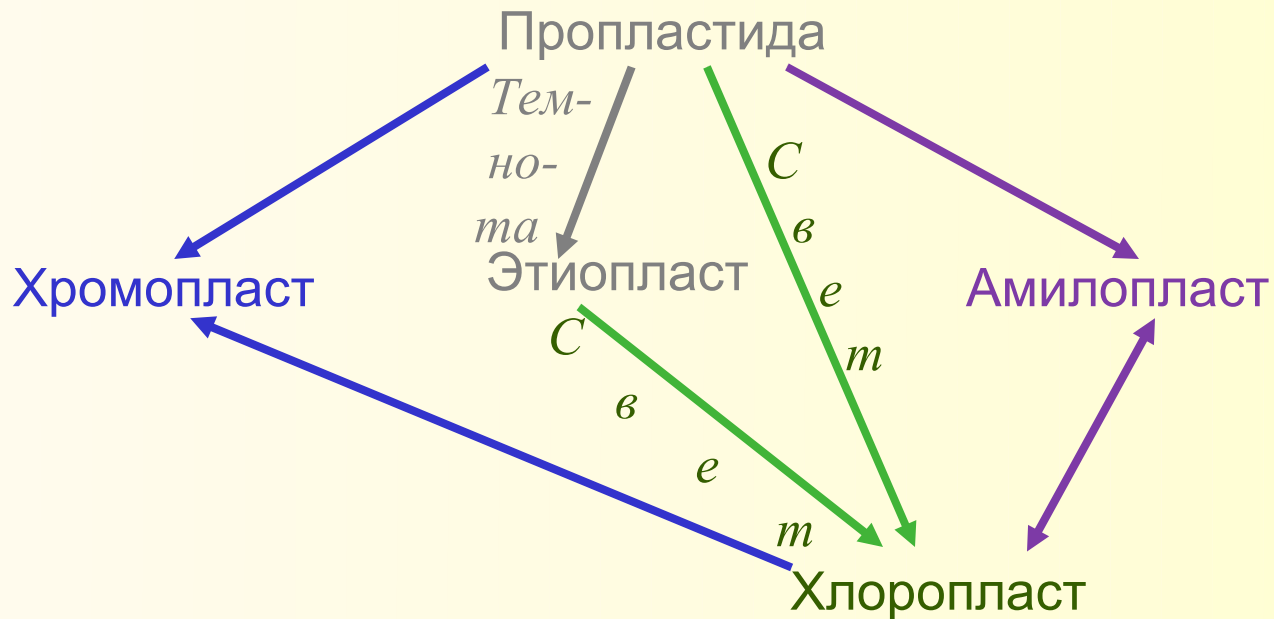


# Пластиды- органоиды растительных клеток и фотосинтезирующих простейших

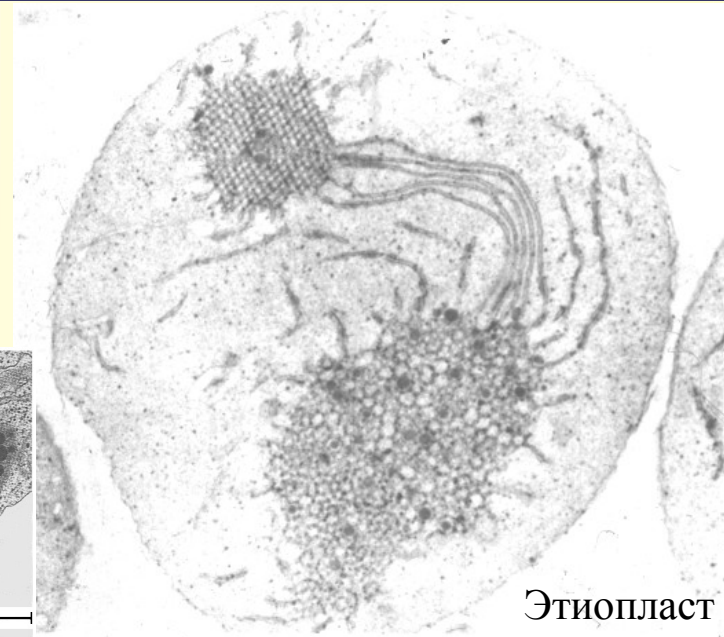


Виды пластид и их взаимопревращения.

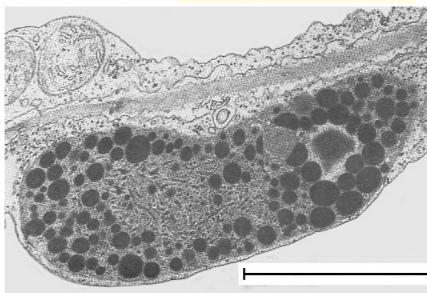
# Виды пластид



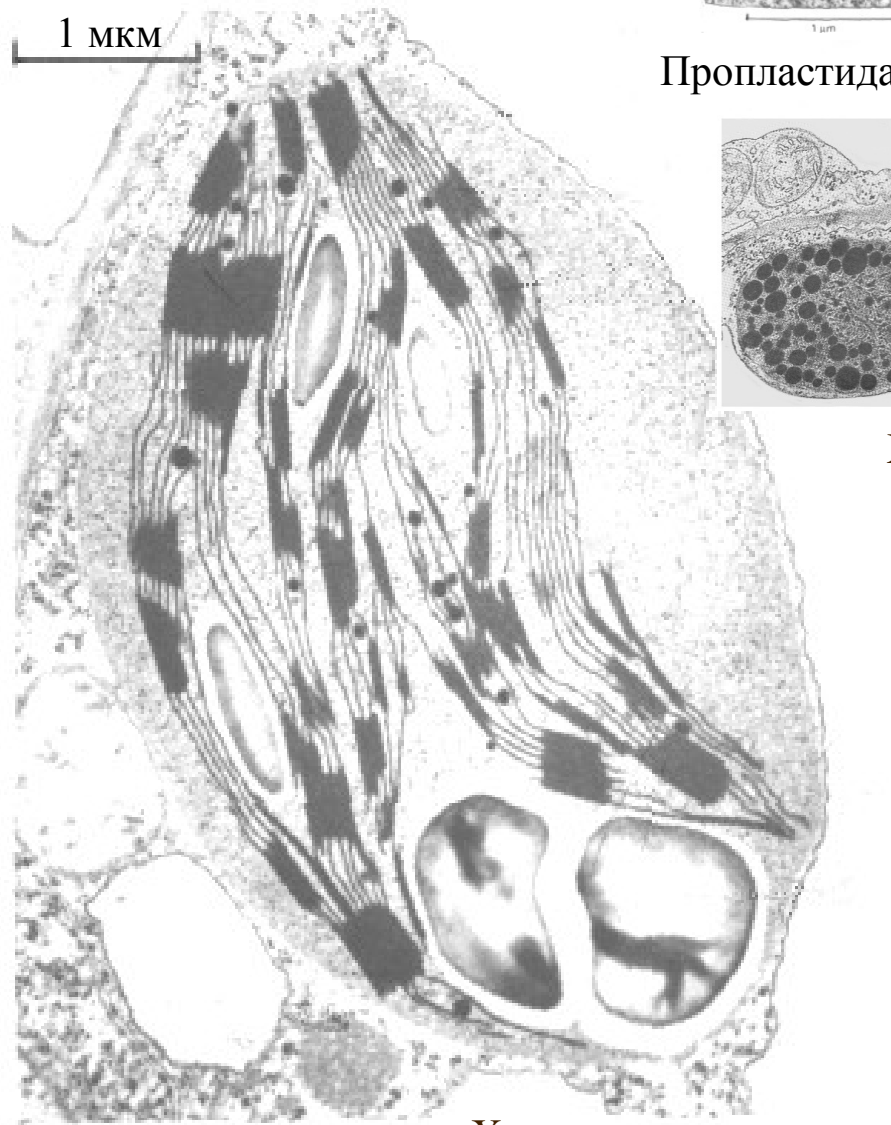
Пропластида



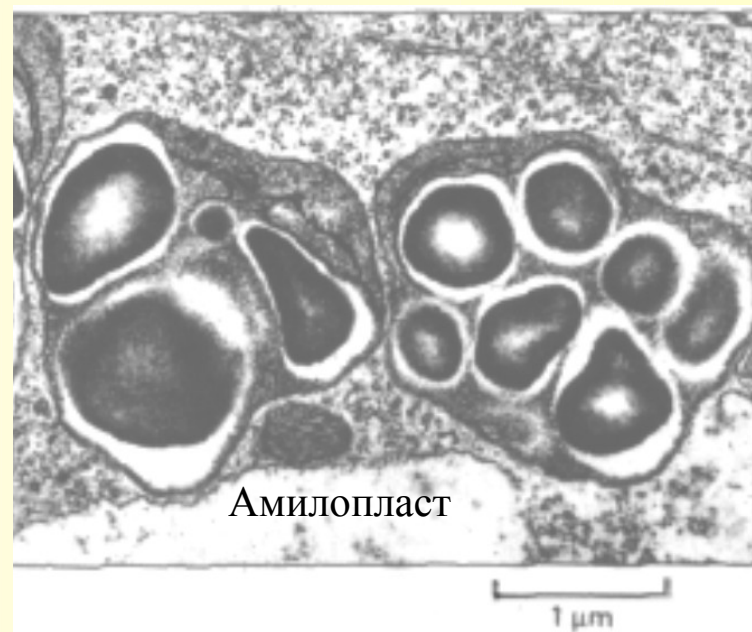
Этиопласт



Хромопласт

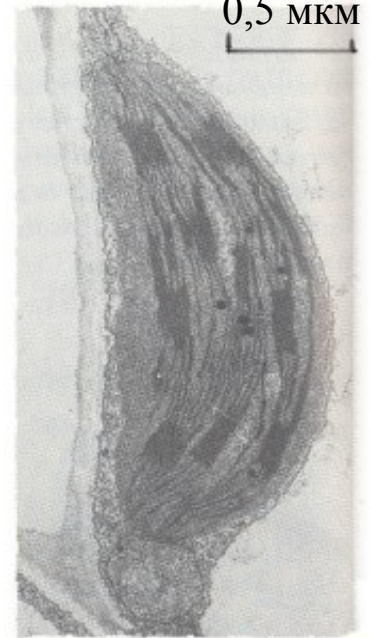
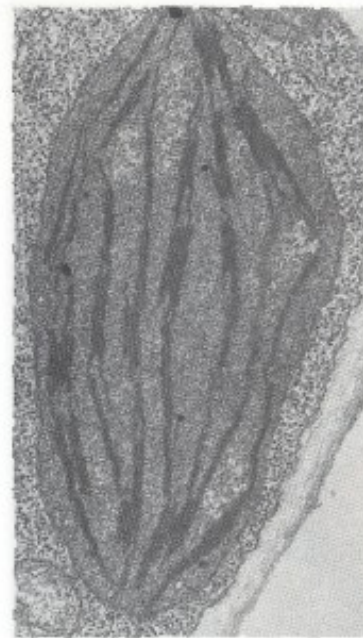
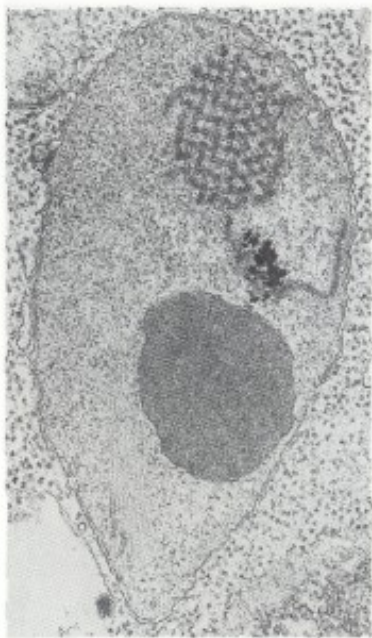


Хлоропласт

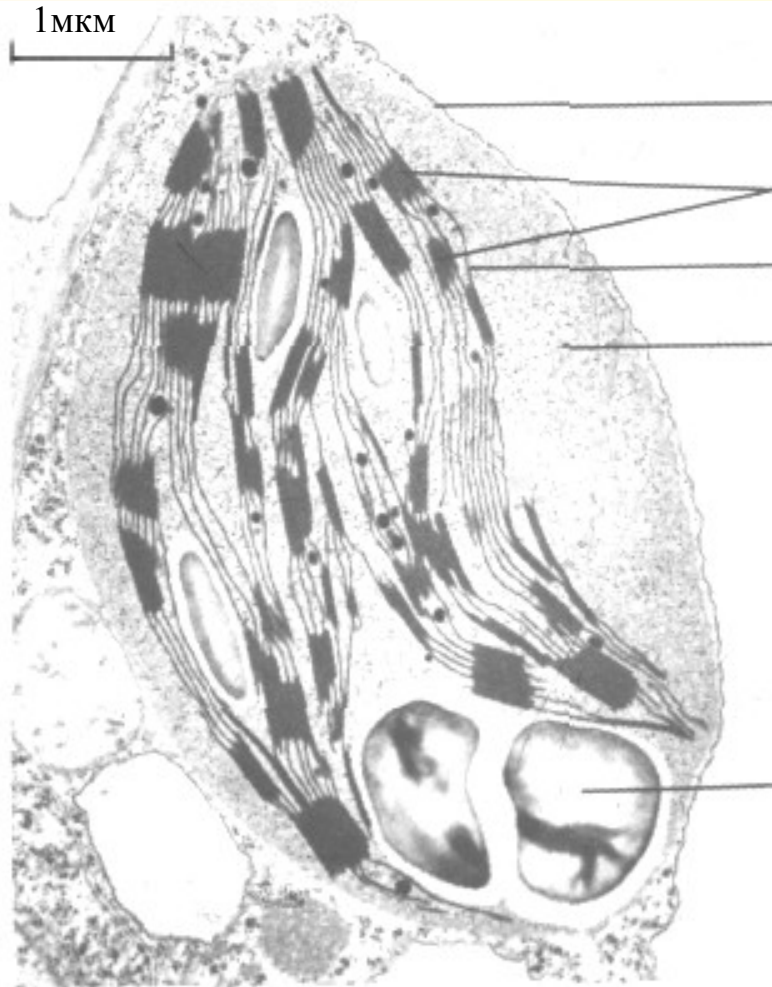


Амилопласт

## Переход от этиопласта к хлоропласту



# Хлоропласты

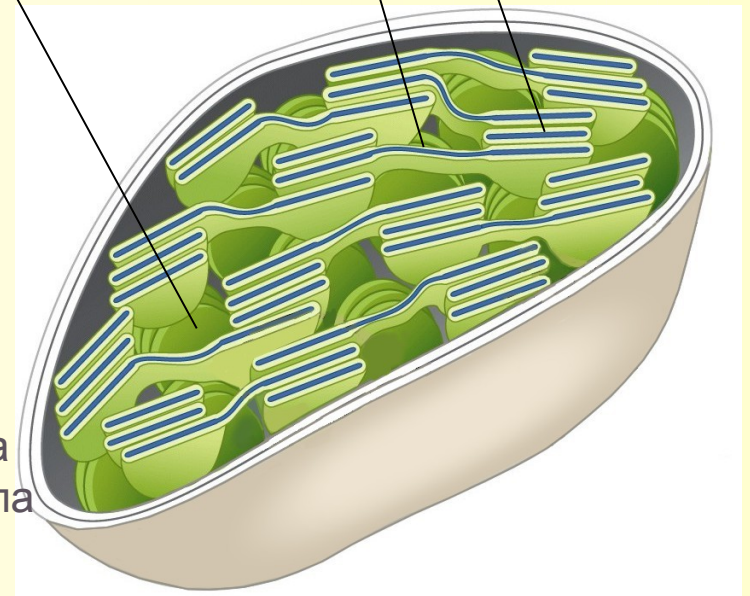


Тонопласт

Стопки тилакоидов - граны  
Межгранный тилакоид

Строма

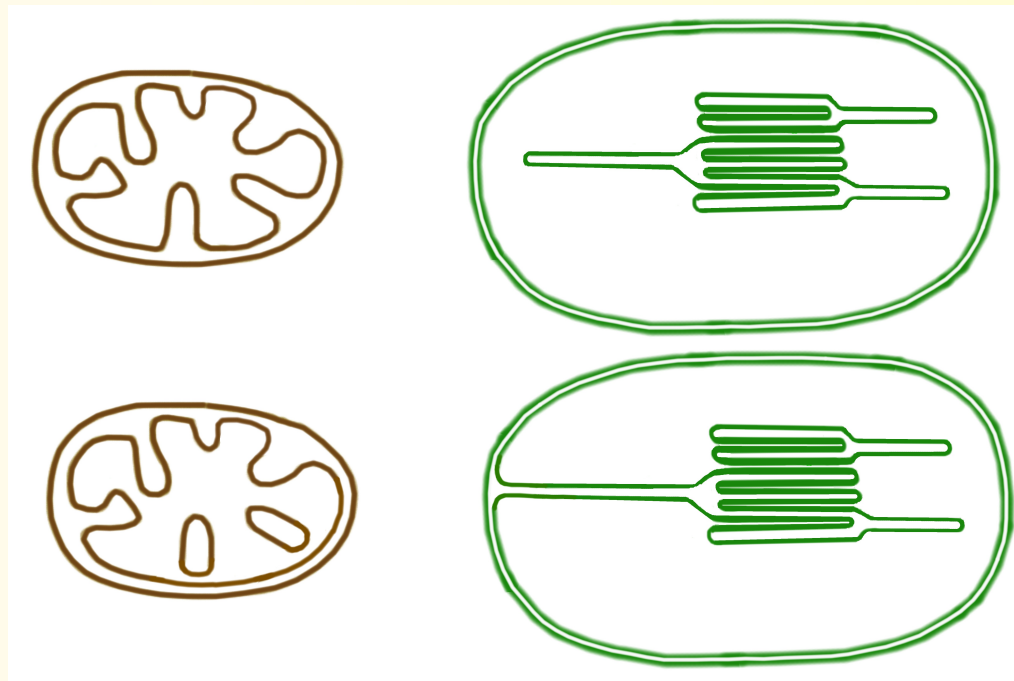
Гранула  
крахмала



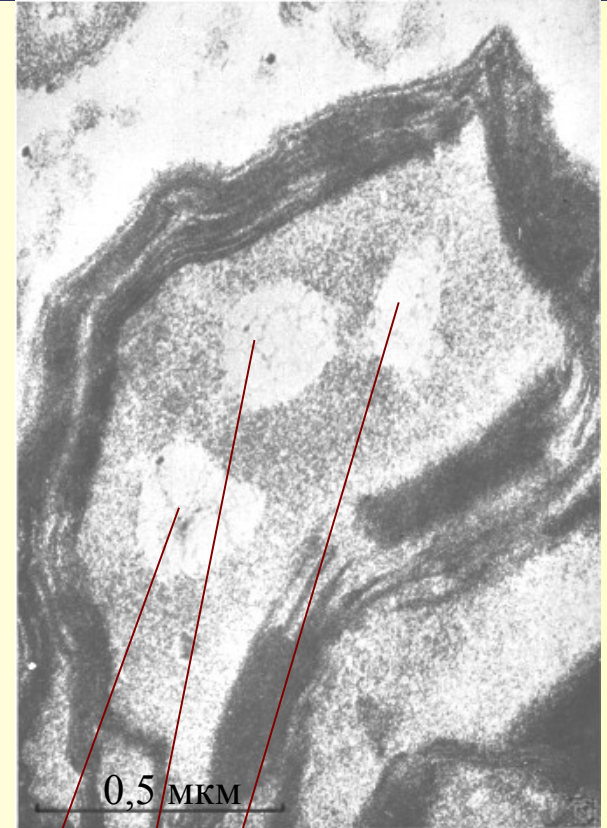
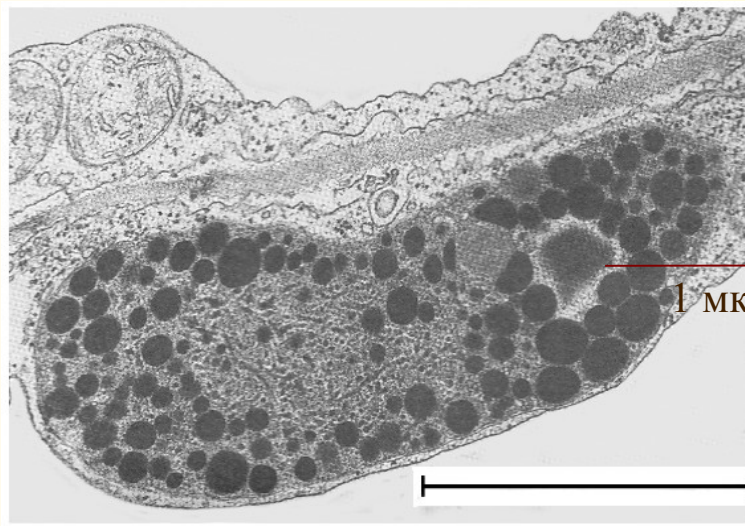
Хлоропласты и митохондрии имеют структурное сходство: две мембраны, внутренняя складчатая, внутреннее пространство – строма у хлоропластов, матрикс у митохондрий.

При образовании складок внутренней мембраны у хлоропластов происходит её отделение, Получается как бы третья мембрана. Но это именно внутренняя мембрана.

Складки внутренней мембраны тесно сближены, и в этих местах располагаются молекулы хлорофилла



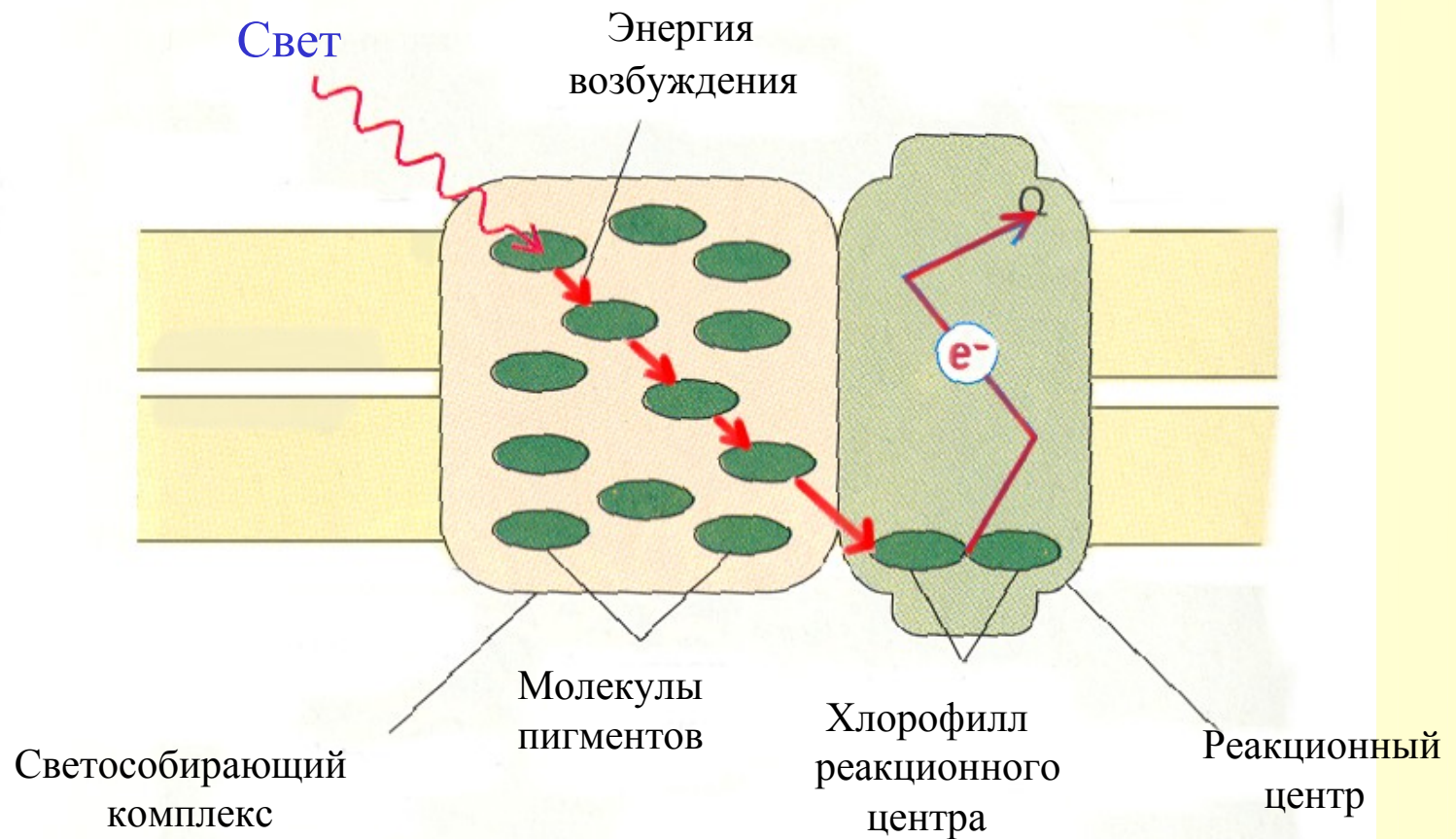
В строме пластид, также как в матриксе митохондрий, расположены ДНК, РНК и рибосомы, т. е. там идут процессы репликации, транскрипции и трансляции.



Расположение  
молекул ДНК



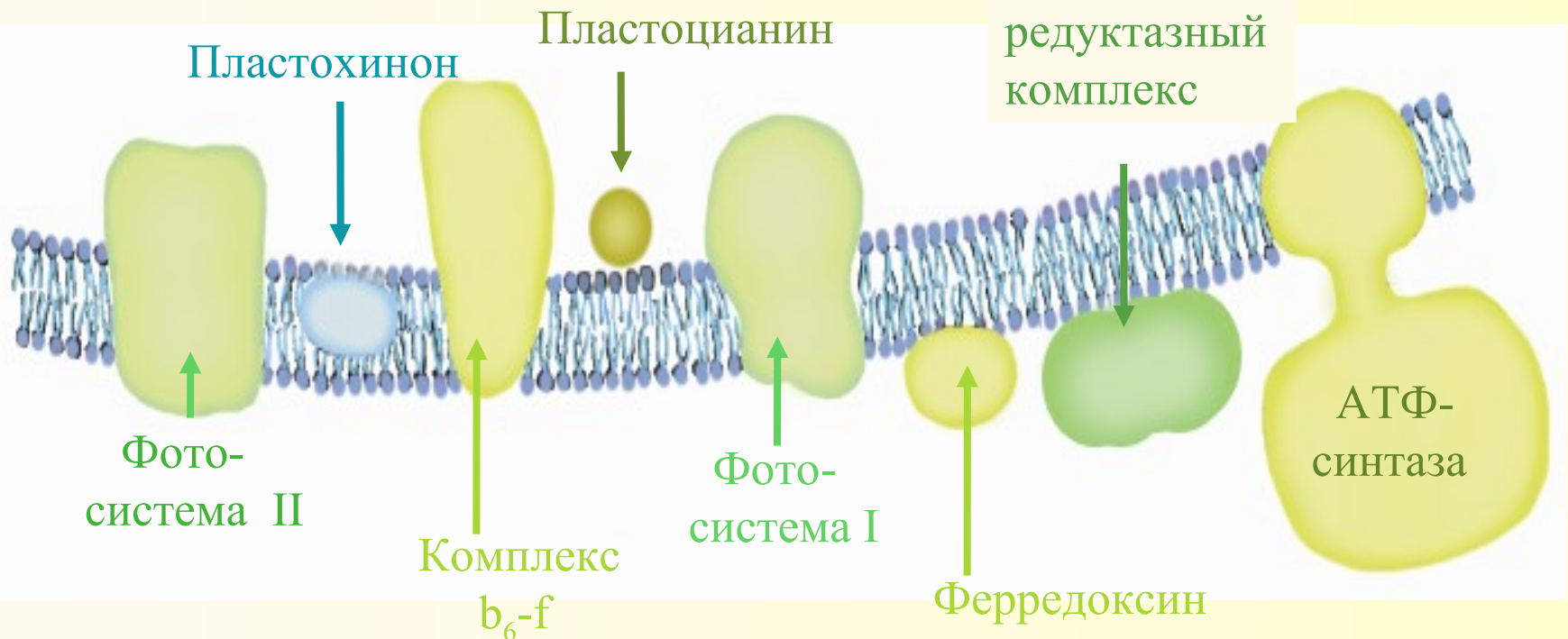
Антенный комплекс – комплекс пигментов, собирает энергию и передает ее в реакционный центр фотосистем.





ЦПЭ хлоропластов находится в мембране тилакоидов. В ней больше компонентов, чем у митохондрий. Пластоцианин, так же как и цитохром С ЦПЭ митохондрий, расположен не в мембране, а во внутреннем пространстве тилакоидов.

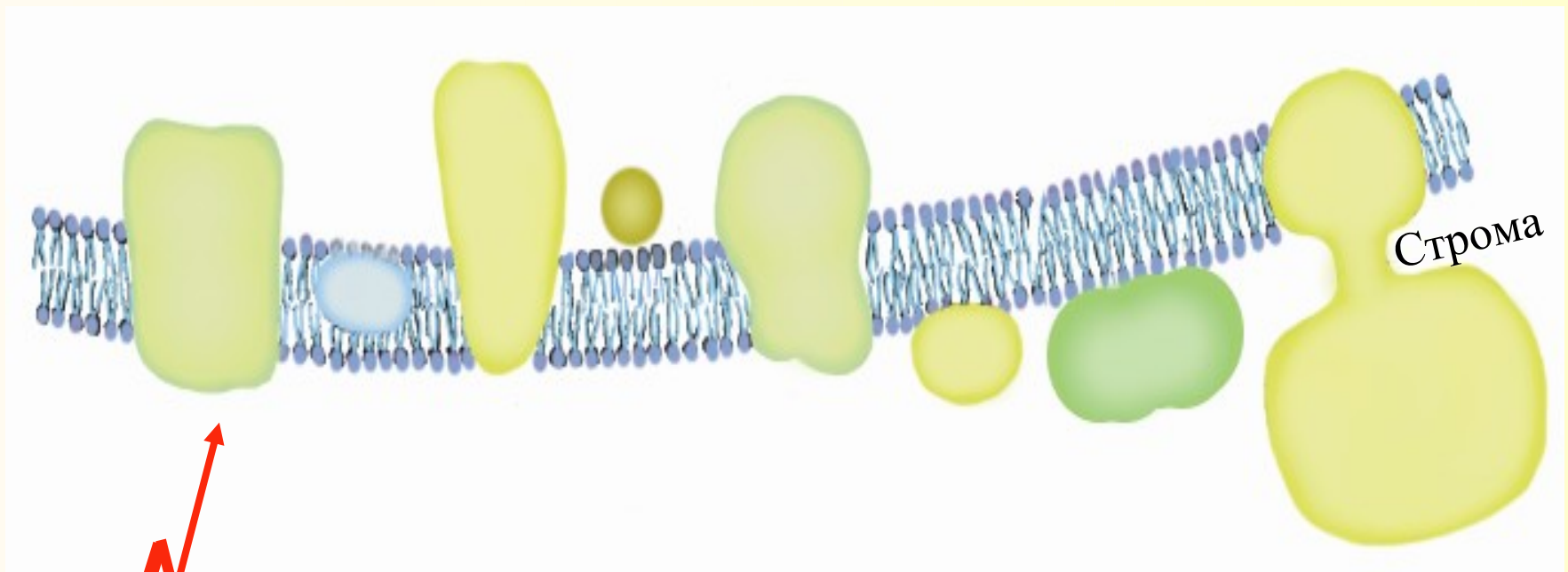
*Внутритилакоидное пространство*



*Строма*

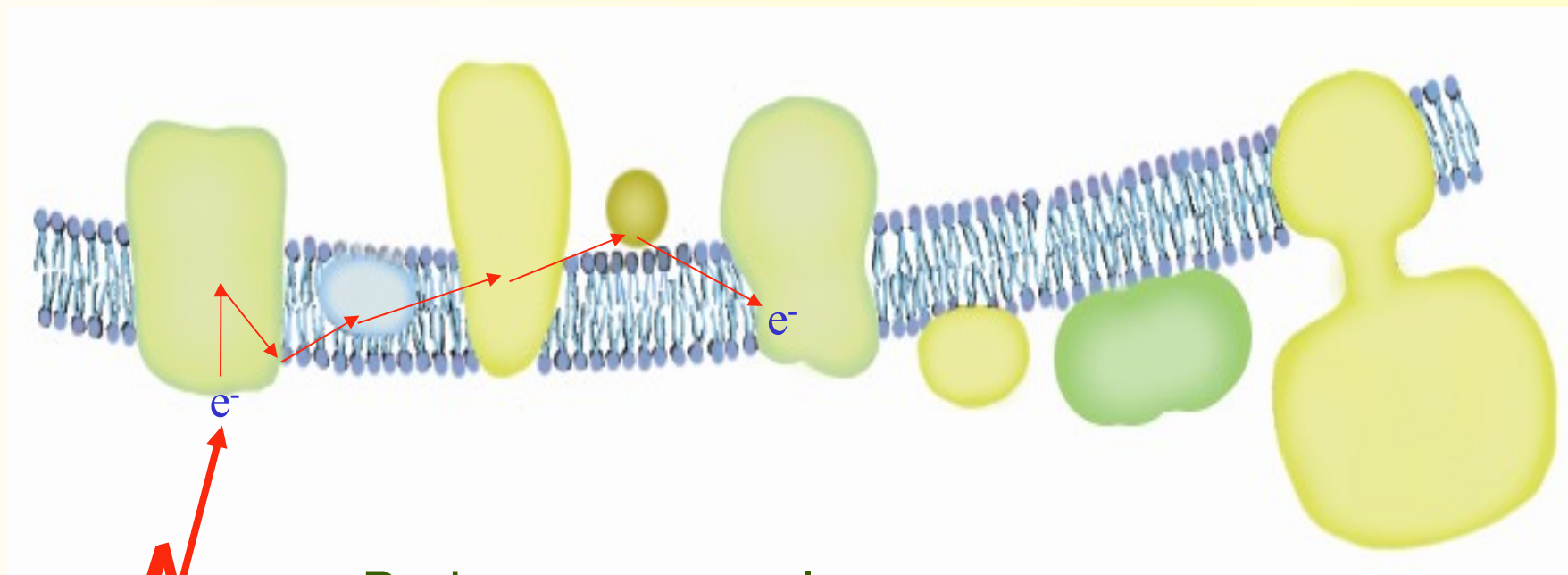
Работа цепи переноса электронов начинается с поглощения квантов света и возбуждения электрона, который покидает реакционный в фотосистеме II и отправляется по ЦПЭ

Внутритилакоидное пространство



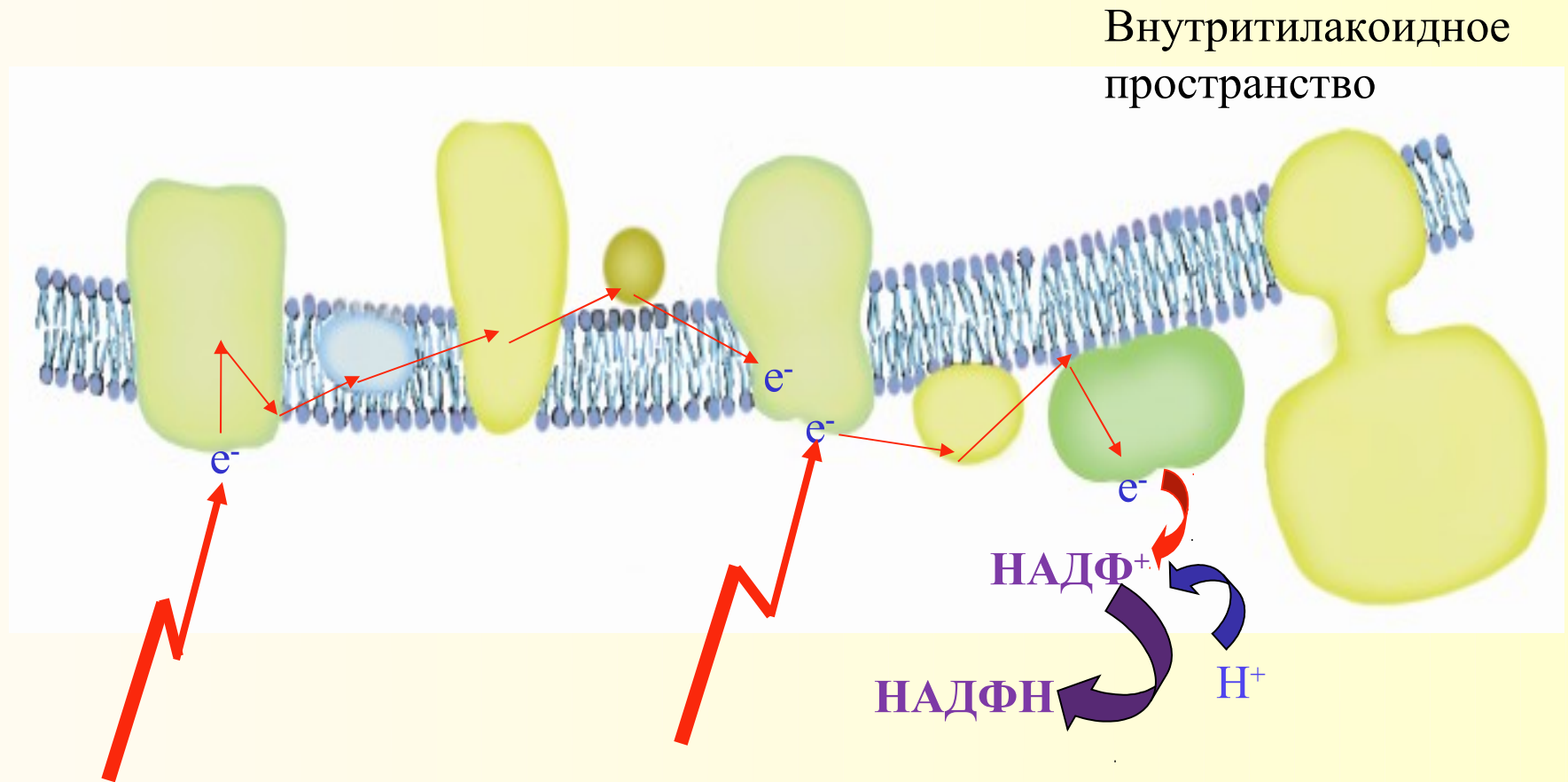
Компоненты ЦПЭ хлоропластов постоянно перемещаются по мембране, но могут передать электрон друг другу только в той последовательности, которая изображена на рисунке.

Внутритилакоидное пространство

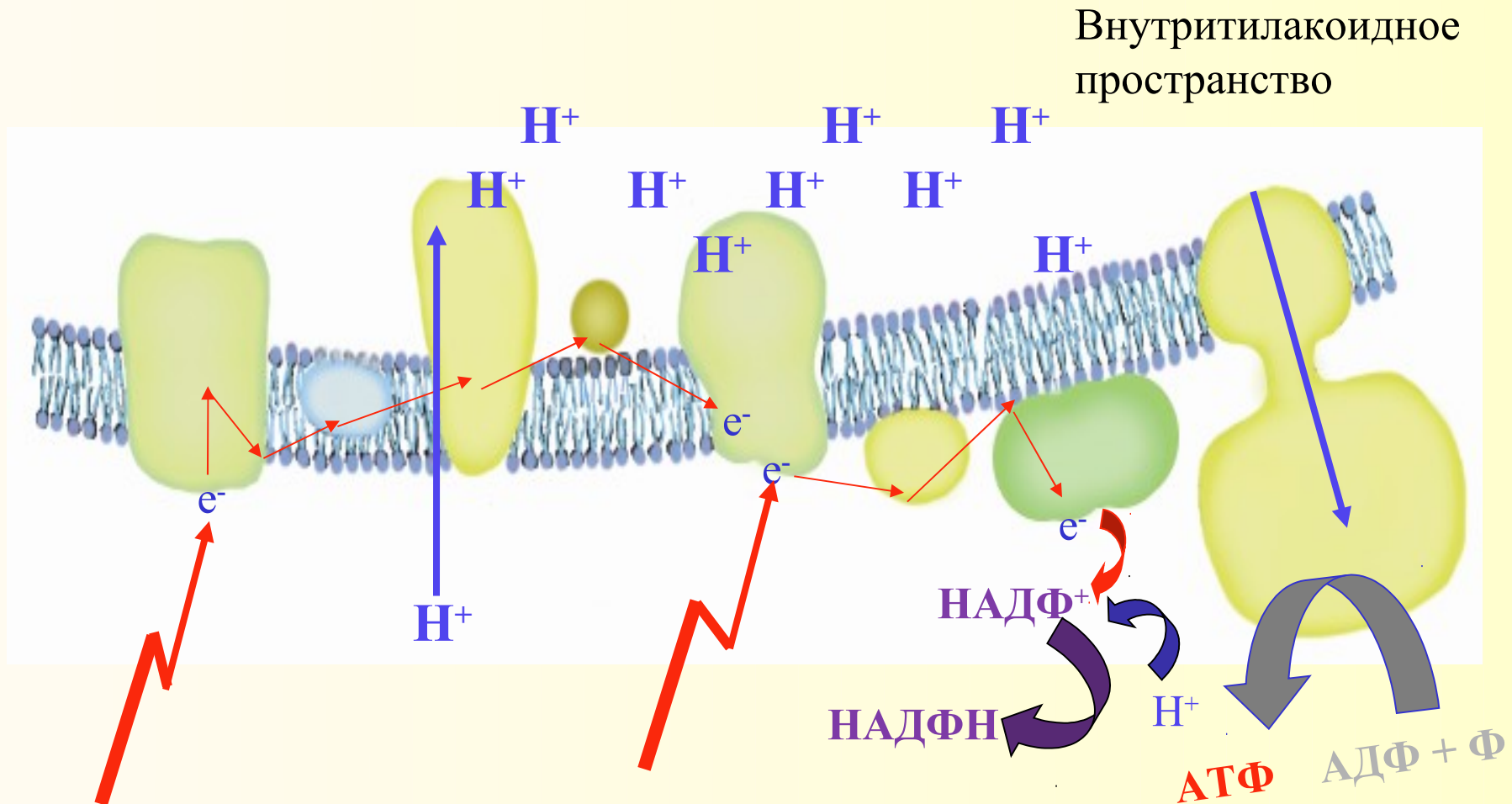


В фотосистему I электрон приходит, потеряв всю свою энергию

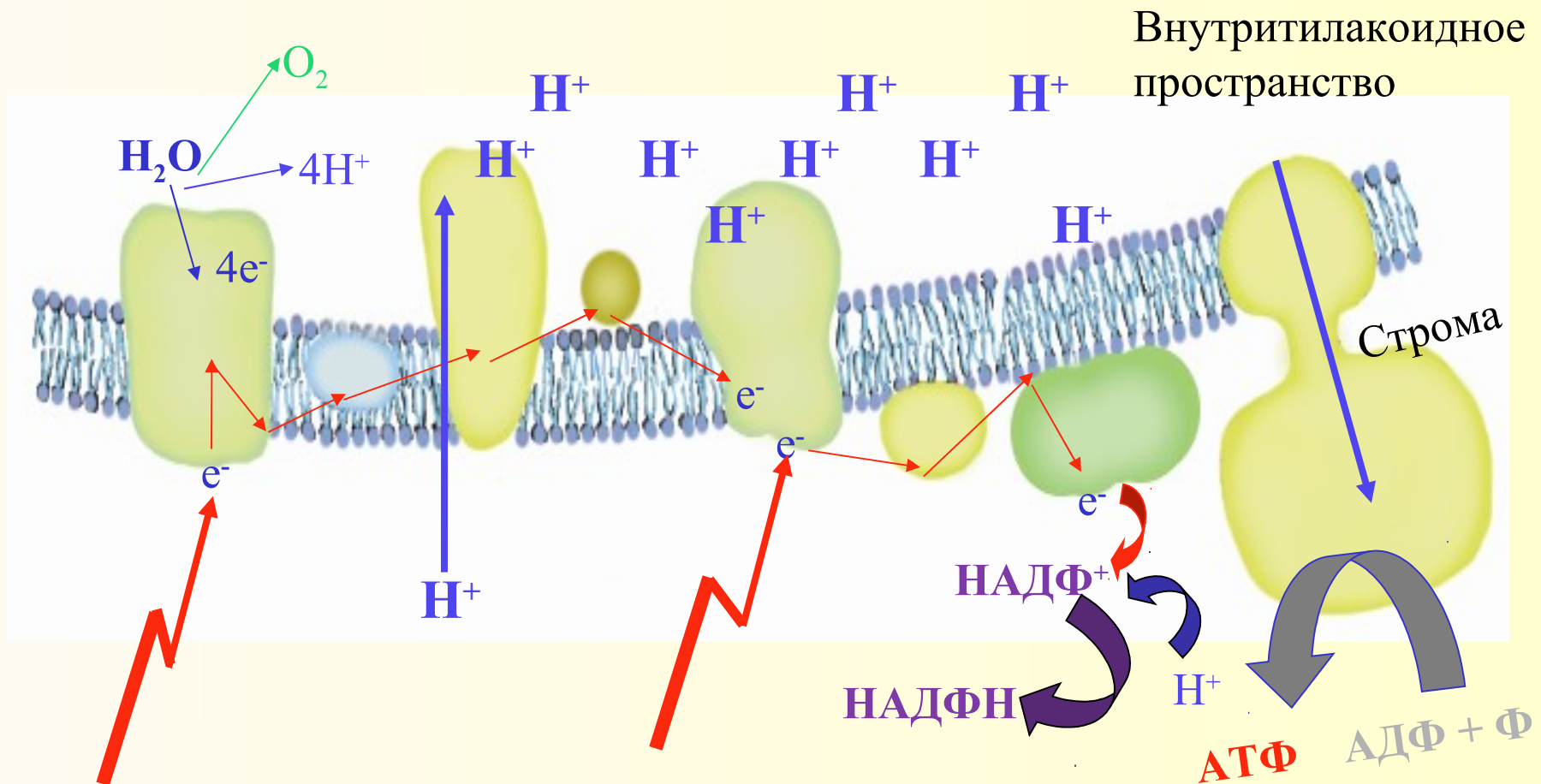
После поглощения квантов света фотосистемой I путь по ЦПЭ продолжает новый электрон, его место занимает электрон, пришедший из фотосистемы II. Последним акцептором электрона является НАДФ. Он присоединяет  $2\text{H}^+$ , и образуется  $\text{НАДФН}^+$ .



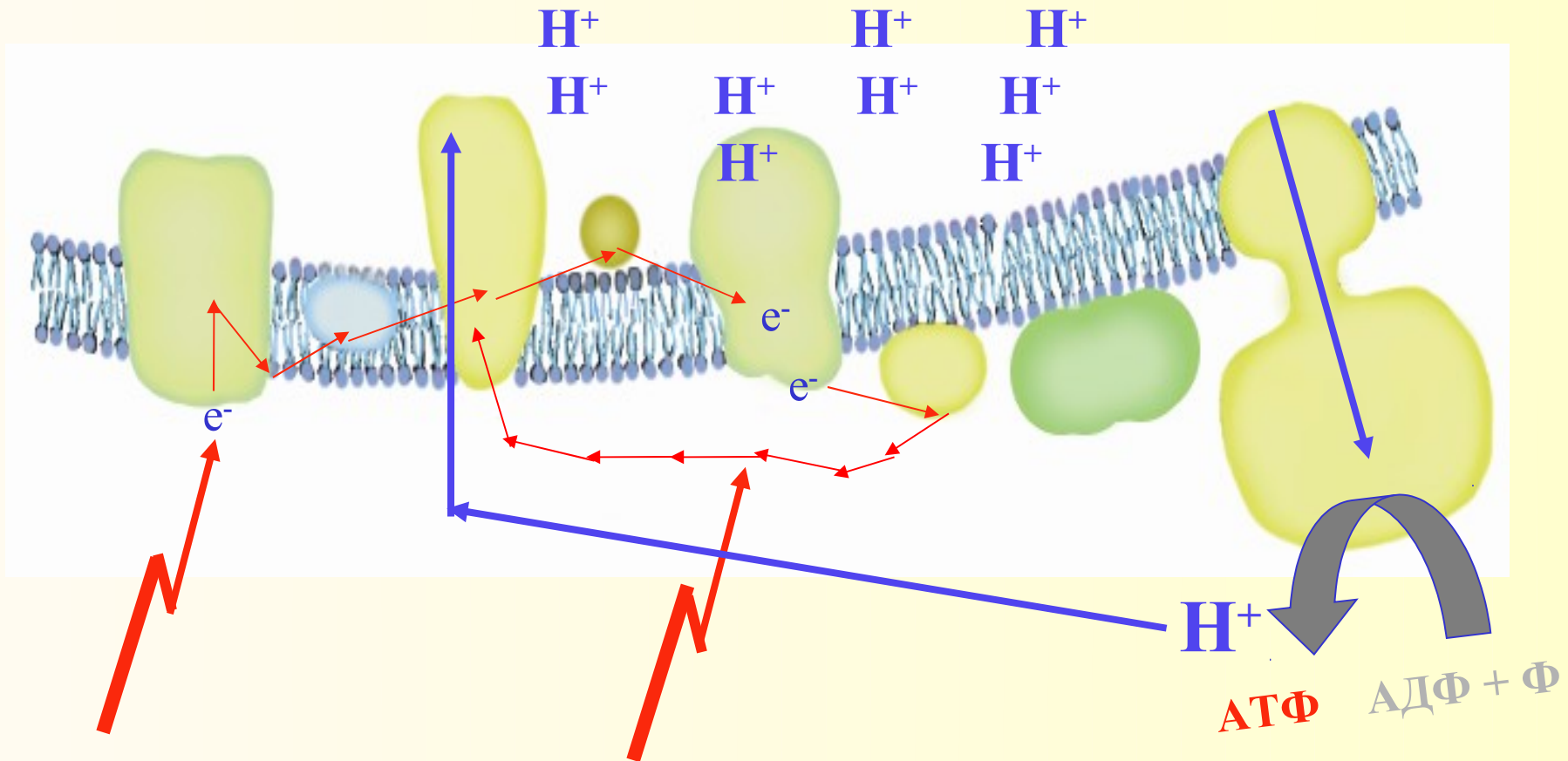
Перекачивание протонов производит комплекс цитохромов. Из внутритилакоидного пространства протоны идут в строму через АТФ-синтазу, которая очень похожа на АТФ-синтазу митохондрий, и делает ту же работу — присоединяет фосфат к АДФ.



В фотосистеме II находятся ферменты, которые при поглощении квантов света расщепляют  $\text{H}_2\text{O}$  (**фотолиз воды**) на  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$  и  $e^-$ .  $\text{O}_2$  диффундирует из клетки. Протоны уходят в строму через АТФ-синтазу, а  $e^-$  занимают место тех, которые под действием квантов света ушли из реакционного центра по ЦПЭ.



Клетка умеет регулировать относительное количество НАДФН+ и АТФ. Если необходимо больше АТФ, то ферредоксин начинает передавать электрон не НАДФ-редуктазному комплексу, а комплексу цитохромов  $b_6-f$  — ЦПЭ начинает работать по **циклическому пути**.



Фотосинтез — состоит из двух стадий, которые называются световой и темновой. Для световой стадии необходим свет, для темновой нужны АТФ, протоны и электроны, которые образовались в результате фотолиза воды, работы ЦПЭ и АТФ-синтазы. Реакции темновой стадии на свету проходят более интенсивно.

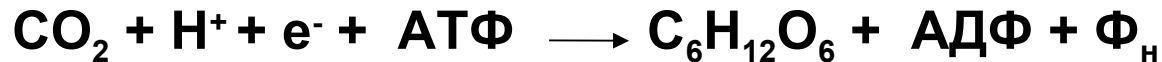
*Фотолиз:*



*Световая стадия фотосинтеза:*

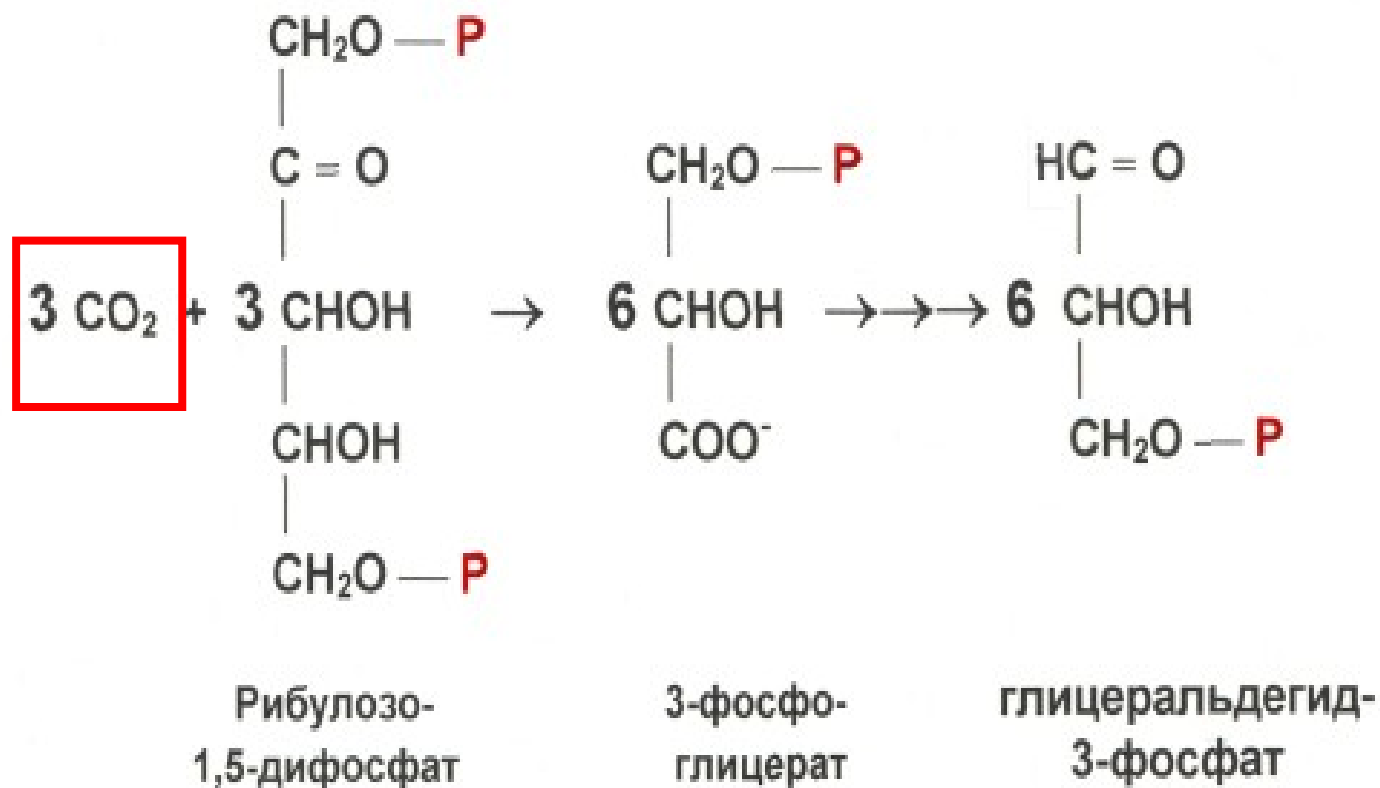


*Темновая стадия фотосинтеза:*

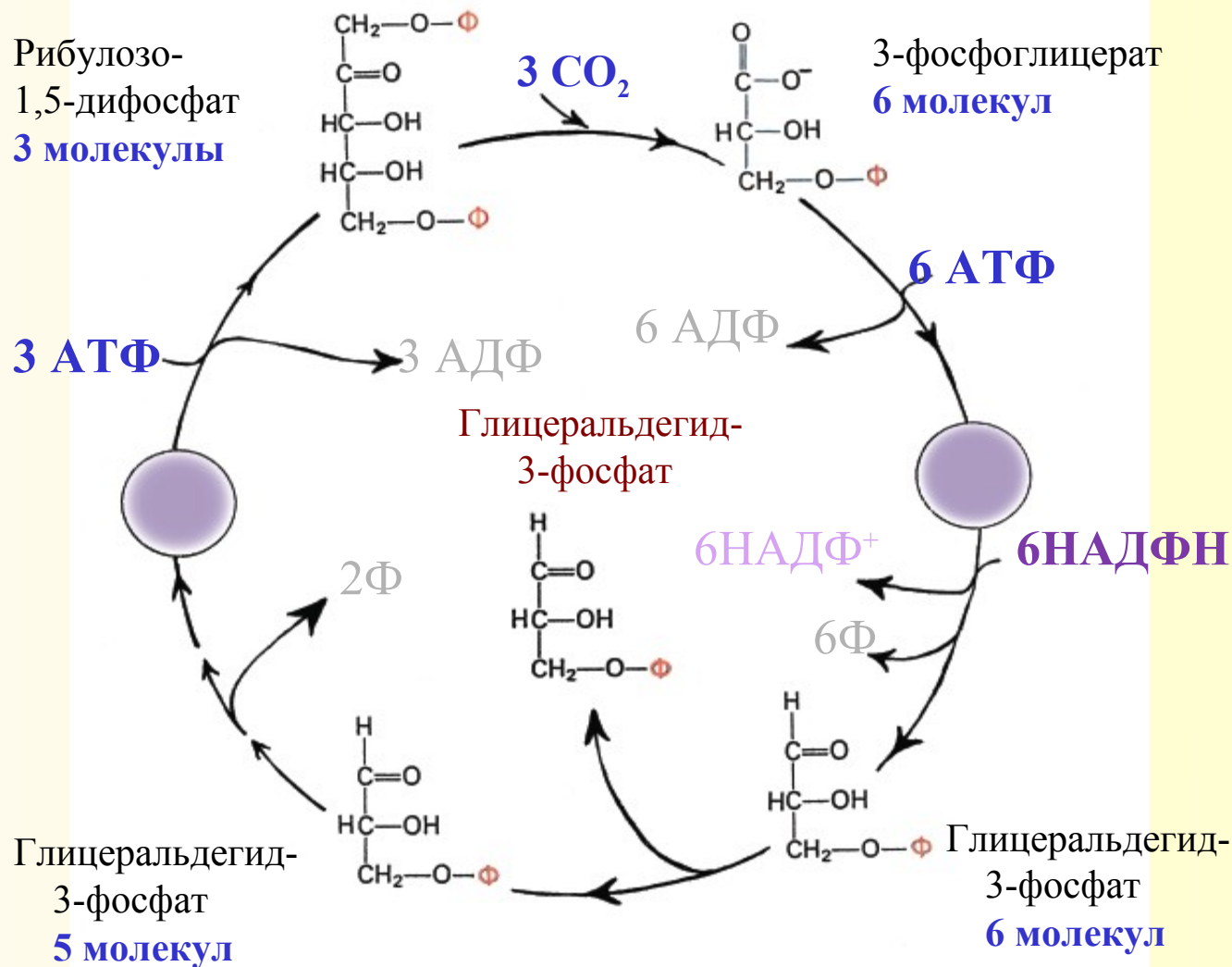




Ключевой процесс темновой стадии - **цикл Калвина-Бенсона** — присоединение молекулы углекислого газа к органическому соединению, рибулозо-1,5-дифосфату. После этого идет цепь превращений, в ходе которой опять возникает рибулозо-1,5-дифосфат и **глицеральдегид-3-фосфат** — продукт, из которого могут синтезироваться глюкоза и другие органические вещества.



# Ферменты цикла Калвина-Бенсона находятся в строме хлоропластов.



Именно **глицеральдегид-3-фосфат** является первичным продуктом темновой стадии фотосинтеза.

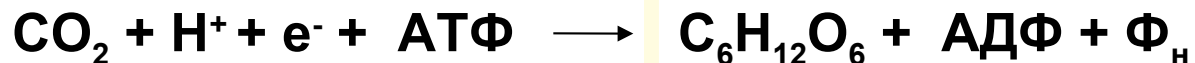
*Фотолиз:*



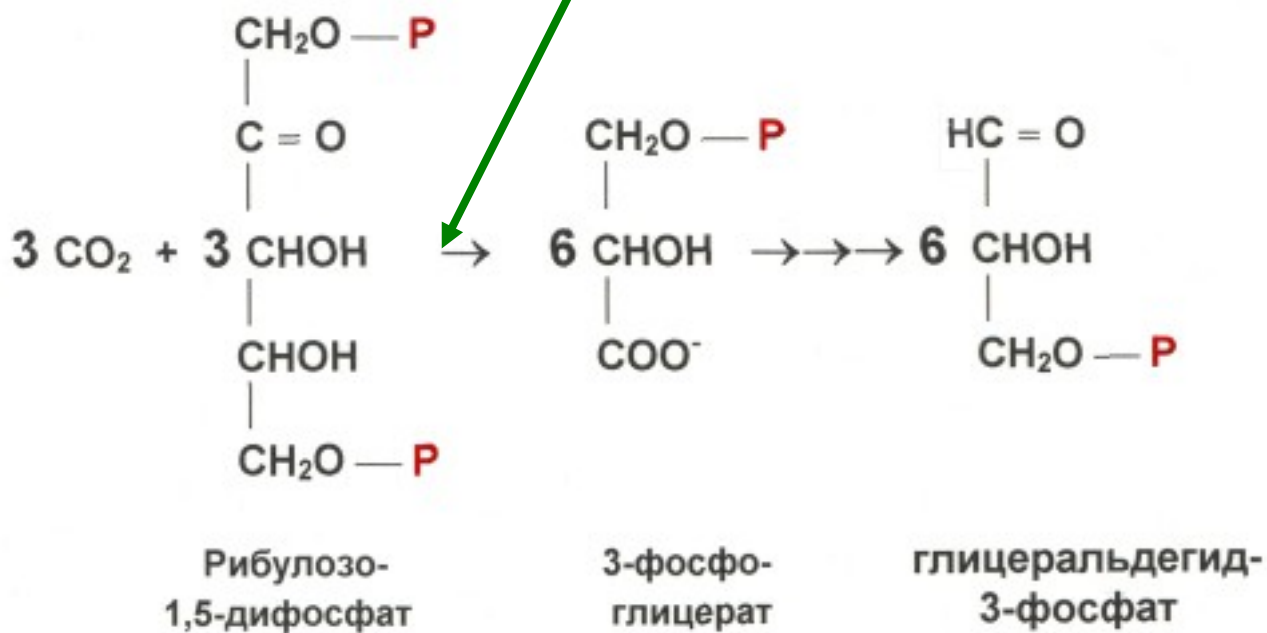
*Световая стадия фотосинтеза:*

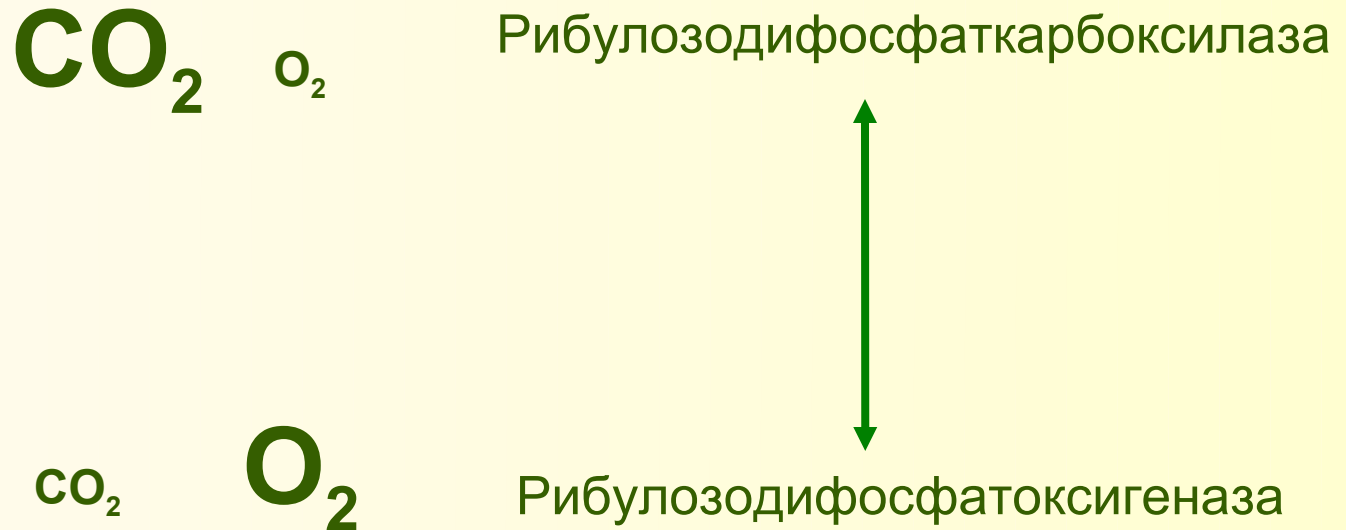


*Темновая стадия фотосинтеза:*



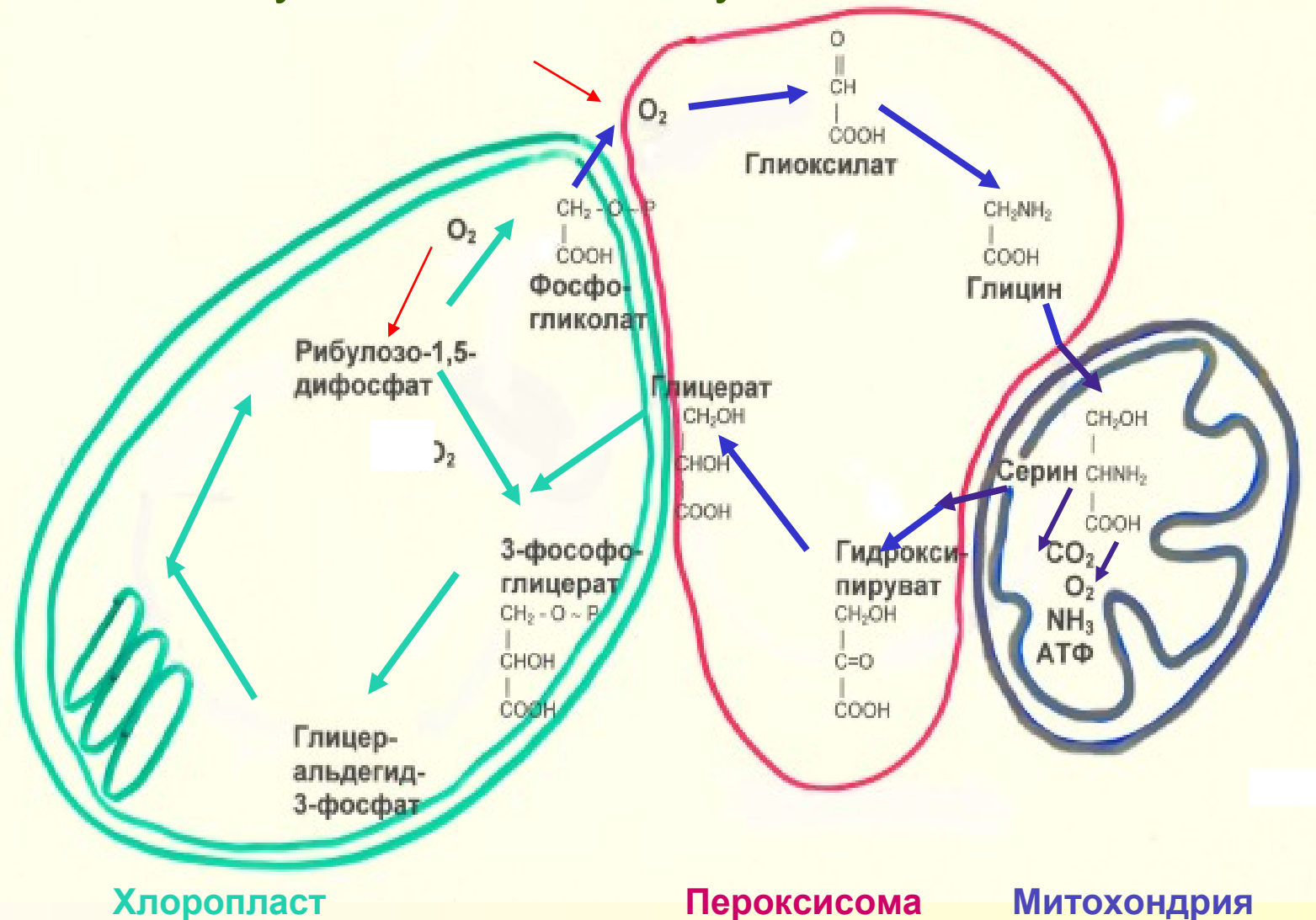
**Рибулосодифосфаткарбоксилаза** — фермент, который присоединяет молекулу углекислого газа к рибулозо-1,5-дифосфату. Этот фермент является самым медленным из известных ферментов. Его скорость всего 3 реакции в секунду. Этого белка на Земле больше всех других белков.





При сухой и жаркой погоде, когда повышается парциальное давление кислорода, фермент начинает присоединять к рибулосо-1,5-дифосфату вместо молекулы углекислого газа молекулу кислорода. Идет процесс **фотодыхания**.

Хлоропласты, пероксисомы и митохондрии объединяются для химических реакций, в ходе которых каждый четвертый атом углерода из органического соединения уходит в составе углекислого газа.



# Кооперация органоидов во время фотодыхания.



## Функции хлоропластов

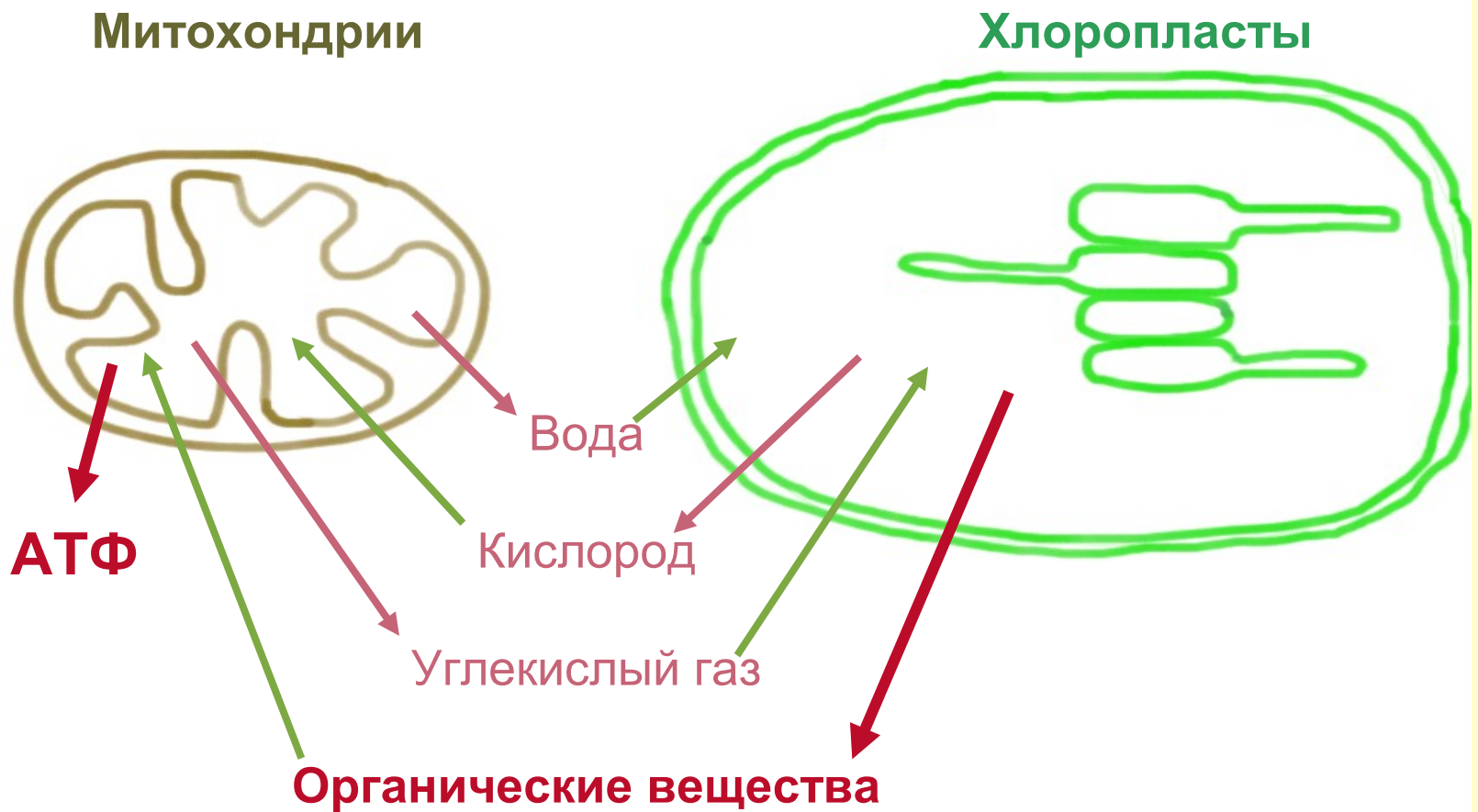
1. Фиксация  $\text{CO}_2$  и образование  $\text{O}_2$
2. Синтез крахмала
3. Синтез жирных кислот
4. Синтез аминокислот
5. Синтез пуринов и пиримидинов
6. Восстановление  $\text{NO}_2$  до  $\text{NH}_3$
7. Репликация, транскрипция, трансляция

У ЖИВОТНЫХ  
эти функции  
в цитозоле

Считается, что размножаются пропластиды, из них возникают другие виды пластид.

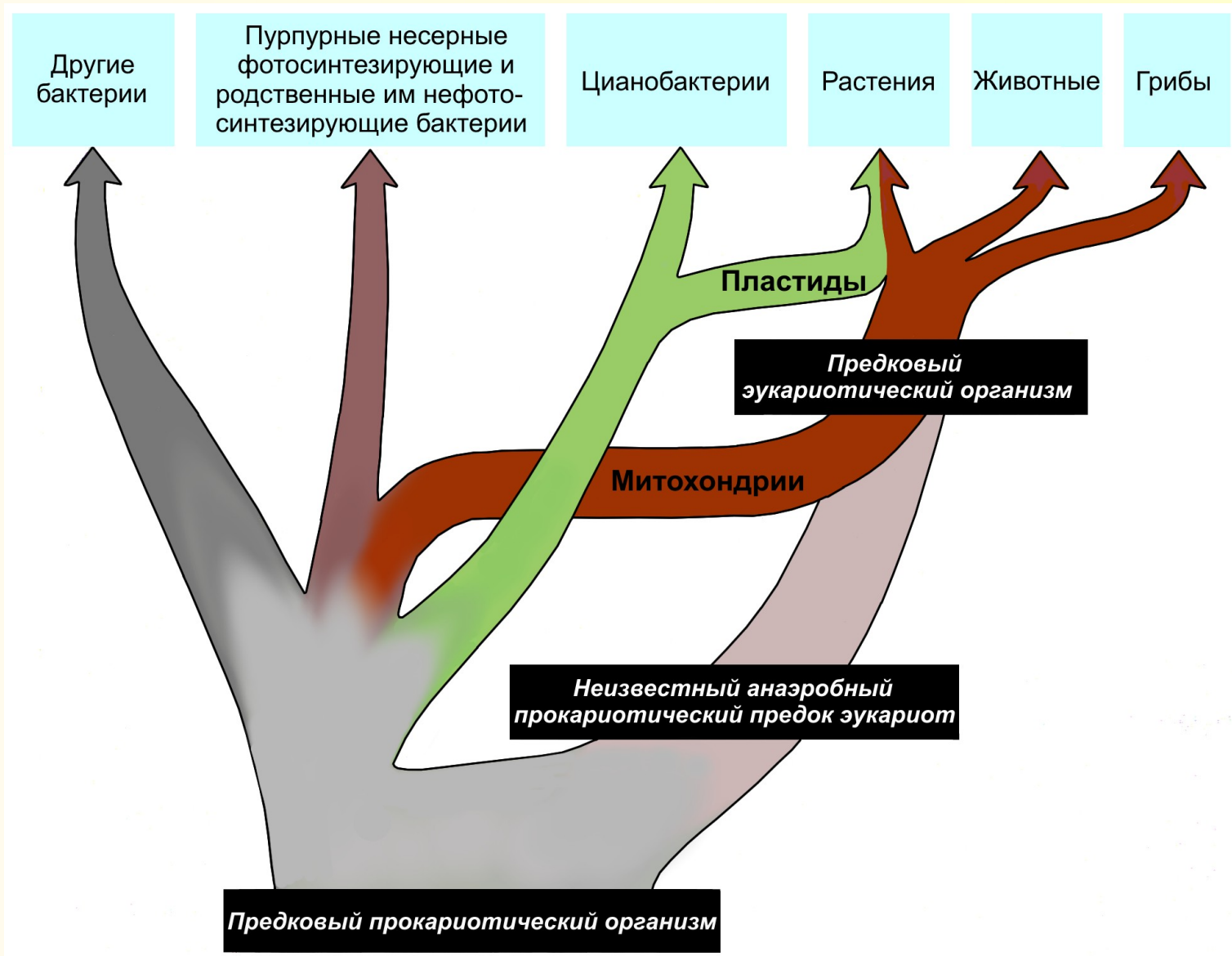


# Сравнение функций хлоропластов и митохондрий



# **Симбиотическая теория:**

Эукариотическая клетка — это результат симбиоза анаэробных и аэробных предковых прокариот.



*Схема происхождения эукариотической клетки путем многократного симбиоза аэробных и анаэробных прокариот (Кулаев И.С., 1998)*

## Доказательства симбиотической теории:

1. Синтез РНК (транскрипция) в митохондриях, пластидах и бактериях подавляется одними веществами, в ядре — другими.

<i>Подавление транскрипции</i>	В ядре	В митохондриях, пластидах, бактериях
	Альфа-аманитин	Акридин, бромистый этидий

## Доказательства симбиотической теории:

1. Синтез РНК (транскрипция) в митохондриях, пластидах и бактериях подавляется одними веществами, в ядре — другими.

2. Синтез белка (трансляция) в митохондриях, пластидах и бактериях подавляется одними веществами, в цитозоле — другими.

*Подавление  
трансляции*

В цитозоле

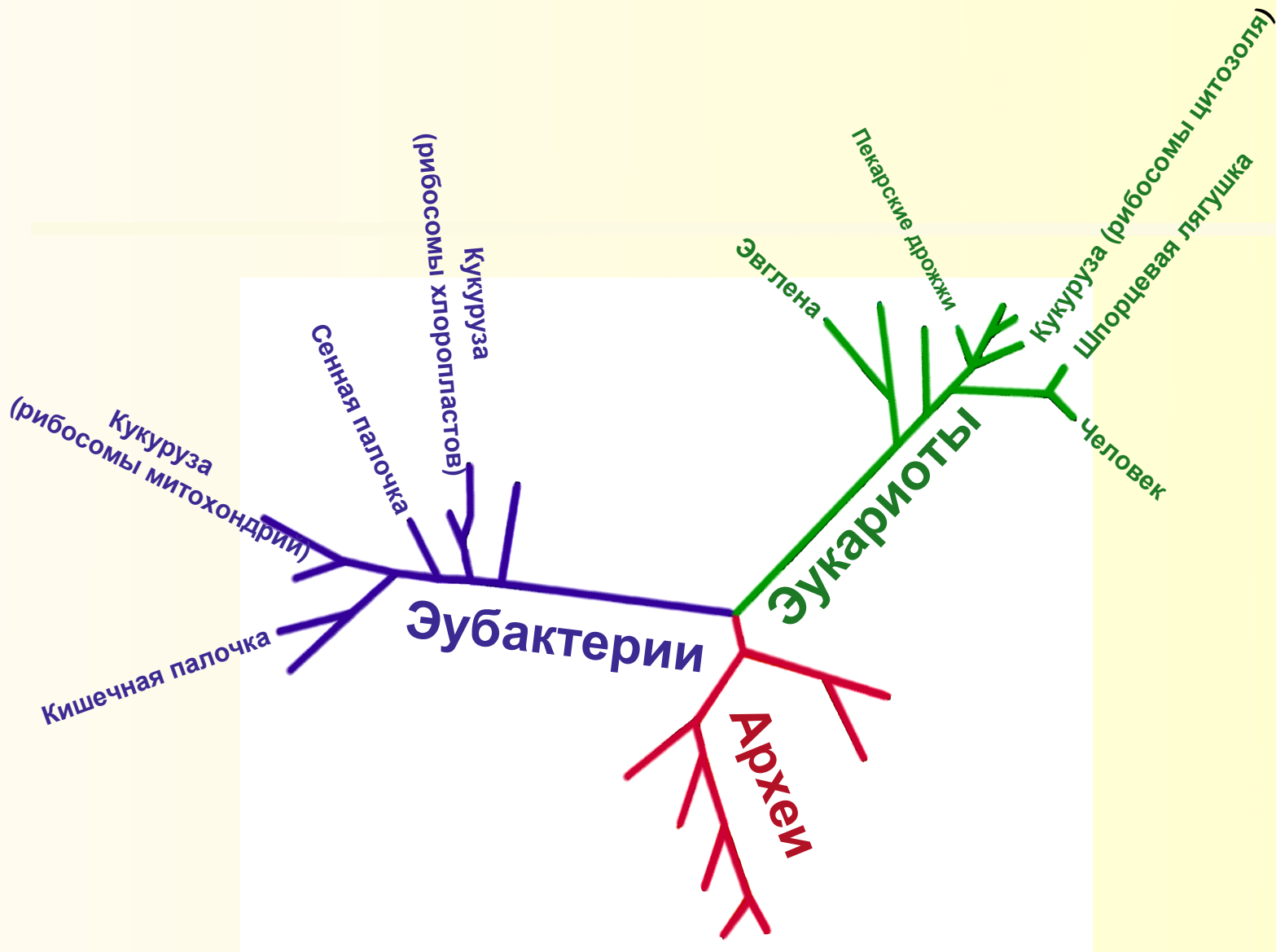
В митохондриях,  
пластидах, бактериях

Циклогексемид  
Анизомицин

Хлорамфеникол, тетрациклин,  
эритромицин, стрептомицин,  
канамицин и др. антибиотики

## **Доказательства симбиотической теории:**

1. Синтез РНК (транскрипция) в митохондриях, пластидах и бактериях подавляется одними веществами, в ядре — другими.
2. Синтез белка (трансляция) в митохондриях, пластидах и бактериях подавляется одними веществами, в цитозоле — другими.
3. ДНК митохондрий сохранила сходство с пурпурными бактериями, ДНК пластид — с цианобактериями.



Филогенетическое дерево, построенное по результатам сравнения последовательности нуклеотидов в гене рРНК малой субъединицы рибосом