



***Современная  
теория  
фотосинтеза***

# План:

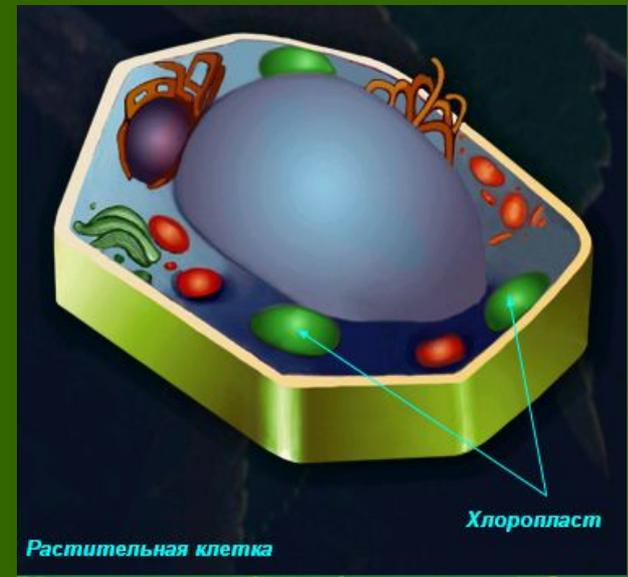
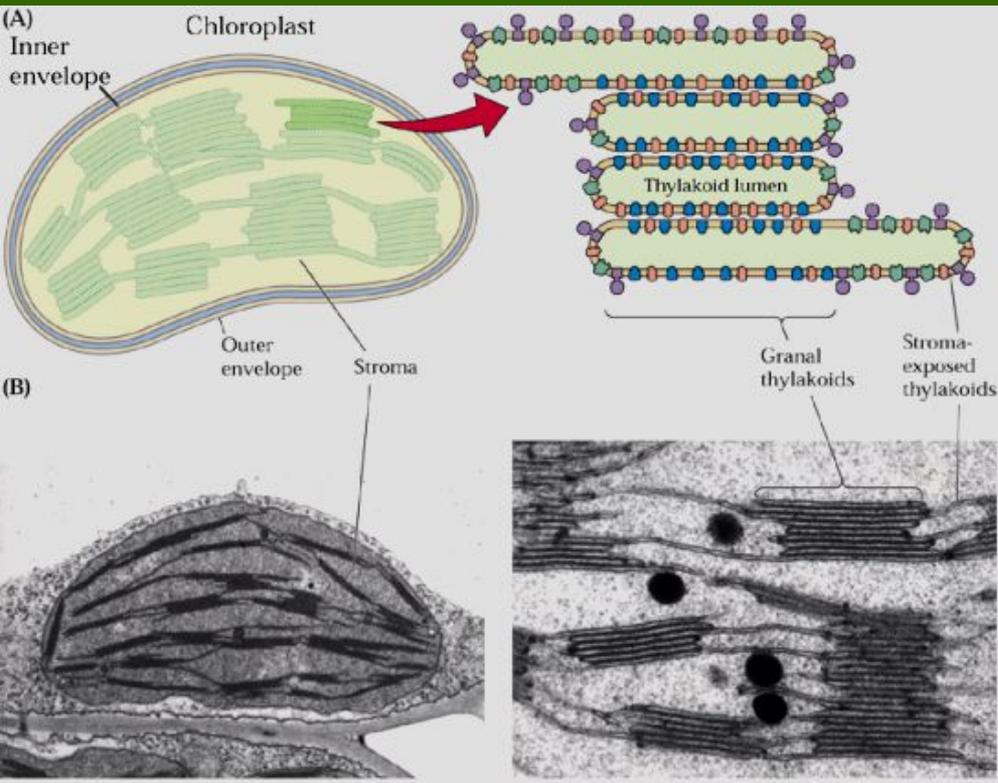
- 1. Световая фаза фотосинтеза.*
- 2. Метаболизм углерода при фотосинтезе (темновая фаза).*
- 3. Особенности фотосинтеза у  $C_3$ - и  $C_4$  – растений.*
- 4. Фотосинтез по типу толстянковых (САМ-фотосинтез).*

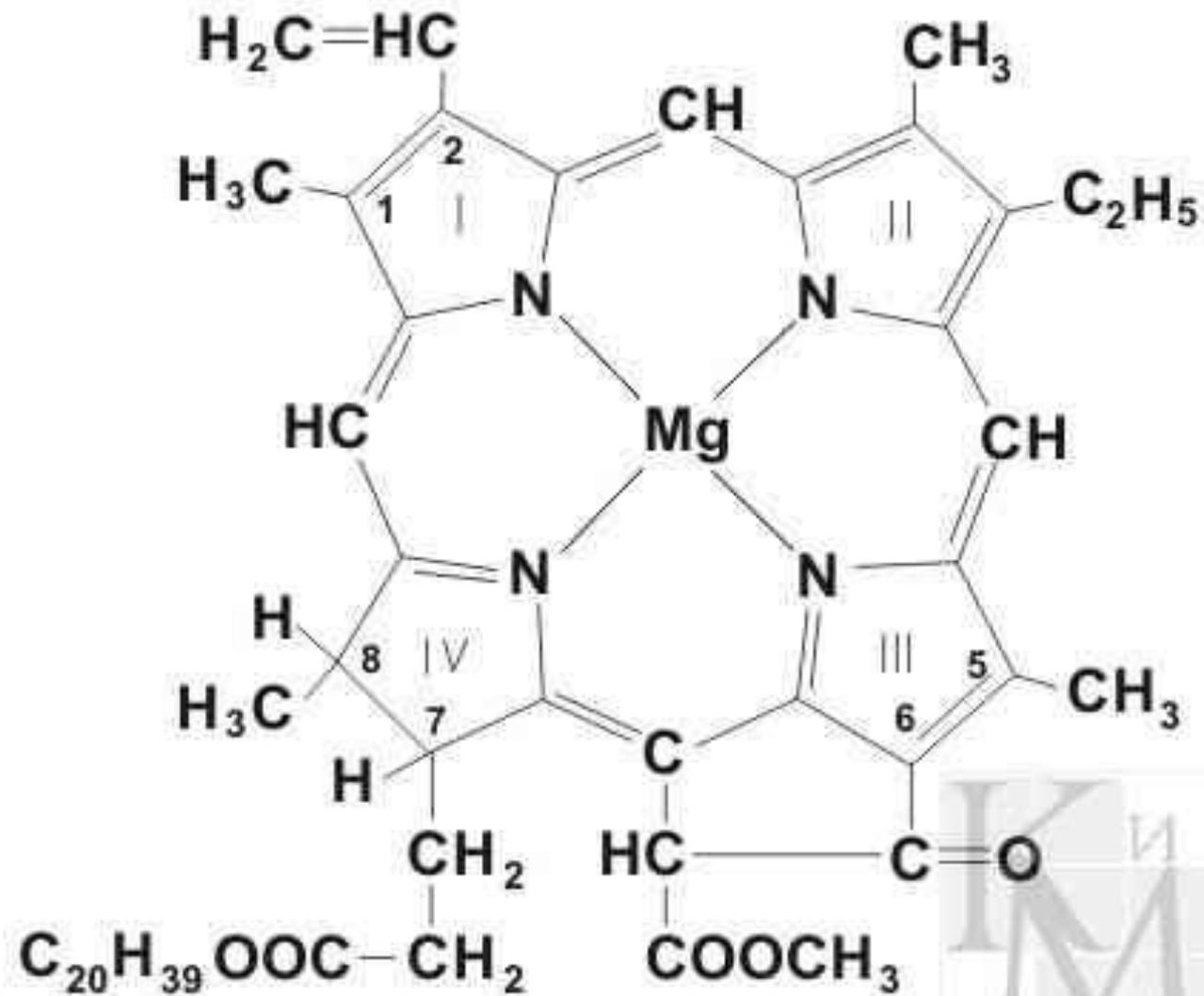
# Литература основная:

- Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений. М.: Колос, 2005.- 548 с.
- Третьяков Н.Н. и др. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. М., Колос. 2000. – 640 с.
- А.Т. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты.- М.: Академия, 2006. – 448 с.



**Фотосинтез** – процесс образования из углекислого газа и воды органических веществ и высвобождения молекулярного кислорода, процесс трансформации поглощенной энергии света в химическую энергию органических соединений.

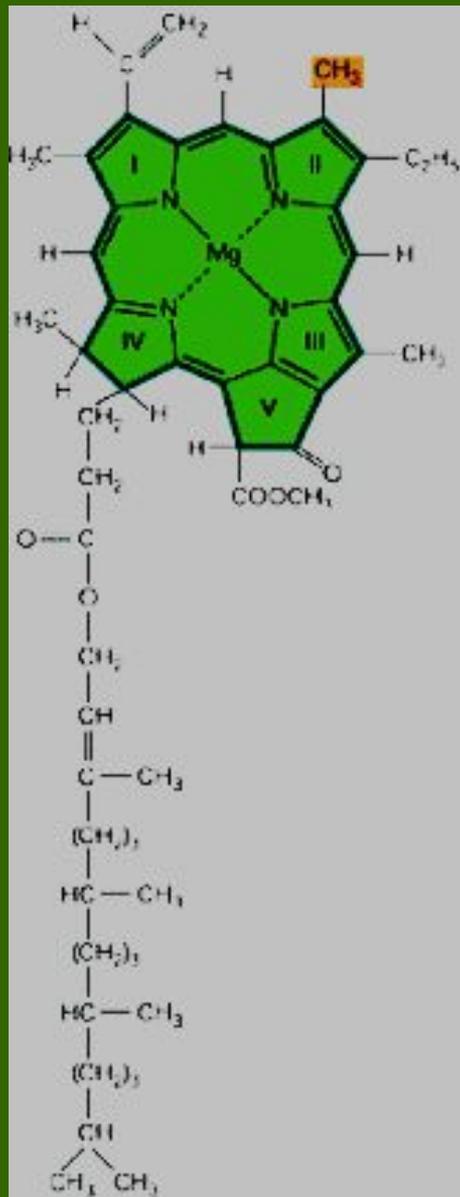




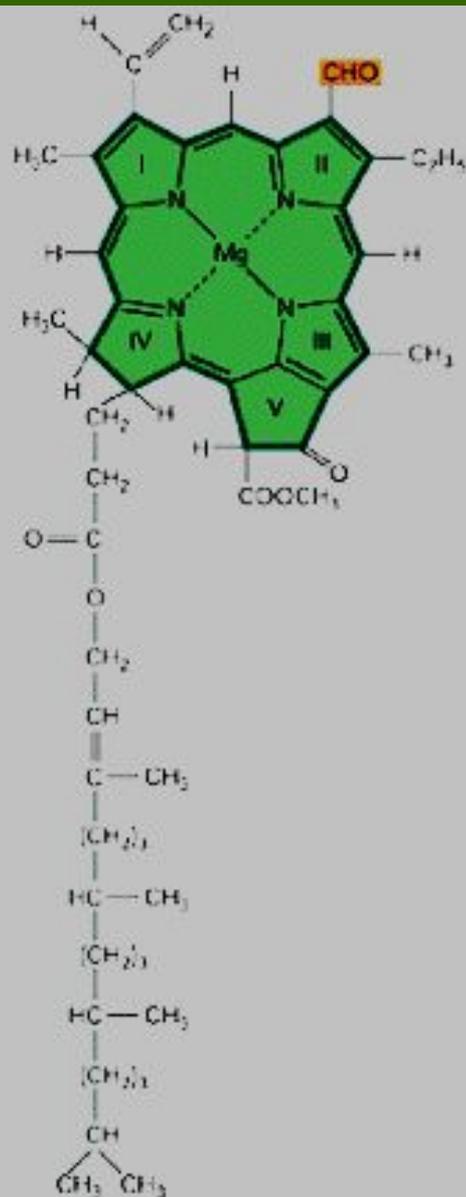
© ООО "Кирилл и Мефодий"

Структурная формула хлорофилла

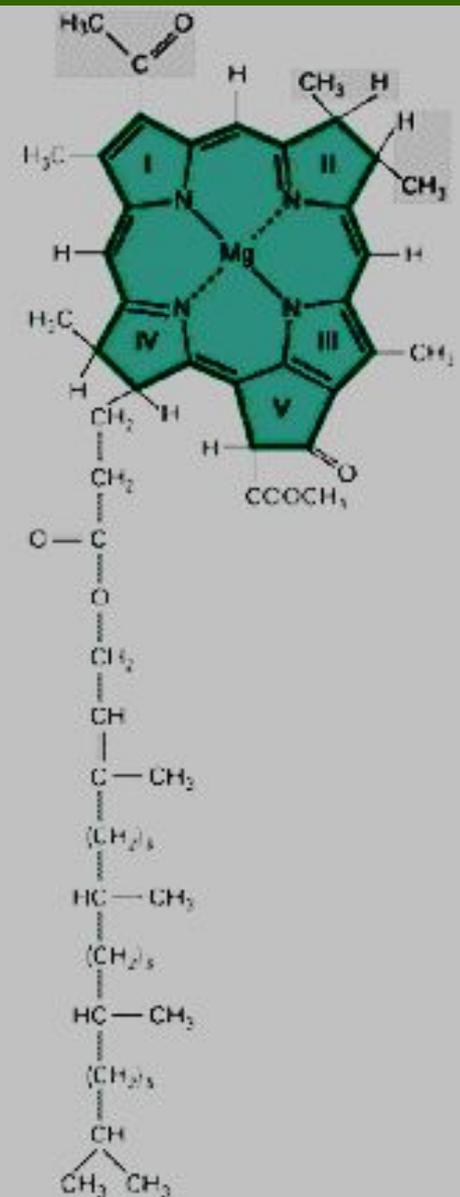
# Хлорофиллы



Chlorophyll a



Chlorophyll b



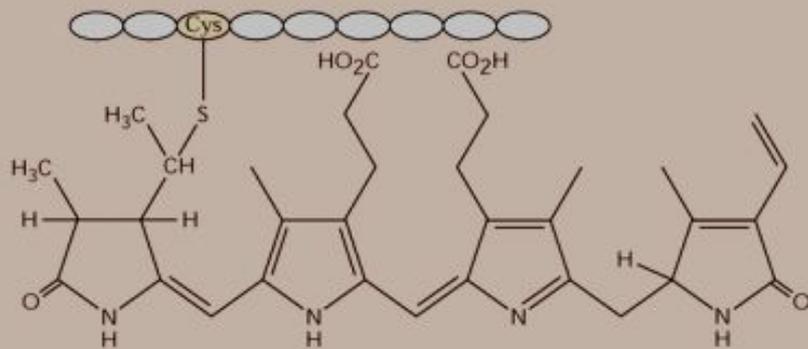
Bacteriochlorophyll a

# Каротиноиды

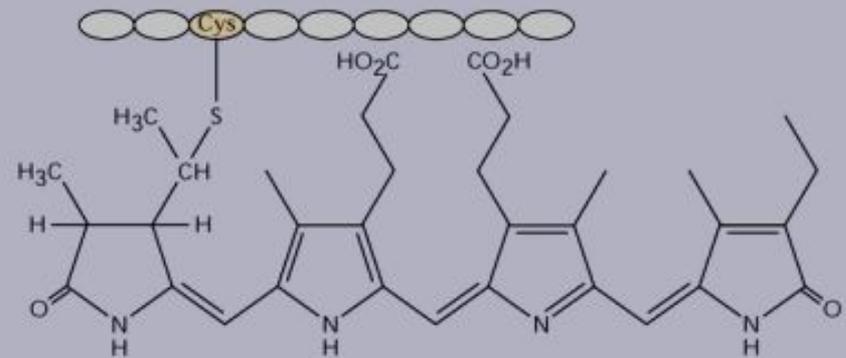


Beta-Carotene (in carrots and as an accessory pigment in all green leaves)

# Фикобилины



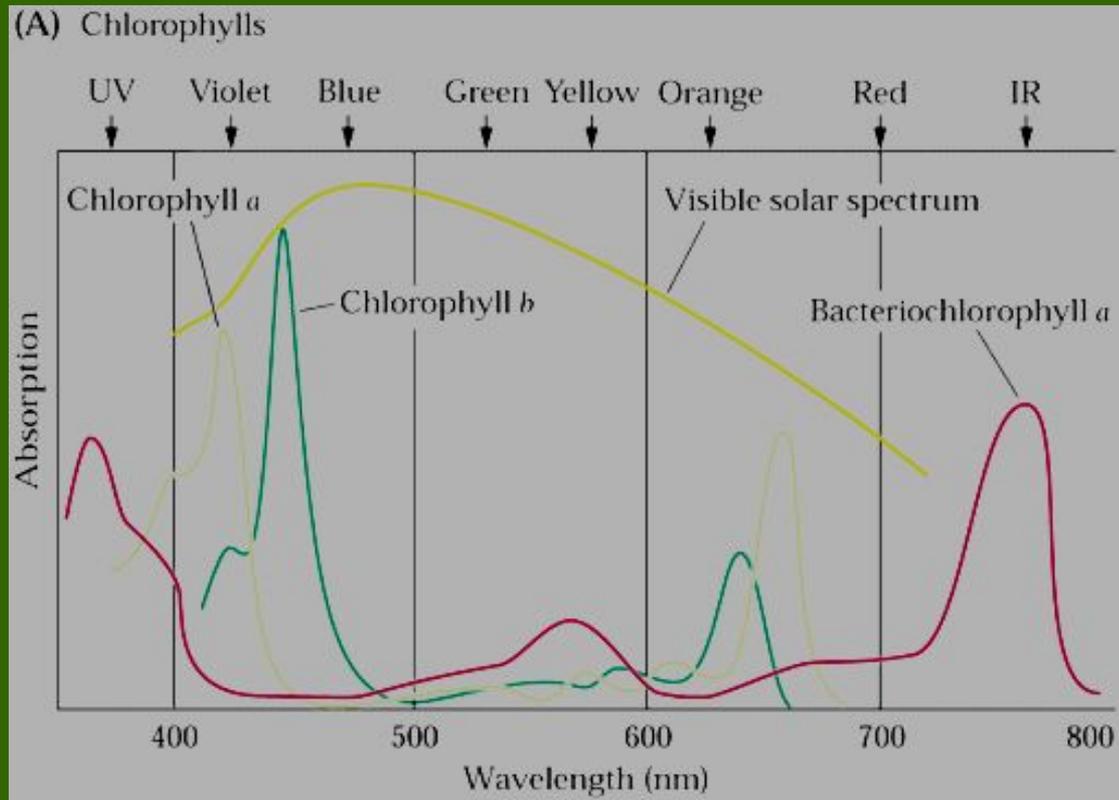
Phycoerythrobilin



Phycocyanobilin

# Спектры поглощения

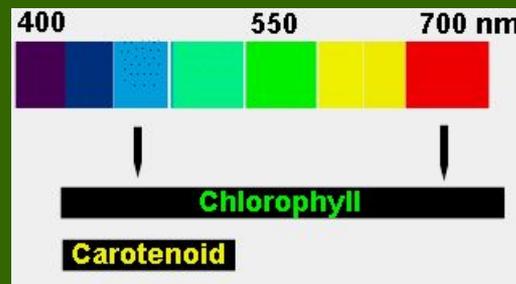
ФАР : 380 – 710 нм



Хлорофиллы:

в красной области  
спектра 640-700 нм

в синей - 400-450 нм



Каротиноиды: 400-550  
нм главный максимум:  
480 нм

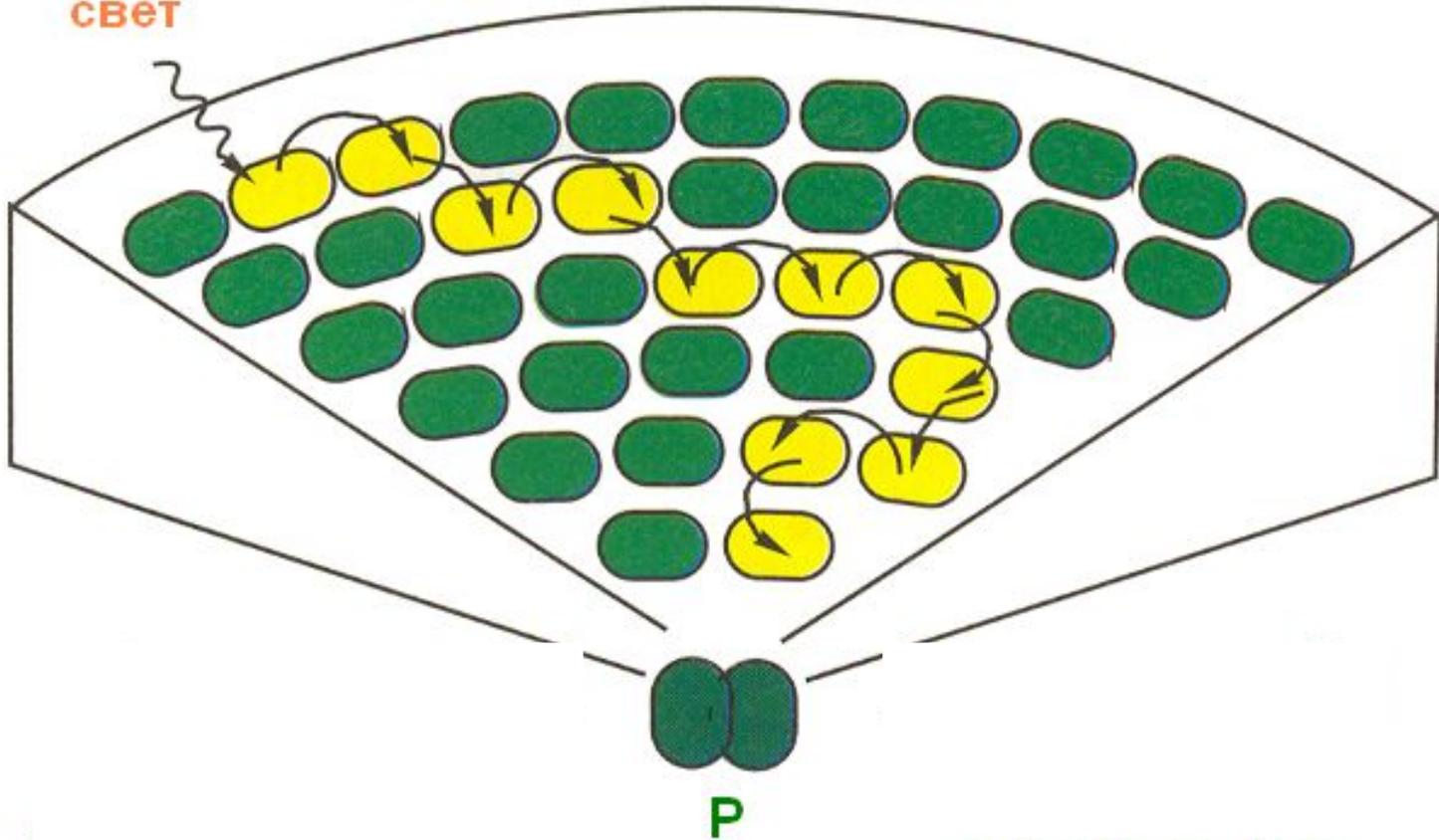
# ФОТОСИСТЕМЫ



## Фотосистема

светособирающие пигменты

свѐт



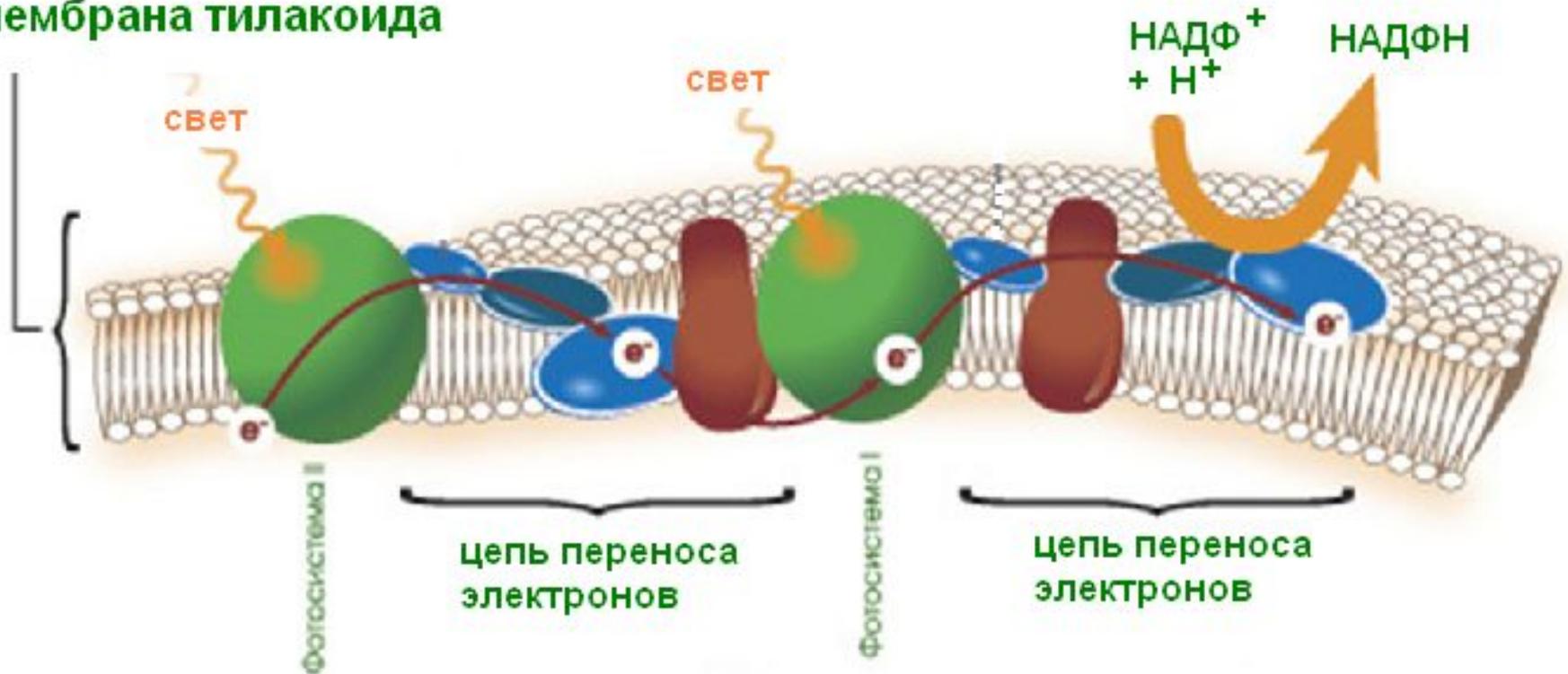
Ф  
ЛО  
ТИ  
ФО  
ПЕ

Г,  
В-

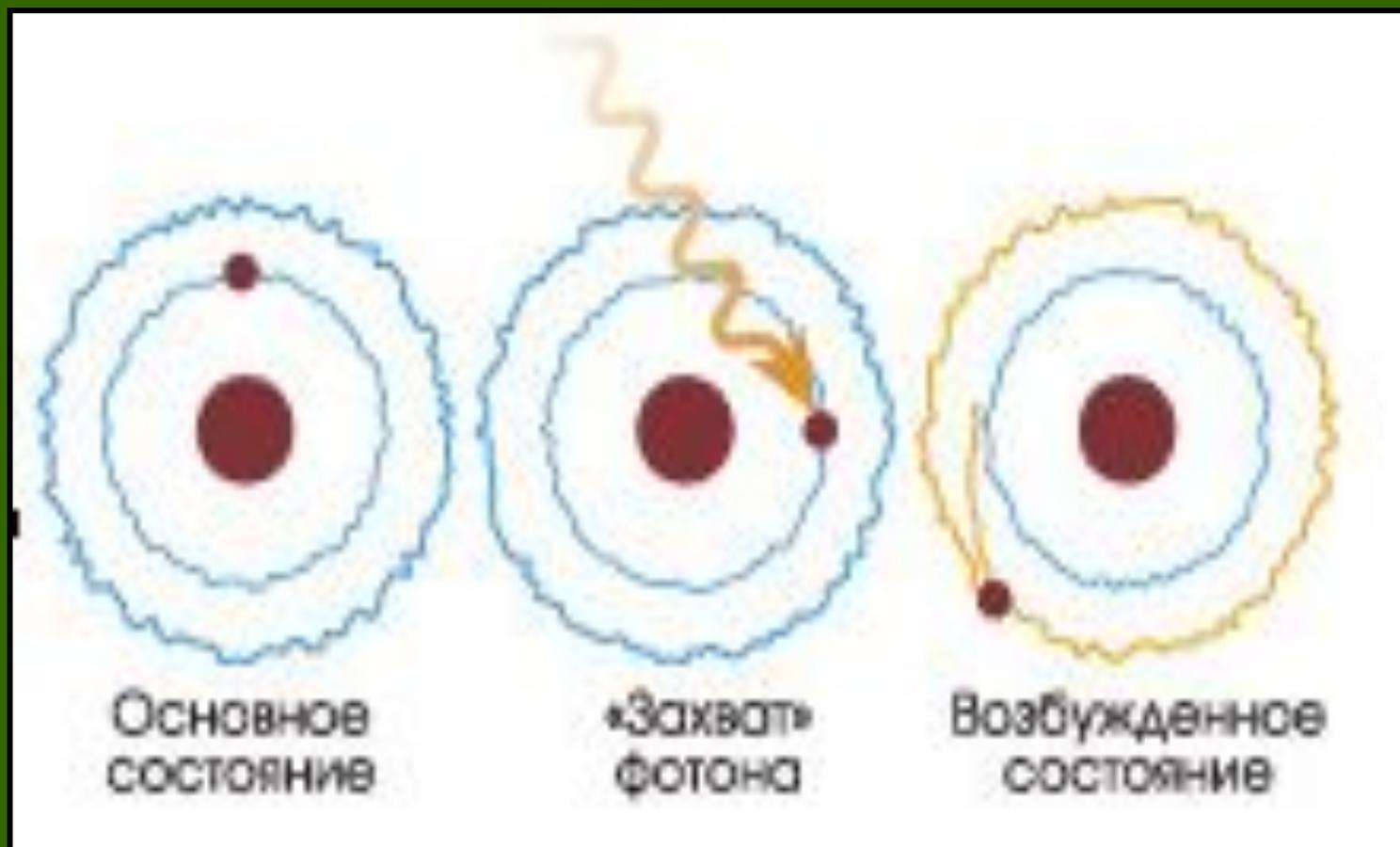
# Строение мембраны тилакоида



## мембрана тилакоида



*Начинается все с того, что в молекулах пигмента квант света «возбуждает» один из электронов.*





# Световая фаза фотосинтеза

## Нециклический транспорт электронов



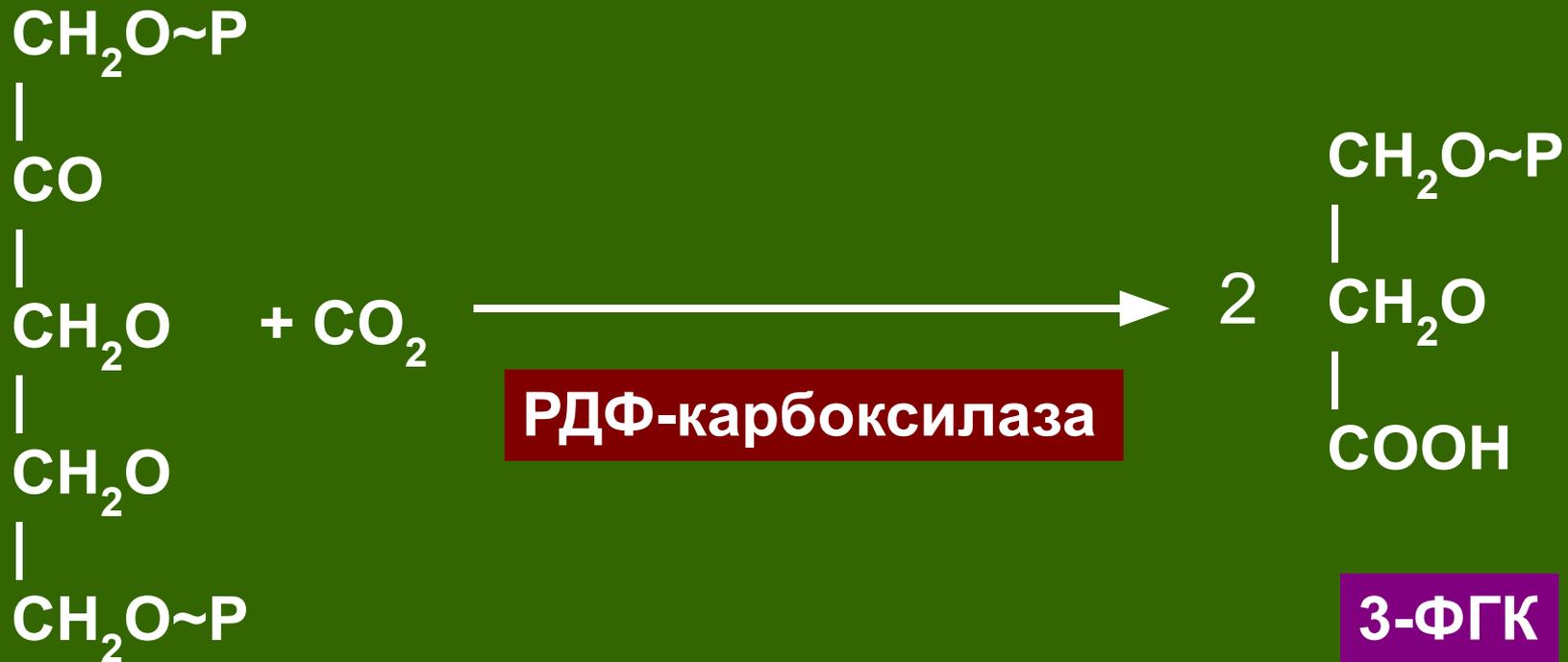
# Световая фаза фотосинтеза



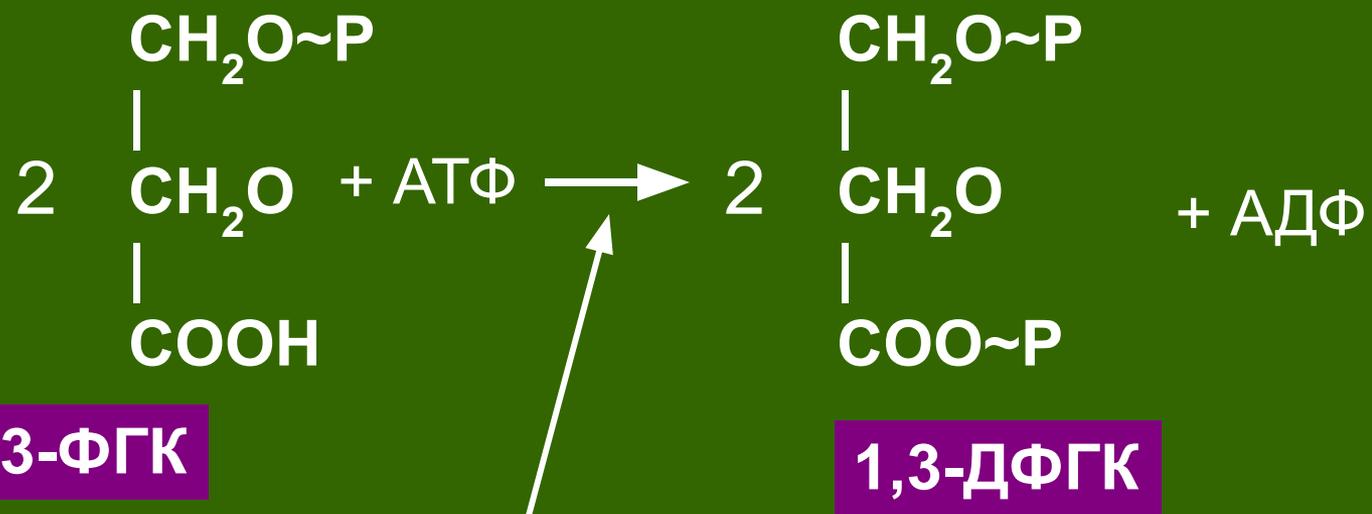
1. Активация хлорофилла
2. Фотолиз воды
3. Синтез АТФ
4. Восстановление  $\text{НАДФ}^+$  до  $\text{НАДФ}^*\text{H} + \text{H}$

# $C_3$ – путь фотосинтеза (цикл Кальвина)

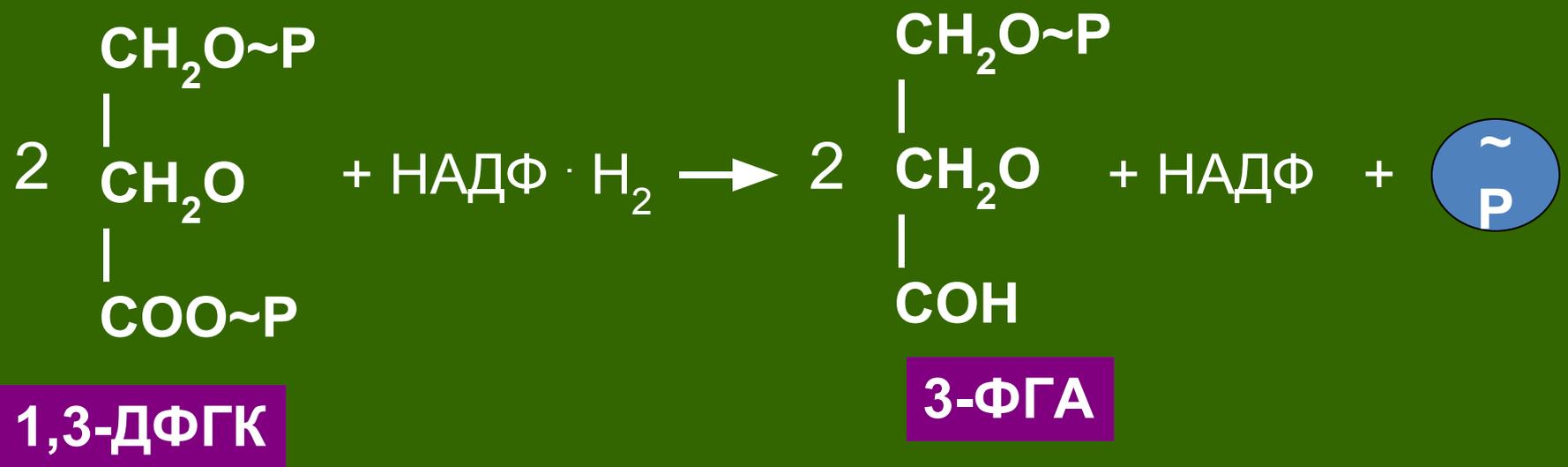
## 1. Карбоксилирование



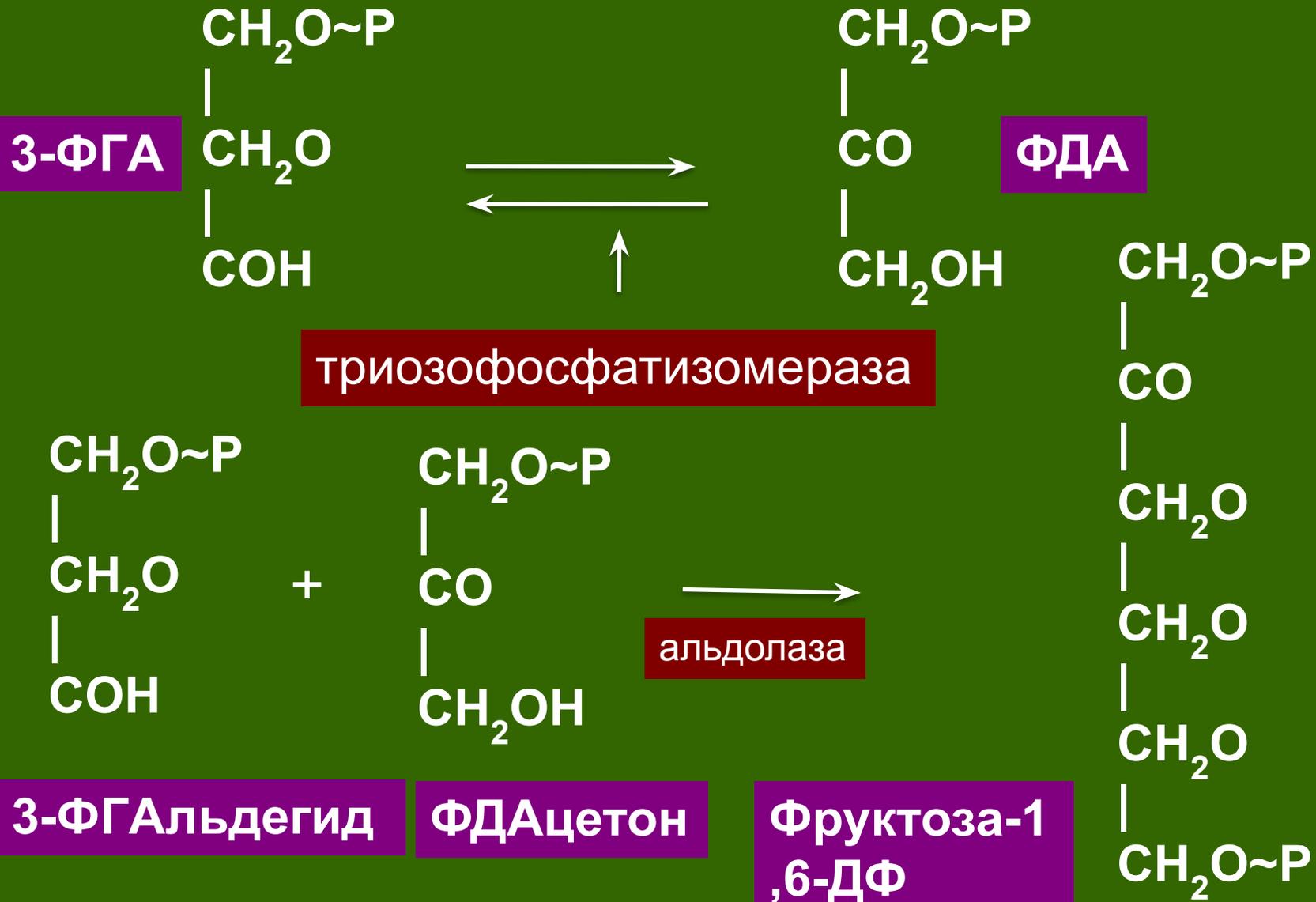
## 2. Фаза восстановления

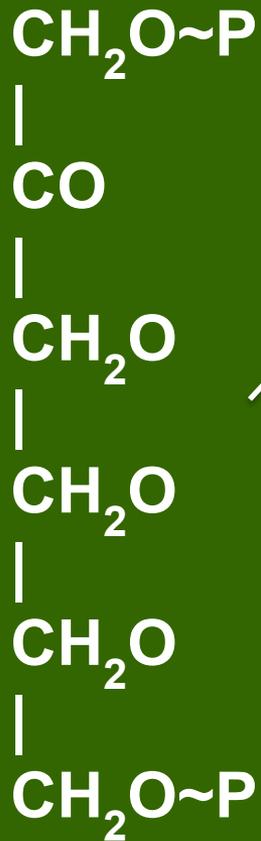


фосфоглицераткиназа



### 3. Фаза регенерации первичного акцептора CO<sub>2</sub> и синтеза конечных продуктов фотосинтеза.





Конденсации и перестройки  
 $\text{C}_4$ ,  $\text{C}_5$ ,  $\text{C}_6$  и  $\text{C}_7$  - сахарофосфатов

Гексозомонофосфат

Рибулозофосфат

Крахмал и сахара

Ф-1,6-ДФ

АТФ

АДФ

Из световых  
реакций

Рибулозодифосфат (РДФ)



# «Сравнение световой и темновой фаз фотосинтеза»



<b>Критерии для сравнения</b>	<b>Световая фаза</b>	<b>Темновая фаза</b>
<b>Локализация</b>	Мембрана тилакоидов	Строма хлоропласта
<b>Основные процессы</b>	Фотолиз воды Восстановление НАДФ <sup>+</sup> до НАДФ* Н <sub>2</sub> Синтез АТФ	Окисление НАДФ* Н <sub>2</sub> Распад АТФ до АДФ и Ф. Фиксация СО <sub>2</sub> Цикл Кальвина)
<b>Исходные вещества</b>	Вода, АДФ, Ф, НАДФ <sup>+</sup>	АТФ, НАДФ* Н <sub>2</sub> , рибулёзофосфат
<b>Образующиеся продукты</b>	НАДФ* Н <sub>2</sub> , АТФ	Глюкоза, аминокислоты и т.п.
<b>Источник энергии</b>	Световая энергия	Энергия АТФ



кукуруза



просо

сорго



Сахарный тростник





Щетинник

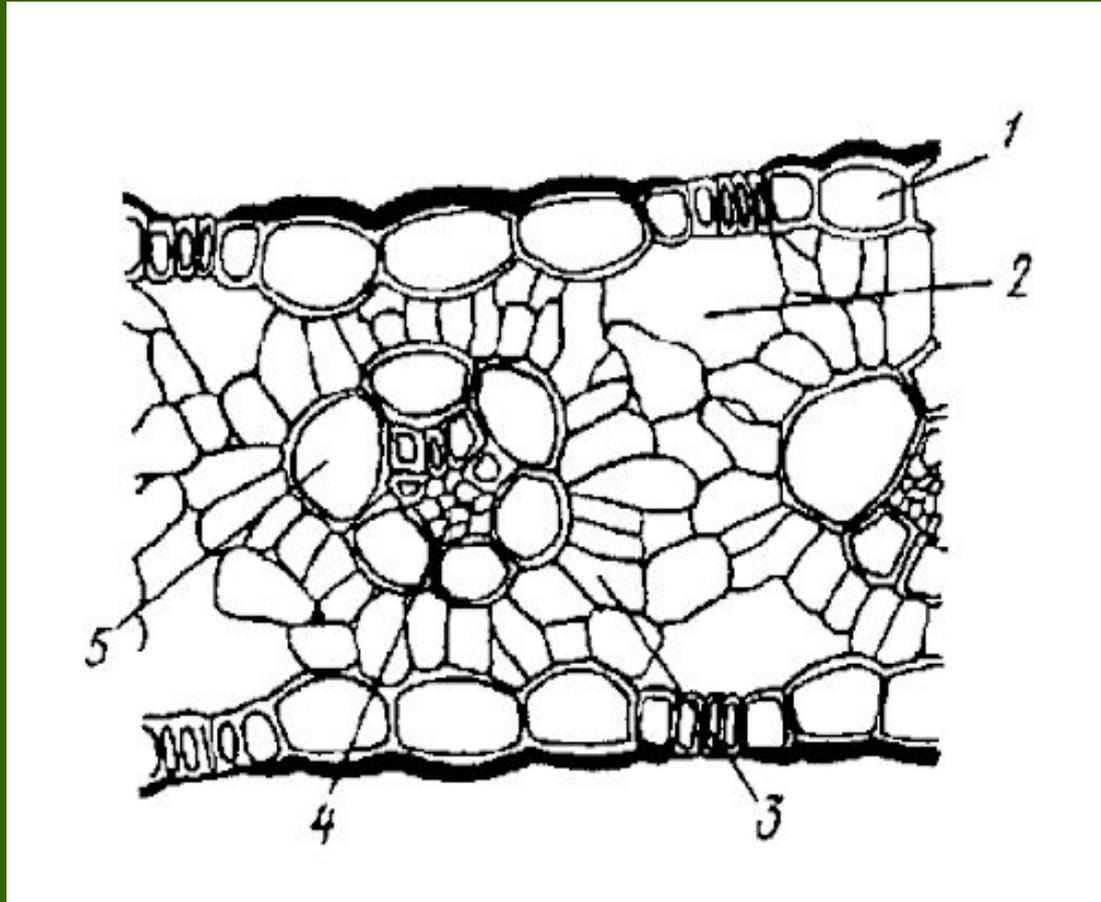


Щирица



Просо куриное

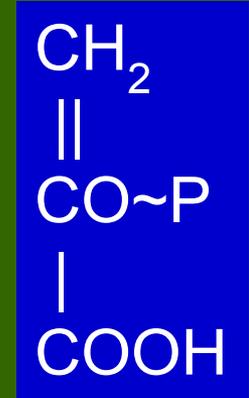
Структурные особенности  $C_4$  растений: поперечный разрез  
листа кукурузы (по В.Я.Александрову, 1961)



1. эпидермис; 2 – межклетники; 3 – мезофилл;
- 4 – проводящий пучок; 5 - клетки обкладки

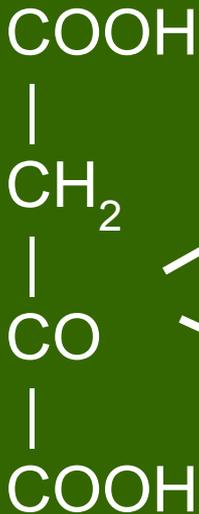
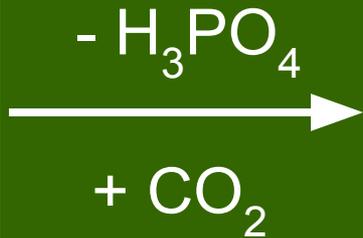
# Цикл Хетча и Слэка

## 1. Карбоксилирование (мезофилл)



Фосфоенол-  
пировиноград-  
ная кислота

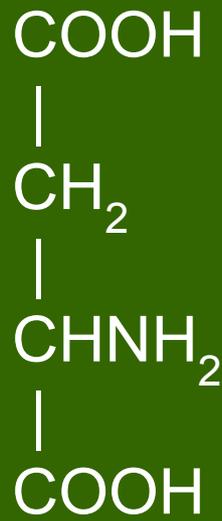
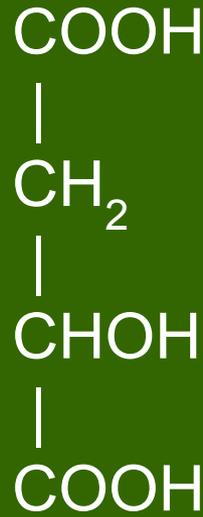
Фермент - ФЕП-карбоксилаза



Щевелево-  
уксусная  
кислота



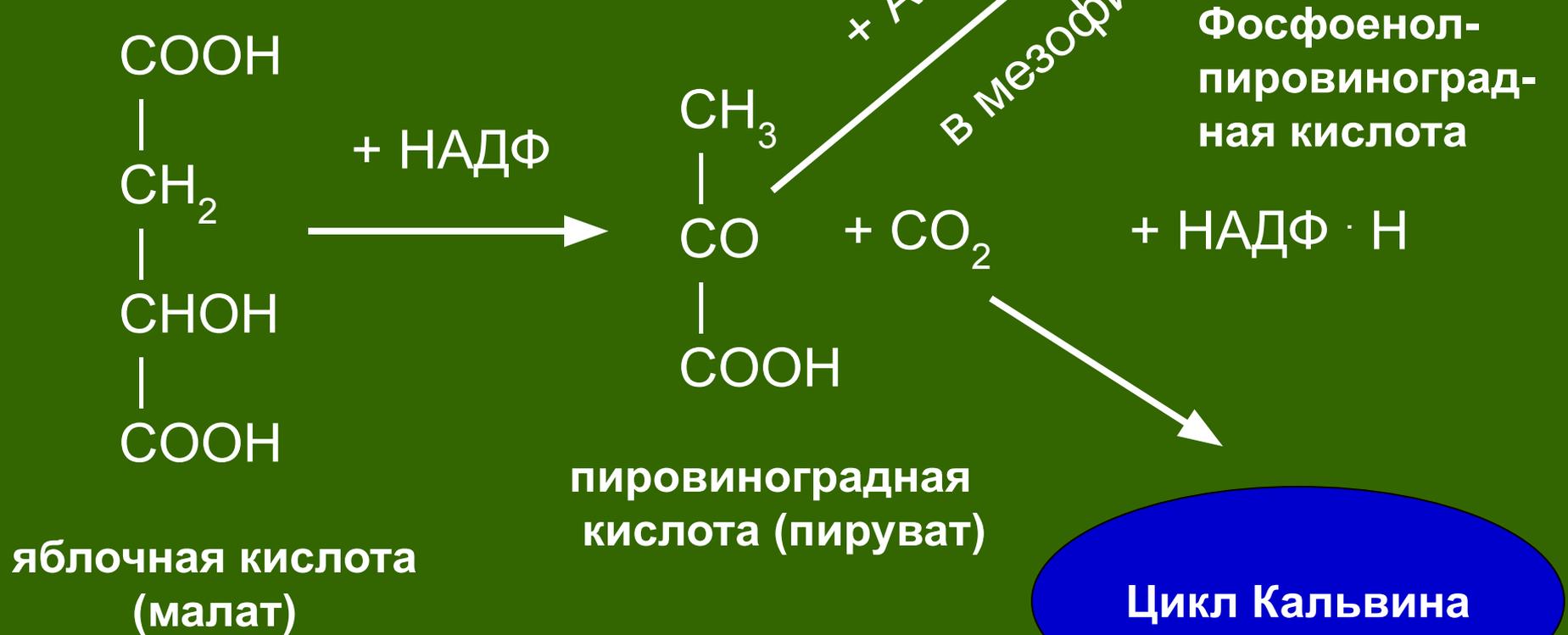
яблочная кислота (малат)



аспарагиновая кислота (аспарат)

# Цикл Хетча и Слэка

2. Декарбоксилирование и синтез углеводов (клетки обкладки проводящих пучков)



мезофилл

Обкладка сосудистого пучка

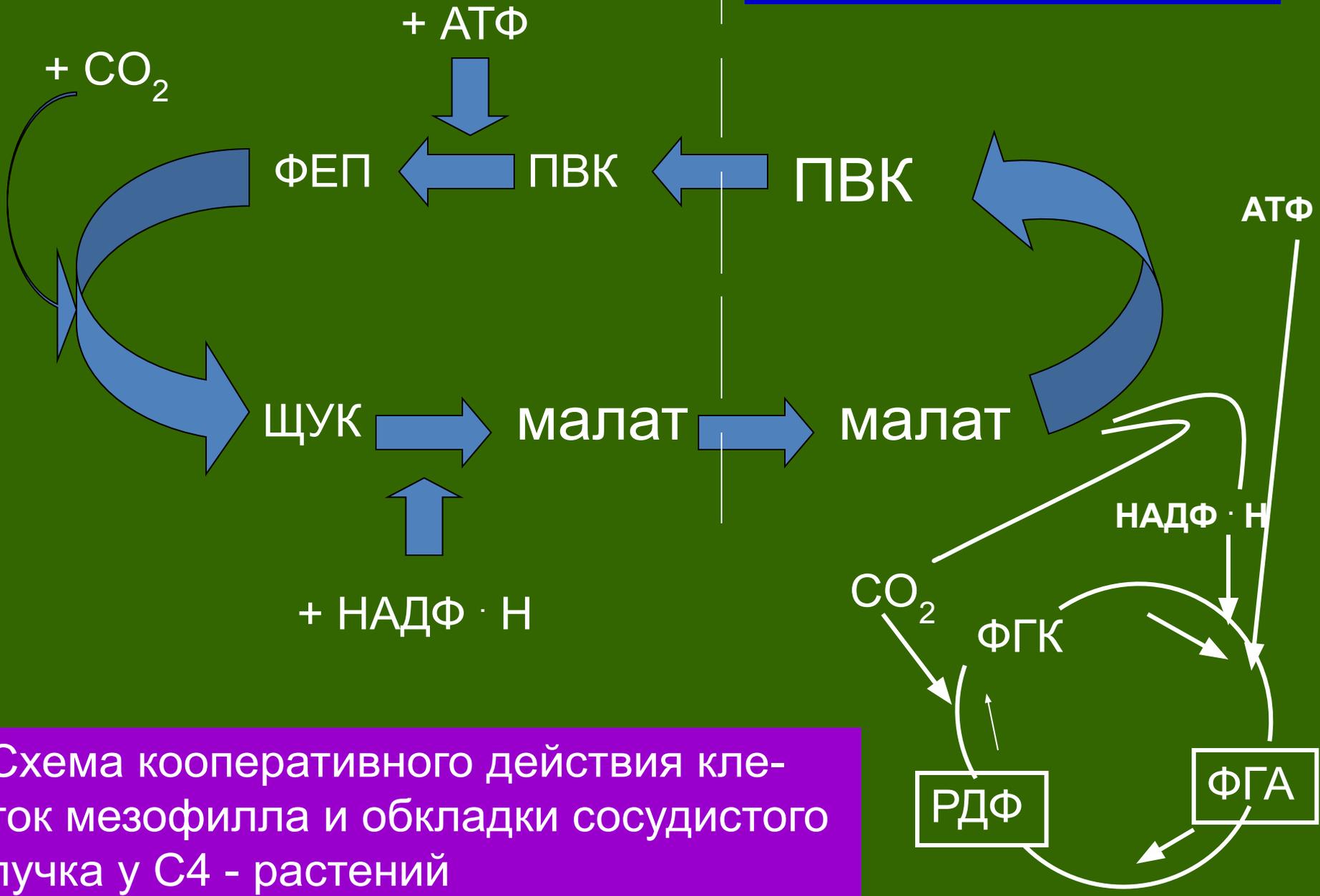


Схема кооперативного действия клеток мезофилла и обкладки сосудистого пучка у C4 - растений

# Сравнительная характеристика $C_3$ и $C_4$ растений

$C_3$  - растения

$C_4$  - растения

Происхождение и основное местообитание

Умеренная зона

Тропическая и субтропическая зона

мезофилл

Дифференцирован на столбчатую и губчатую ткань

Дифференцирован на основной мезофилл и клетки обкладки сосудистого пучка

Хлоропласты

Гранальные

Гранальные и агранальные

# Сравнительная характеристика $C_3$ и $C_4$ растений

$C_3$  - растения

$C_4$  - растения

Первичные продукты фотосинтеза

ФГК, ФГА (трехуглеродистые соединения)

Щевелево-уксусная кислота, аспартат, малат (четыrehуглеродистые соединения)

Первичный акцептор  $CO_2$

Рибулезодифосфат

Фосфоенолпируват

# Сравнительная характеристика $C_3$ и $C_4$ растений

$C_3$  - растения

$C_4$  - растения

Ключевой фермент

РДФ - карбоксилаза

ФЕП - карбоксилаза

$CO_2$  – компенсационный пункт

0,003 – 0,01 %

0 – 0,0005 %

Световое насыщение фотосинтеза

При средней освещенности

Не достигается даже при полном солнечном свете

# Сравнительная характеристика $C_3$ и $C_4$ растений

$C_3$  - растения

$C_4$  - растения

Наблюдаемое фотодыхание

Есть

нет

Отток ассимилятов

медленный

быстрый

Продуктивность

Средняя (20-30 т/га)

Высокая (80 т/га)

# Фотосинтез по типу толстянковых (СAM – метаболизм)

Crassulacean acid metabolism

День – устьица  
закрыты

