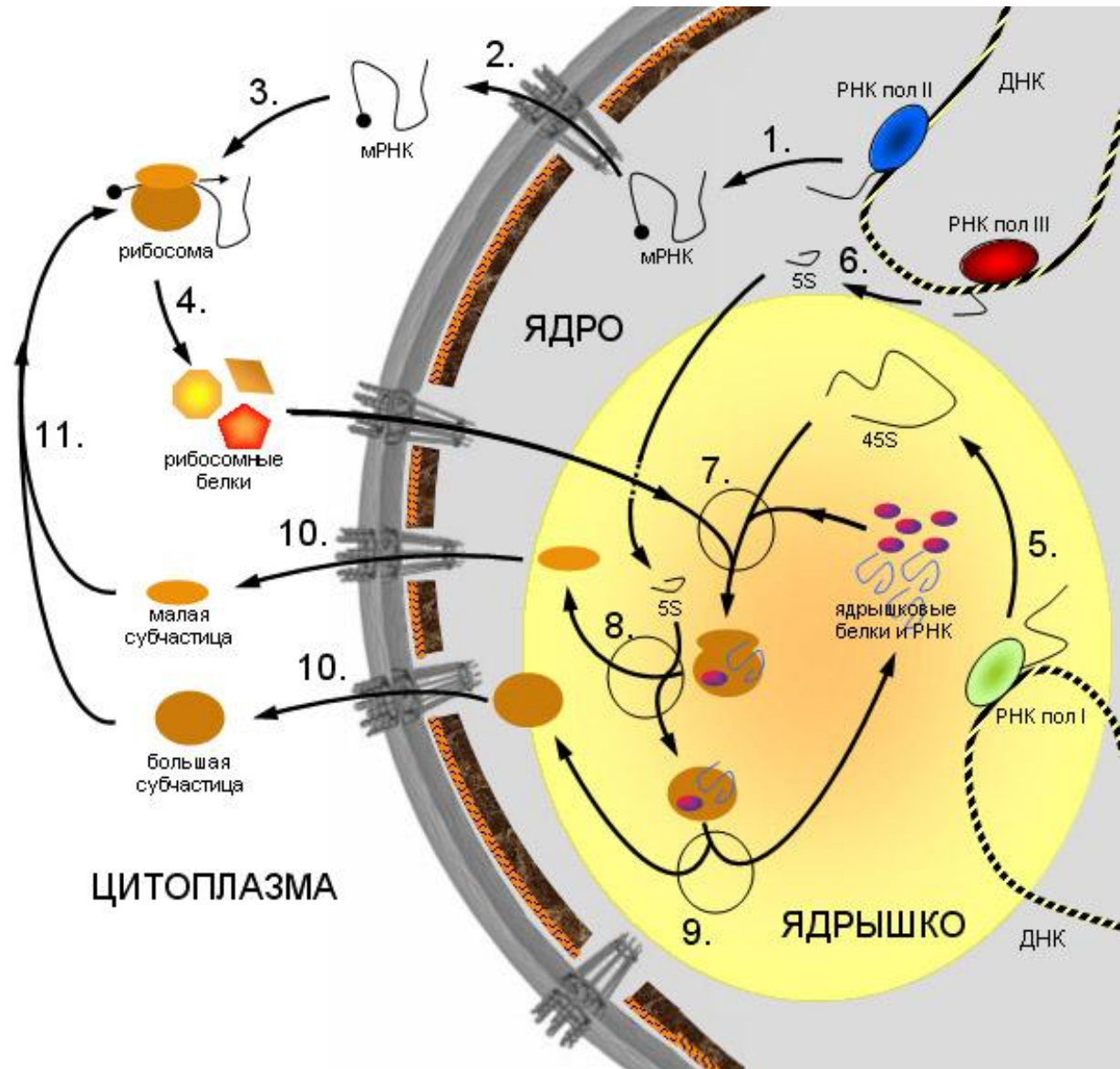
- Немембранные, электронноплотные, округлые (диаметром 15 -30 нм) органеллы, обеспечивающие создание первичной структуры белка путем образования пептидных связей между аминокислотами.
- В химическом плане в рибосомах, примерно, поровну представлены рибосомальные РНК (рРНК) и рибосомальные белки (около 80 различных видов).

# Рибосомы

- Каждая рибосома состоит из двух (большой и меньшей) субъединиц, которые диссоциированно располагаются в цитоплазме и объединяются на период работы БСА:
1. Малая субъединица связывается с иРНК, а большая субъединица катализирует образование полипептидной цепи.
  2. Большая субъединица имеет 2 активных центра: аминоацильный (А) - для присоединения аминоацил – тРНК и пептидильный центр, в котором находится пептидил – тРНК (т.е. комплекс: тРНК + растущая полипептидная цепь).

## Схема синтеза рибосом в клетках эукариот.

1. Синтез мРНК рибосомных белков РНК полимеразой II.
2. Экспорт мРНК из ядра.
3. Узнавание мРНК рибосомой и 4 синтез рибосомных белков.
5. Синтез предшественника рРНК (45S — предшественник) РНК полимеразой I.
6. Синтез 5S рРНК РНК полимеразой III.
7. Сборка большой рибонуклеопротеидной частицы, включающей 45S-предшественник, импортированные из цитоплазмы рибосомные белки, а также специальные ядрышковые белки и РНК, принимающие участие в созревании рибосомных субчастиц.
8. Присоединение 5S рРНК, нарезание предшественника и отделение малой рибосомной субчастицы.
9. Дозревание большой субчастицы, высвобождение ядрышковых белков и РНК.
10. Выход рибосомных субчастиц из ядра.
11. Вовлечение их в трансляцию



# Виды рибосом

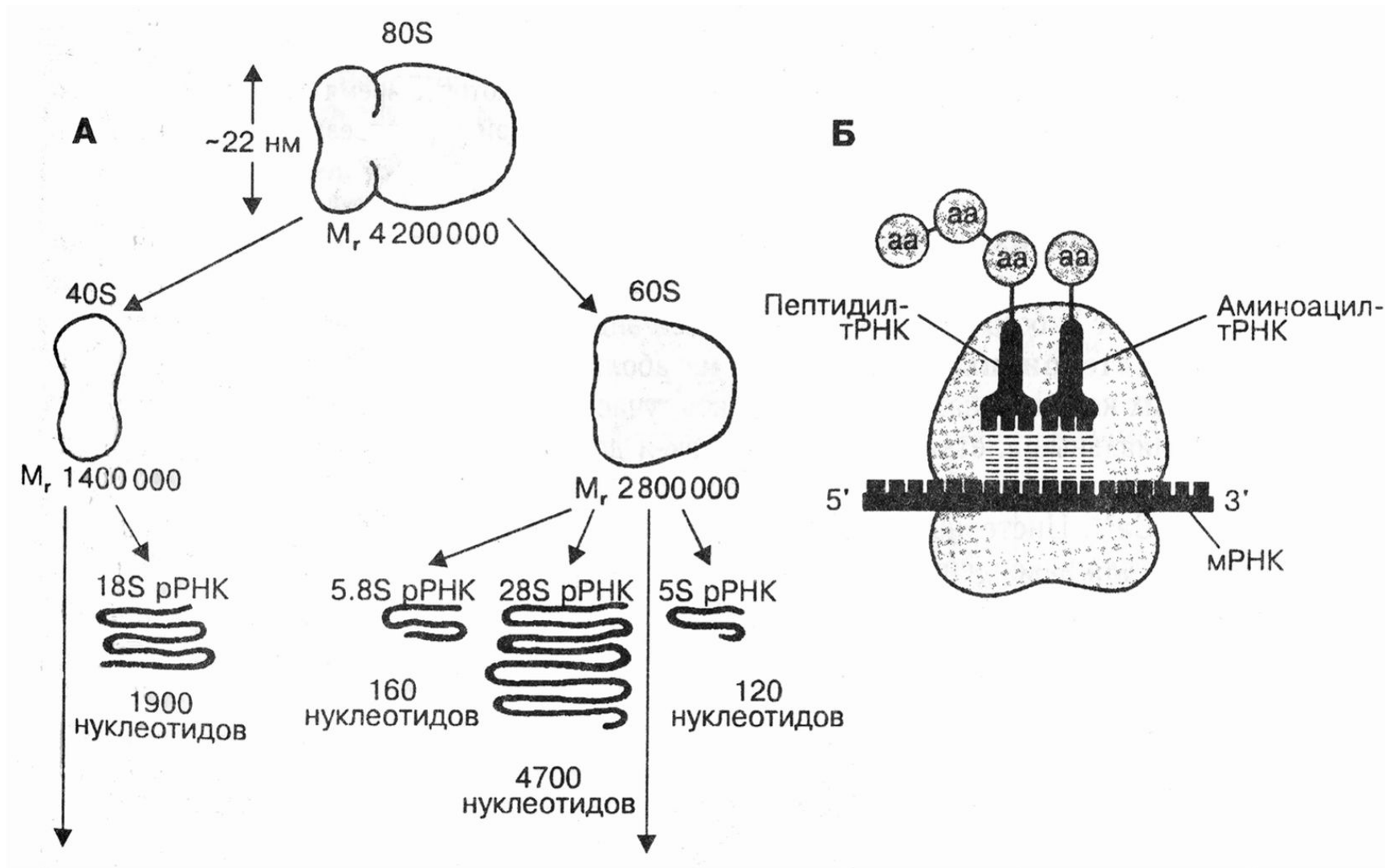
- Морфологически (по размерам, индексу седиментации и молекулярной массе) различают рибосомы прокариот, цитоплазматические рибосомы эукариот и митохондриальные рибосомы эукариот.

Таблица 1.

Характеристика различных видов рибосом.

Объект	Индекс седиментации	Количество молекул рРНК на субъединицу	Индекс седиментации рРНК	Количество белковых молекул на субъединицу
Рибосомы прокариот и митохондриальные	30	1	16	21
	70		23	
	50	2	5	34
Рибосомы эукариот	40	1	18	Всего около 80
	80		28	
	60	3	5 5,8	

# Строение рибосомы



# Строение рибосомы

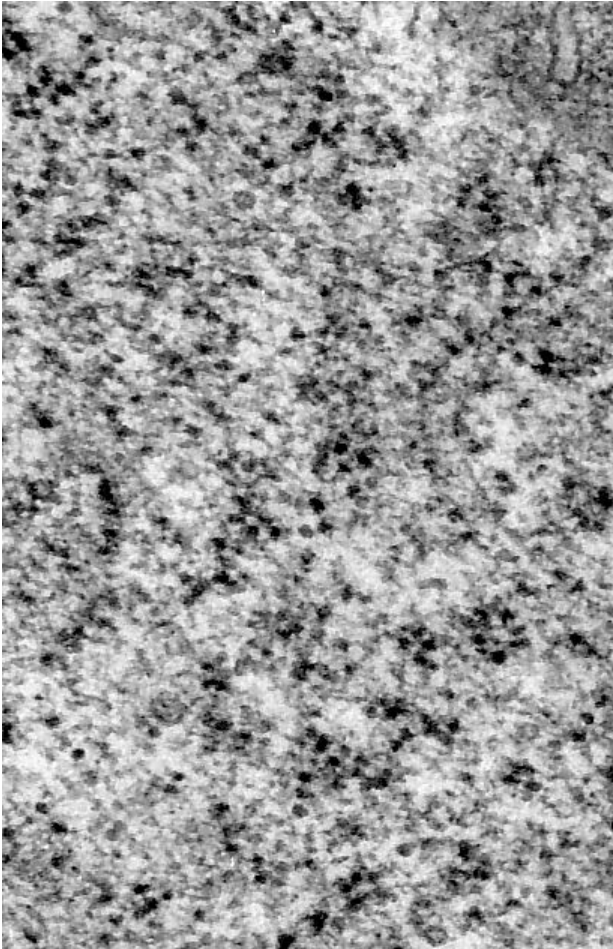
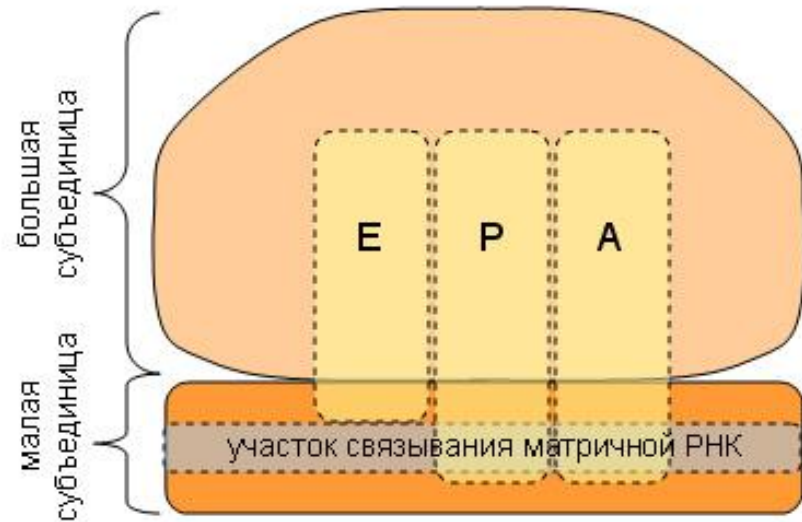


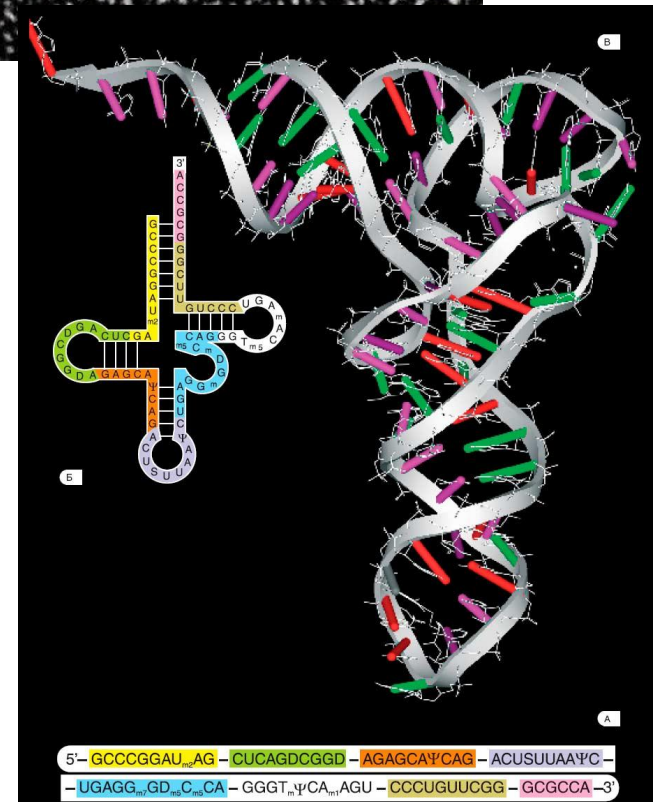
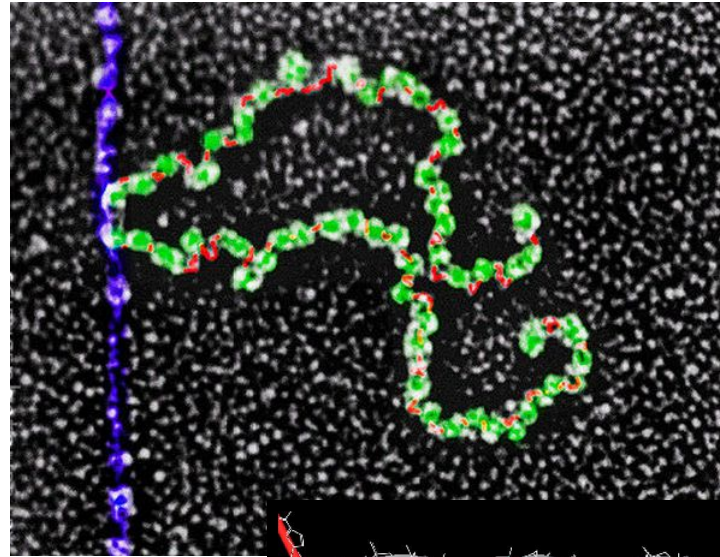
Схема РНК-связывающих участков рибосомы. Буквами обозначены участки связывания тРНК. А — аминокил-тРНК-связывающий участок, Р — пептидил-тРНК-связывающий участок, Е — участок отсоединения тРНК от рибосомы (англ. *exit*).





# Виды РНК

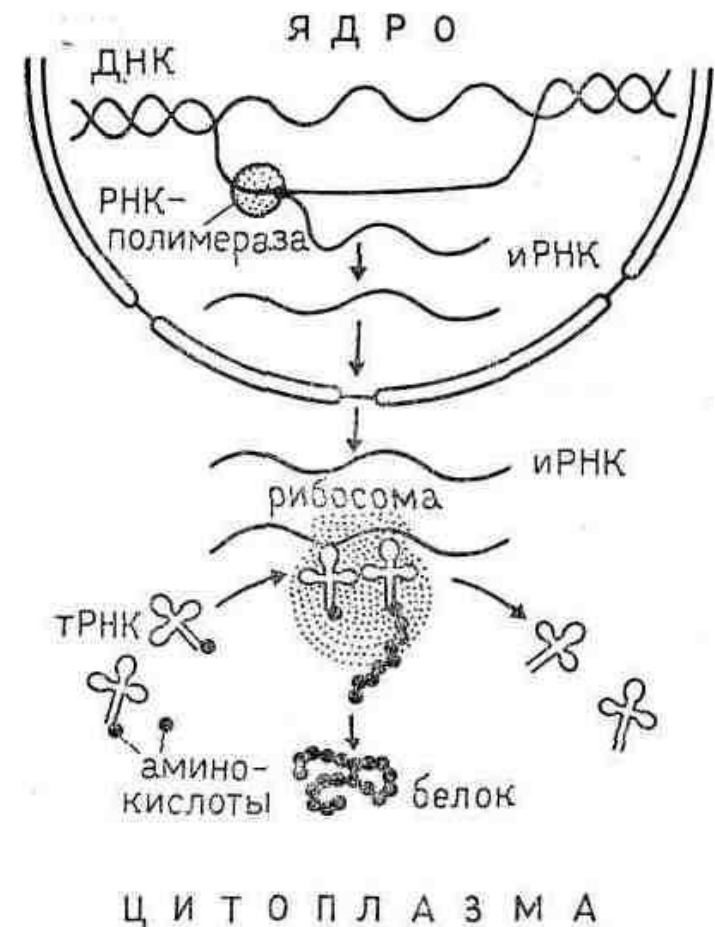
- матричные РНК являются матрицей для синтеза белка в рибосомах;
- транспортные РНК доставляют аминокислоты к рибосомам и реализуют генетический код;
- *рибосомная РНК* составляет активный центр рибосом, катализирующий образование пептидной связи между аминокислотами.



- **Нуклеотиды** — фосфатные эфиры нуклеозидов. Нуклеозиды — N-гликозильные производные (N-гликозиды) разных азотистых оснований (пурины, пиримидины), содержащих дезоксирибозу или рибозу (в молекуле РНК).
- · **Пуриновые основания** — аденин (А) и гуанин (G).
- · **Пиримидиновые основания** — цитозин (С), тимин (Т) и урацил (U), присутствующий только в молекуле РНК.
- **Полинуклеотиды.** При помощи фосфодиэфирных связей нуклеотиды образуют полинуклеотидную цепь, при этом ковалентные фосфодиэфирные связи соединяют 5'-атом углерода одного нуклеотида с 3'-атомом углерода следующего нуклеотида цепи. Последовательность нуклеотидов в цепи кодирует наследственную информацию.
- · **Экзон** — последовательность нуклеотидов, кодирующих молекулу РНК.
- · **Инtron** — некодирующая последовательность между экзонами. После синтеза РНК на ДНК-матрице (транскрипция) последовательности РНК, комплементарные последовательностям интронов, удаляются при помощи специальных ферментов, а оставшиеся последовательности сближаются (сплайсинг).
- · **Кодон** — последовательность из трёх смежных нуклеотидов, кодирующая какую-либо аминокислоту или терминацию полипептидной цепи.

# Биосинтез белка (схематично)

- Биосинтез белка осуществляется поэтапно в ядре и цитоплазме.
- В ядре происходит:
  1. Образование (транскрипция, процессинг, сплайсинг) всех видов РНК.
  2. Транспорт всех РНК и рибосом в цитоплазму.

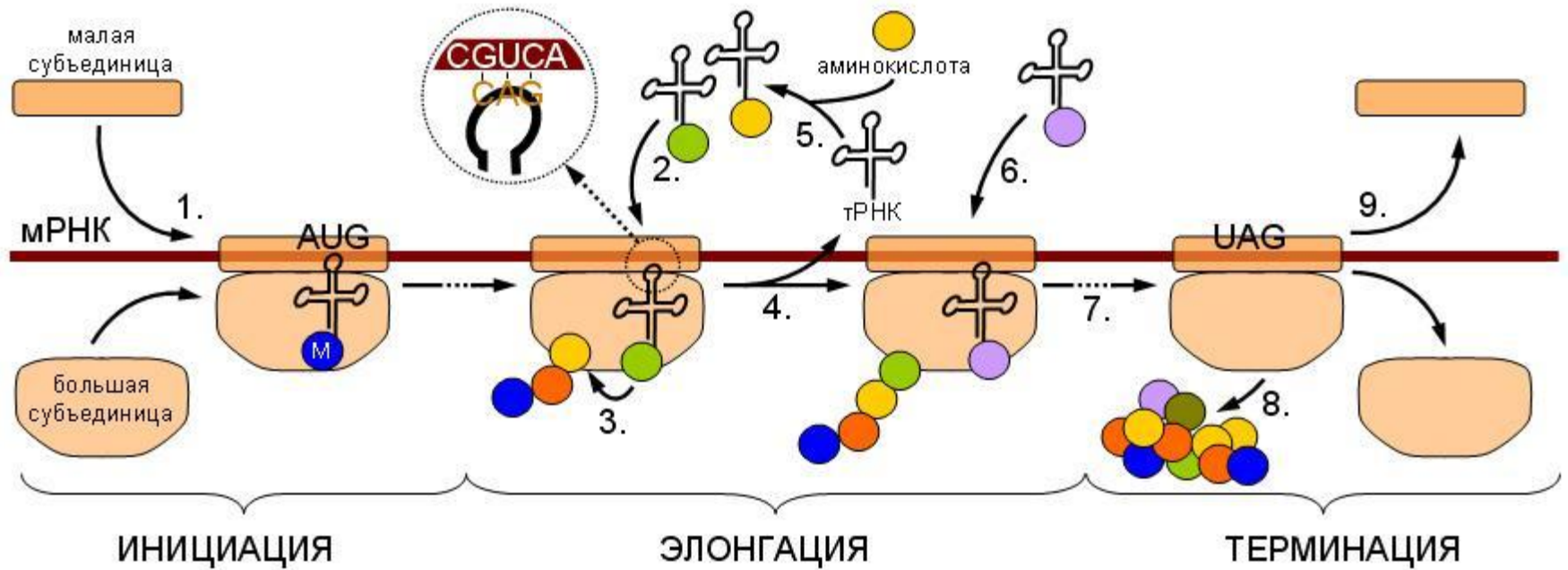


# Биосинтез белка (схематично)

- В цитоплазме идет трансляция (синтез) на свободных полисомах или гРЭПС белковых молекул по следующей схеме:
  1. Инициация
  2. Собственно трансляция (транслокация и элонгация)
  3. Терминация

# Биосинтез белка (схематично)

- Во время инициации последовательно происходит образование комплекса полной рибосомы – иРНК и присоединение тРНК с первой аминокислотой.
- В период собственно трансляции происходит, соответственно заданной программе, построение полипептидной цепочки (элонгация - удлинение).
- Терминация (окончание синтеза белка) осуществляется бессмысленными кодонами иРНК (остановка трансляции) и специальными терминирующими факторами, приводящими к диссоциации компонентов БСА.



## Общая схема трансляции.

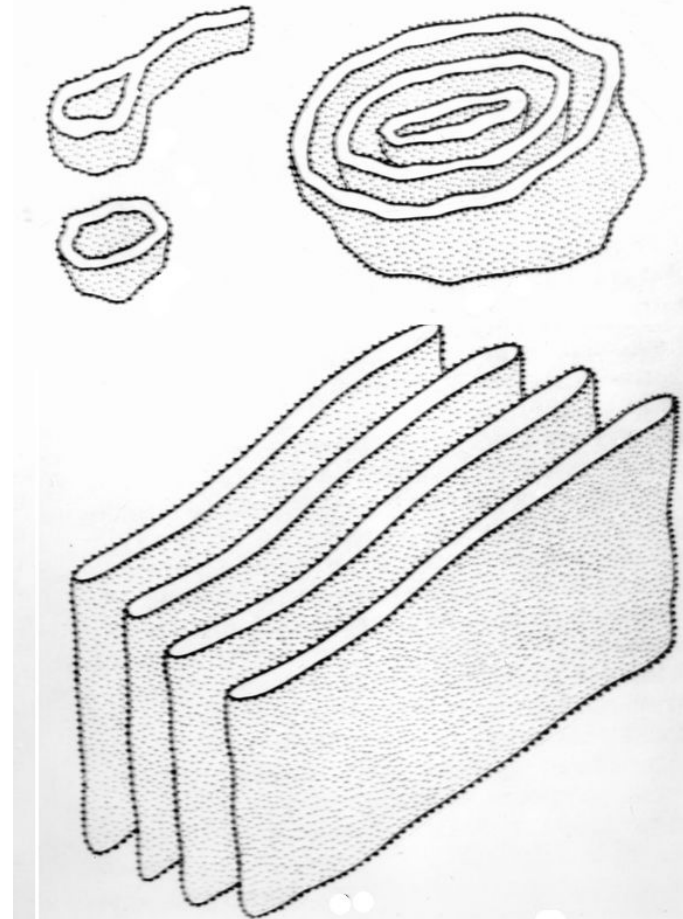
**Инициация.** 1. Узнавание стартового кодона (AUG), сопровождается присоединением тРНК аминокислотированной метионином (М) и сборкой рибосомы из большой и малой субъединиц.

**Элонгация.** 2. Узнавание текущего кодона соответствующей ему аминокислот-тРНК (комплементарное взаимодействие кодона мРНК и антикодона тРНК увеличено). 3. Присоединение аминокислоты, принесённой тРНК, к концу растущей полипептидной цепи. 4. Продвижение рибосомы вдоль матрицы, сопровождающееся высвобождением молекулы тРНК. 5. Аминокислотирование высвободившейся молекулы тРНК соответствующей ей аминокислот-тРНК-синтетазой. 6. Присоединение следующей молекулы аминокислот-тРНК, аналогично стадии (2). 7. Движение рибосомы по молекуле мРНК до стоп-кодона (в данном случае UAG).

**Терминация.** Узнавание рибосомой стоп-кодона сопровождается (8) отсоединением новосинтезированного белка и в некоторых случаях (9) диссоциацией рибосомы

# Эндоплазматическая сеть (ЭПС)

- Это замкнутая, единая система цистерн, трубочек, уплощенных или расширенных канальцев, окруженных биологической мембраной.



# Эндоплазматическая сеть (ЭПС)

- Выделяют:

## 1. гранулярную

или

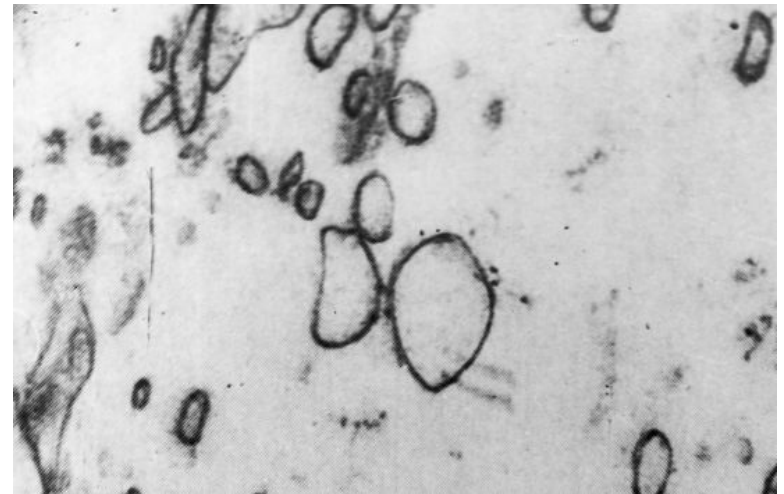
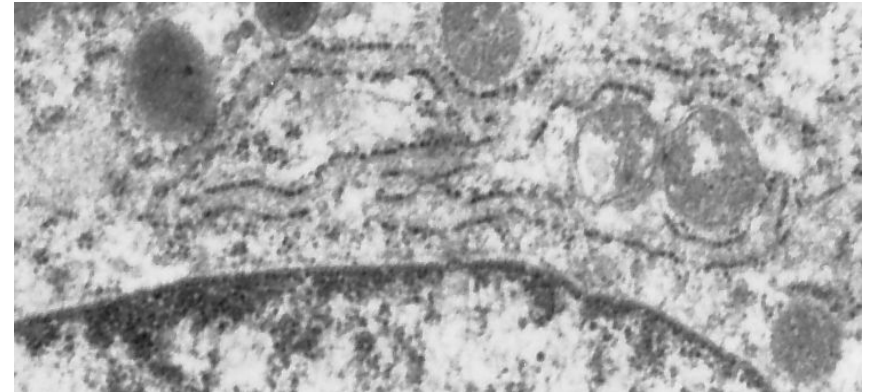
шероховатую

ЭПС (грЭПС,  
шЭПС),

## 2. агранулярную

или гладкую

(аЭПС, глЭПС)

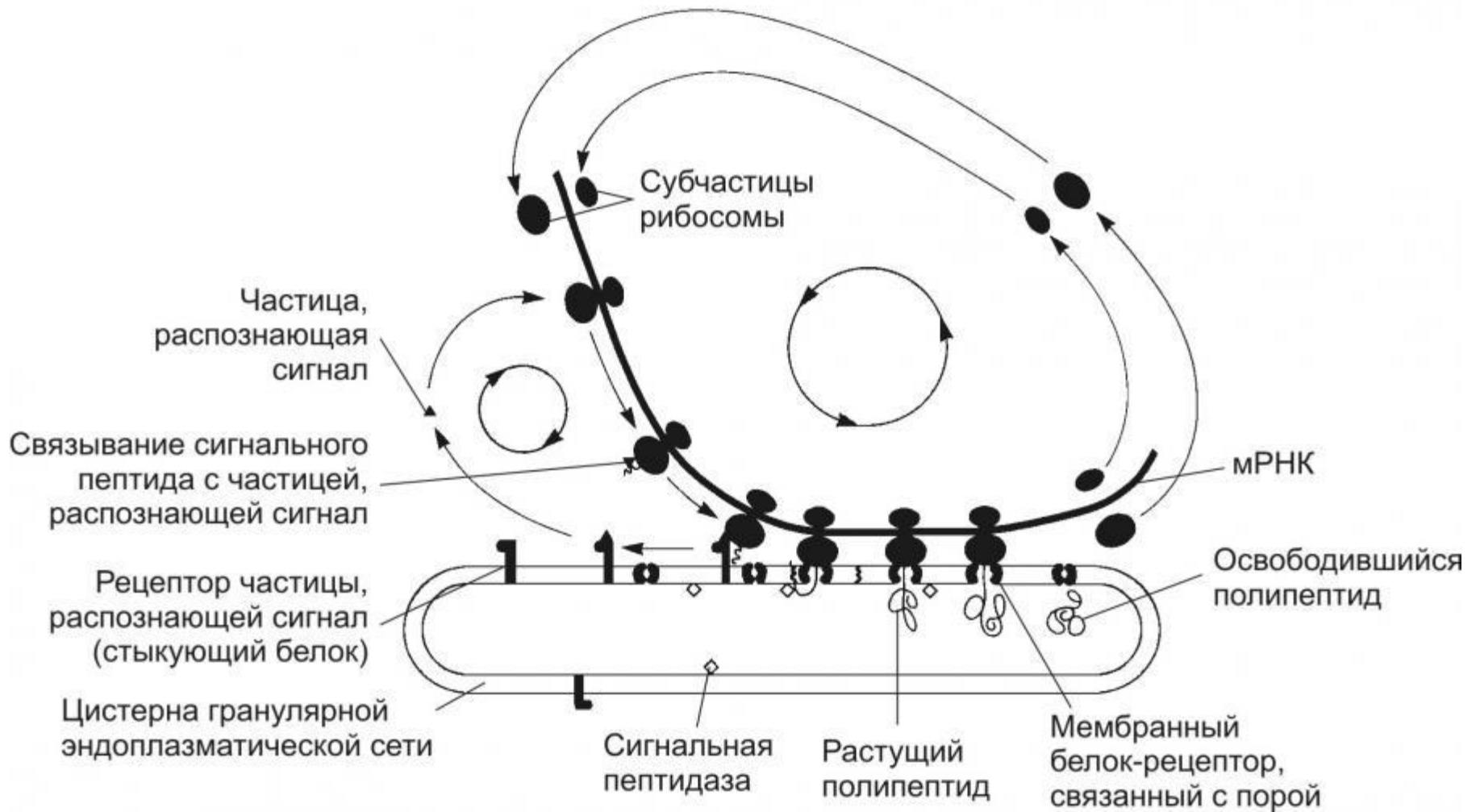




# Гранулярная ЭПС

- Гранулярная ЭПС обеспечивает синтез всех мембранных белков, в том числе циторецепторов (за исключением некоторых белков внутренней мембраны митохондрий), белков пищеварительной системы клетки, и белков, предназначенных для экспорта из клетки, а также сегрегацию (отделение) этих белков от цитоплазмы.
- На наружных участках грЭПС располагаются рибосомы, а синтезируемый продукт поступает в просвет сети для доработки и транспортировки в цитоплазму или ПКГ. Мембраны грЭПС содержат уникальный белок – *рибофорин*, который отвечает за присоединение рибосомы и является каналом, через который синтезируемая белковая цепь попадает в полость сети.





Сигнальная гипотеза поступления секреторных, мембранных и лизосомных белков в гранулярную эндоплазматическую сеть.

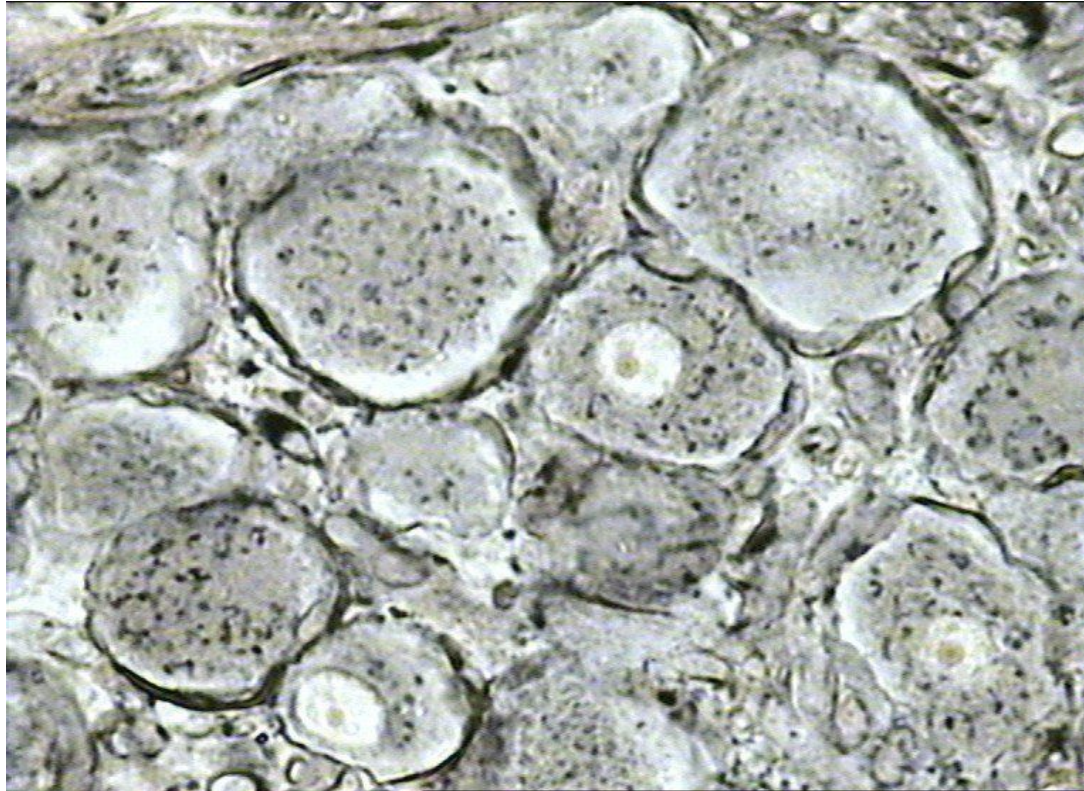
# Функции грЭПС

- Обеспечивает синтез белков, липидов и углеводов, а также начальное посттрансляционное преобразование белков (их дополнительное гидроксигликозилирование, метилирование, сульфатирование и правильное пространственное формирование вторичной и третичной структуры белка).

# Агранулярная ЭПС

- Это участки эндоплазматической сети, на которых отсутствуют рибосомы и осуществляет:
  1. синтез липидов (в т.ч. холестерина и стероидных гормонов);
  2. углеводов (в т.ч. гликогена);
  3. детоксикацию экзо- и эндогенных веществ (клетки печени);
  4. запасание кальция (поперечно-полосатая мышечная ткань);
  5. восстановление мембраны некоторых органелл в телофазе митоза.

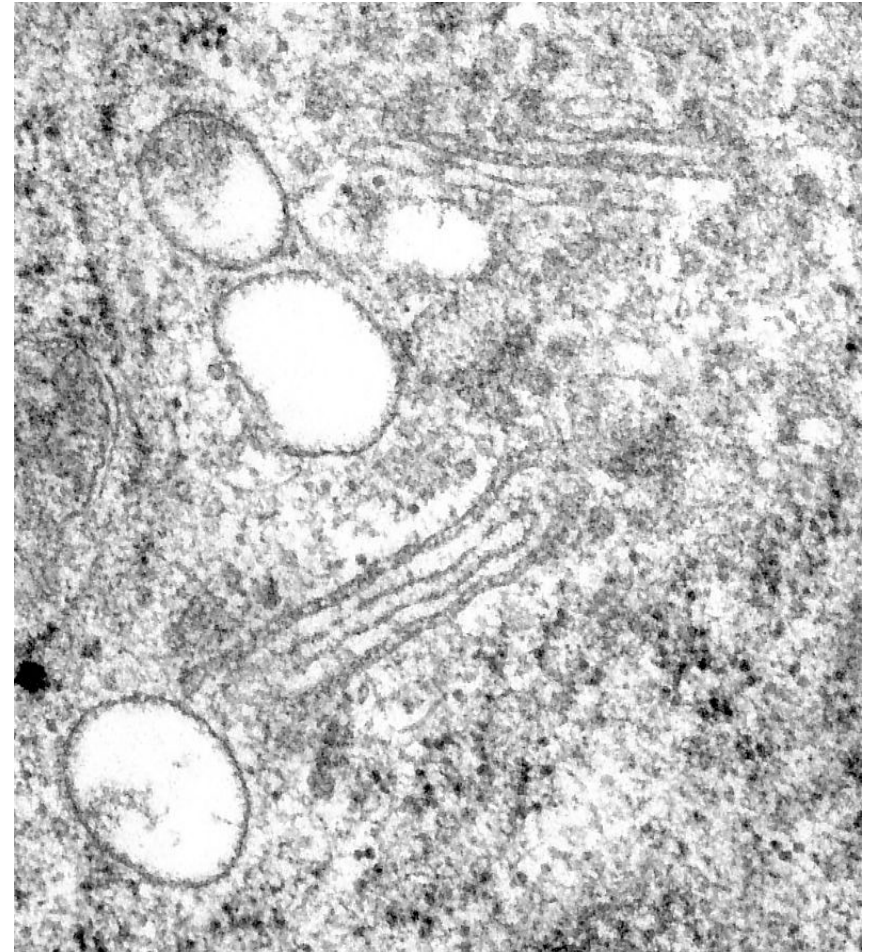
# Пластинчатый комплекс Гольджи (ПКГ)



- в световом микроскопе имеет вид сети или отдельных диктиосом, расположенных возле ядра или произвольно в цитоплазме

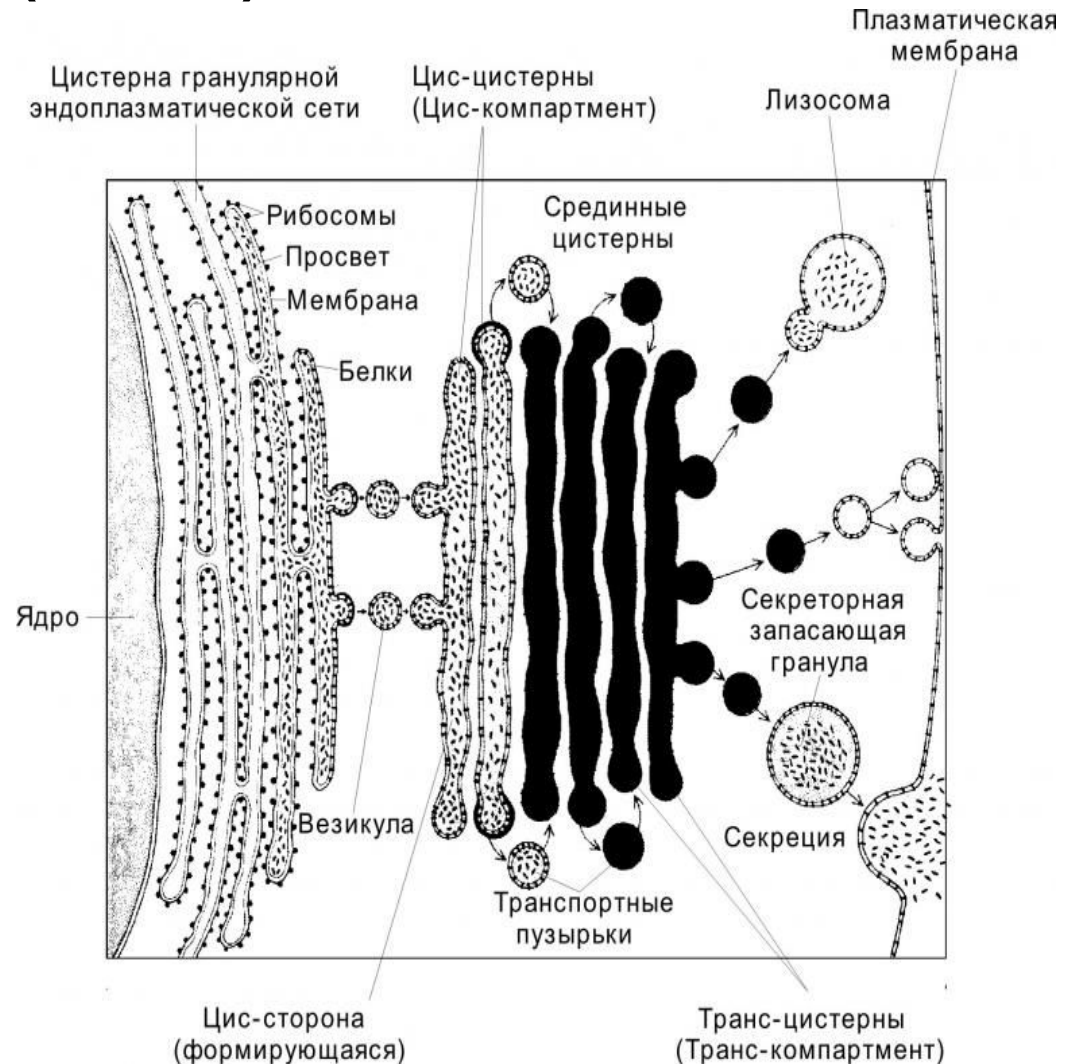
# Пластинчатый комплекс Гольджи (ПКГ)

- Под электронным микроскопом представляет собой мембранную органеллу, состоящую из:
  - а) стопки уплощенных цистерн, мешочков («блюдец», «тарелок»),
  - б) крупных вакуолей,
  - в) мелких пузырьков.



# Пластинчатый комплекс Гольджи (ПКГ)

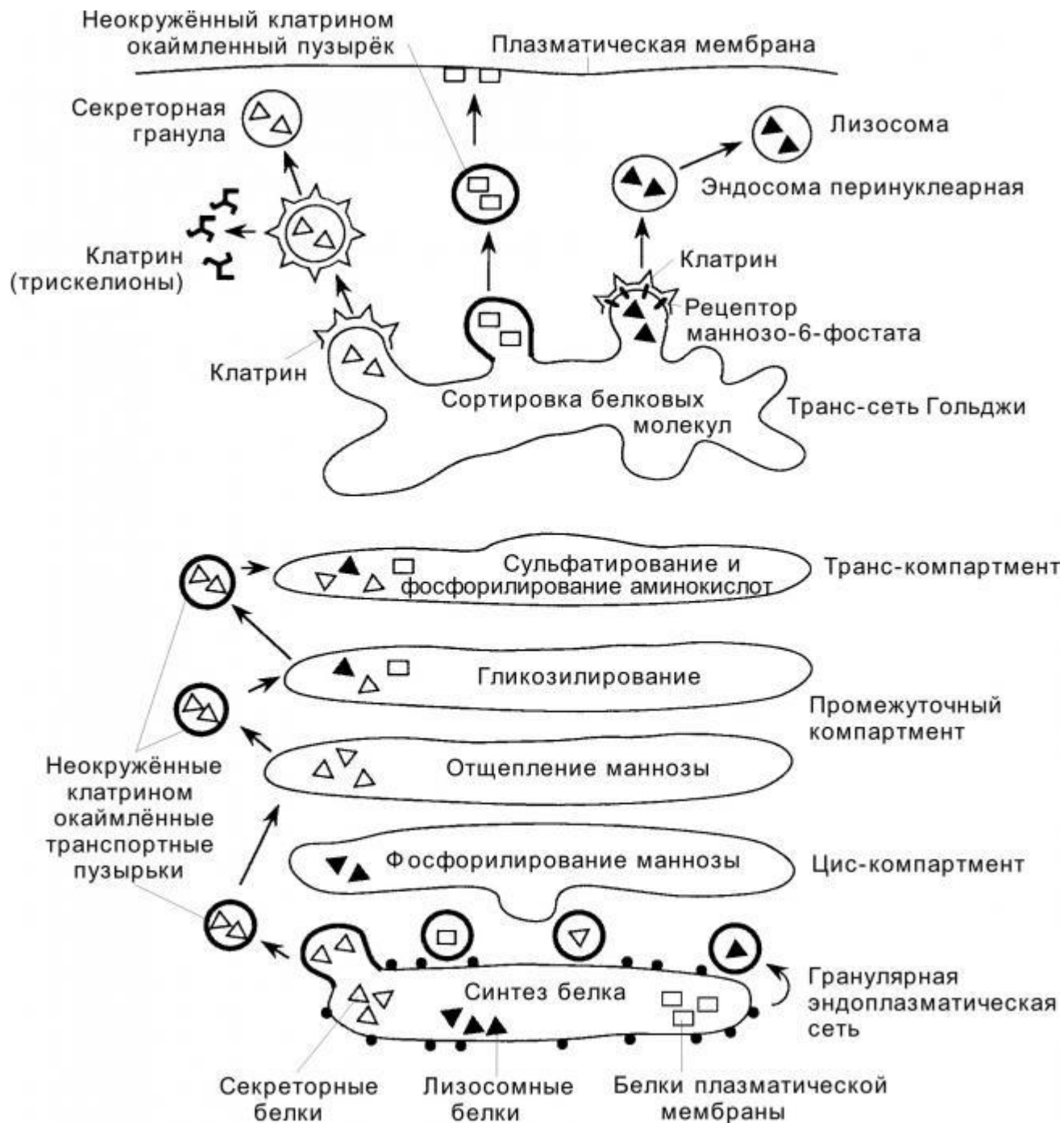
- Пространственно ПКГ представляет поляризованную структуру, имеющую две морфологические и функционально различные поверхности:
  - 1. цис - сторона, формирующаяся (незрелая), обращенная к ЭПС;
  - 2. транс - сторона зрелая, обращенная к цитолемме (плазмолемме), от которой отделяются крупные вакуоли.



# Пластинчатый комплекс Гольджи (ПКГ)

- Цистерны имеют вид изогнутых дисков, диаметром 0,5 – 5 мкм, объединяясь по 3 - 30 формируют стопку. Между цистернами имеется пространство шириной 15 – 30 нм. Периферические отделы цистерн расширены и от них отделяются пузырьки и вакуоли.
- Пузырьки представляют собой умеренно электроплотные структуры диаметром 40 – 80 нм.
- Вакуоли являются электроплотными образованиями и их размер достигает 0,1 – 1 мкм.





# Функции ПКГ

1. Доработка (процессинг) продуктов, поступивших из ЭПС (включение углеводных или липидных компонентов в белковые молекулы, с образованием гликопротеинов и липопротеинов)
2. Конденсация секреторного продукта и образование секреторных гранул (лизосом и др.)
3. Упаковка секретируемых веществ в мембраны
4. Экспорт секрета за пределы клетки.

Спасибо за внимание!

