



***Современная
теория
фотосинтеза***

План:

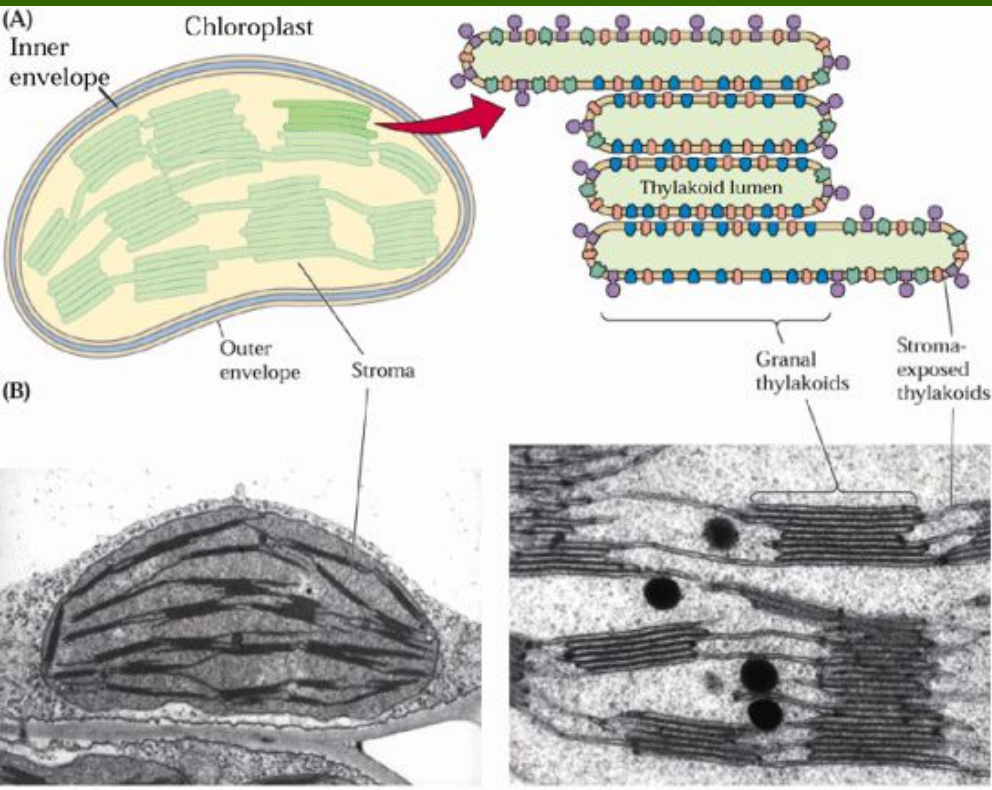
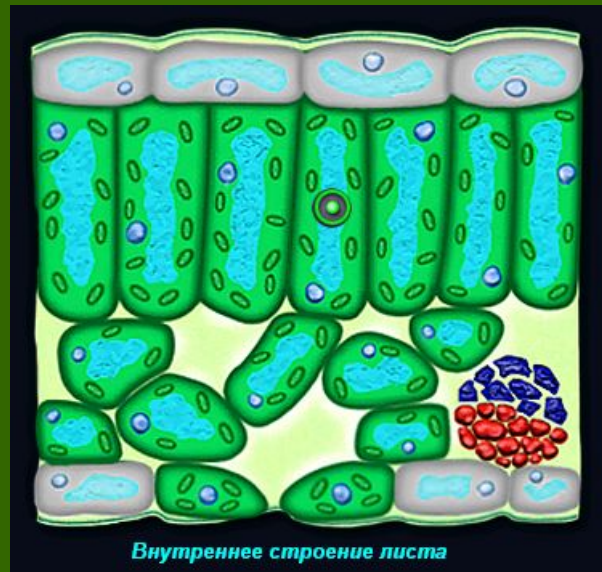
1. Световая фаза фотосинтеза.
2. Метаболизм углерода при фотосинтезе (темновая фаза).
3. Особенности фотосинтеза у C_3 - и C_4 – растений.
4. Фотосинтез по типу толстянковых (САМ-фотосинтез).

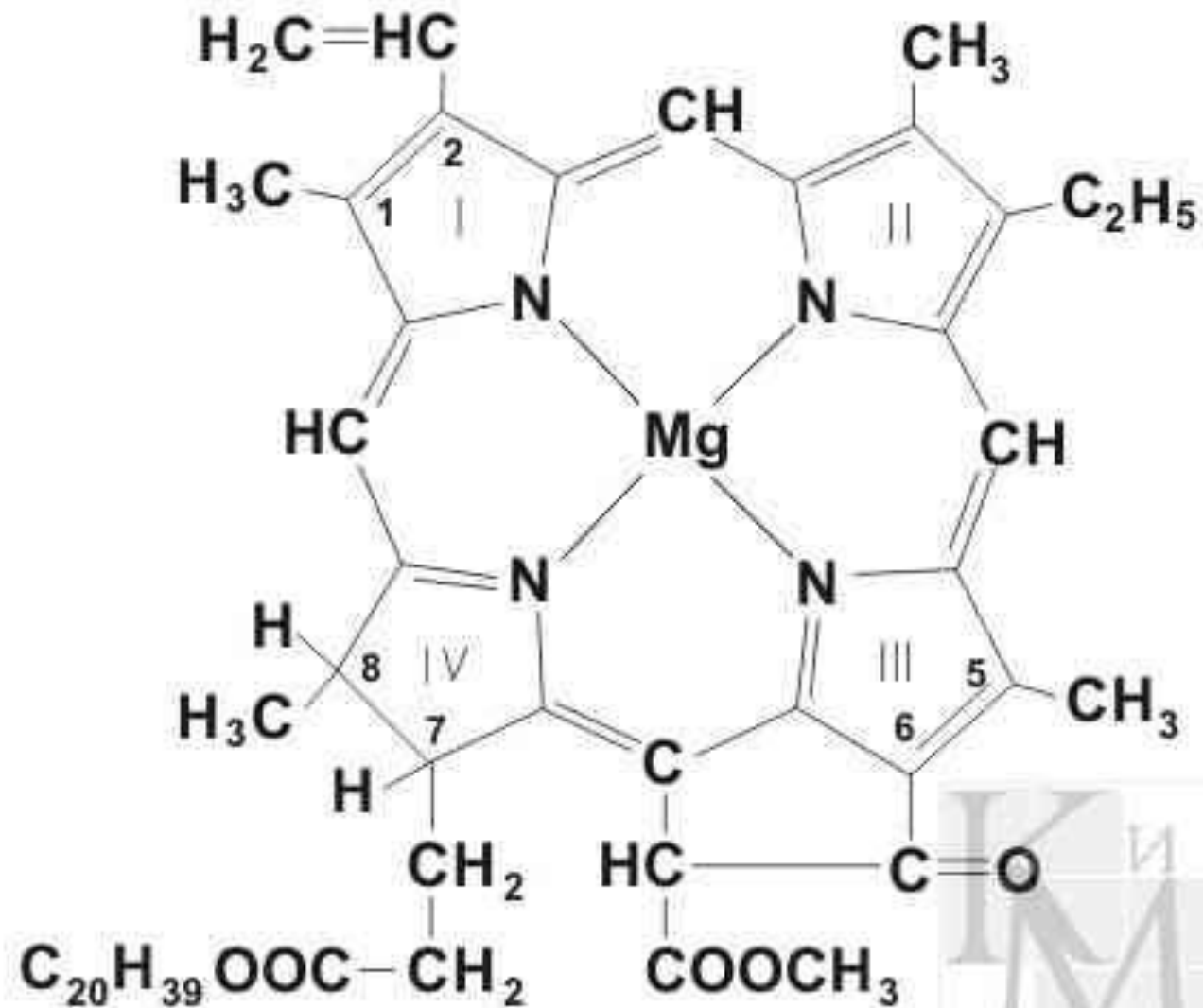
Литература основная:

- 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.

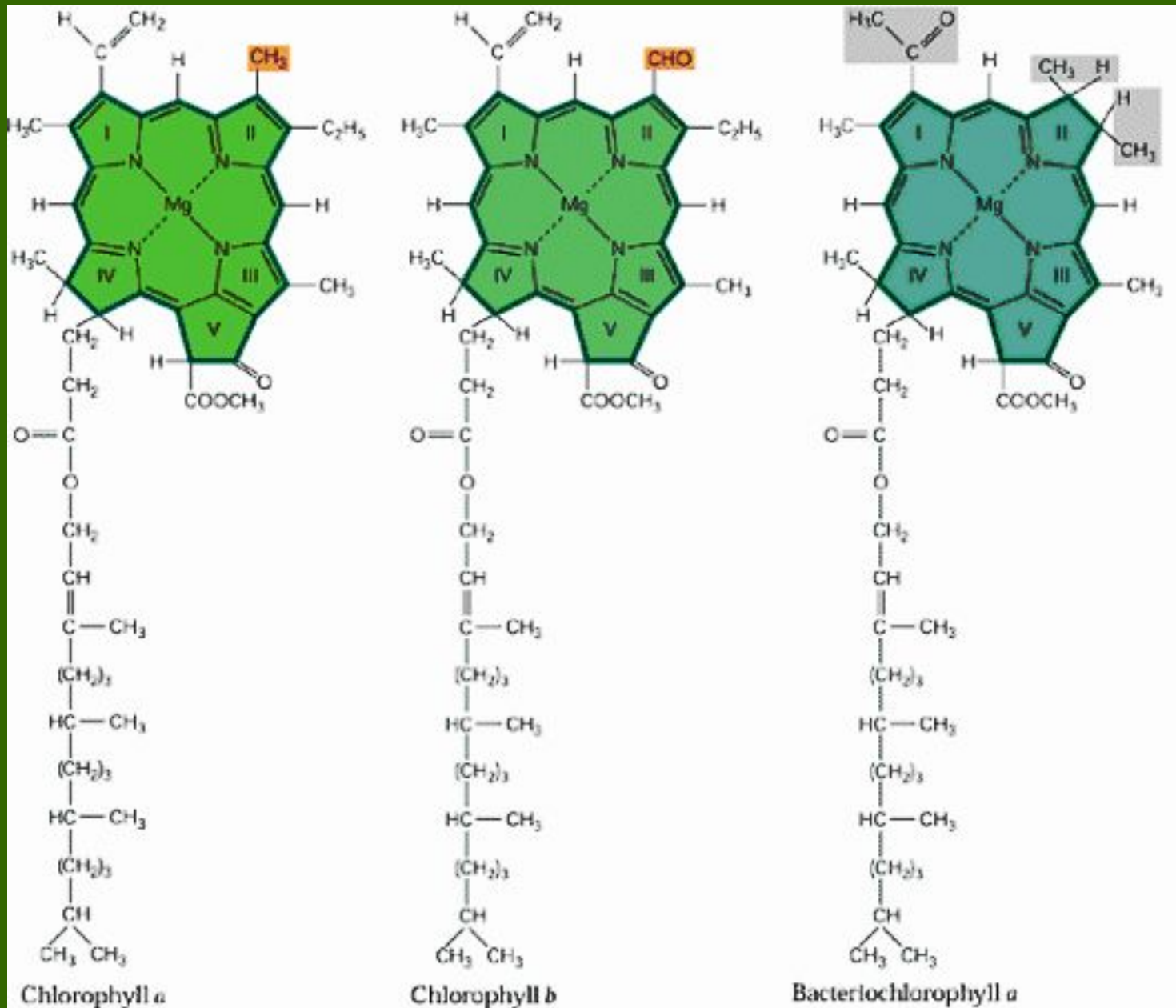




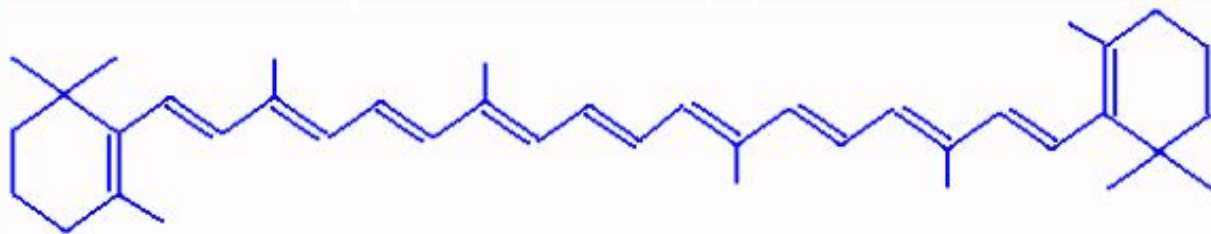
© ООО "Кирилл и Мефодий"

Структурная формула хлорофилла

Хлорофиллы

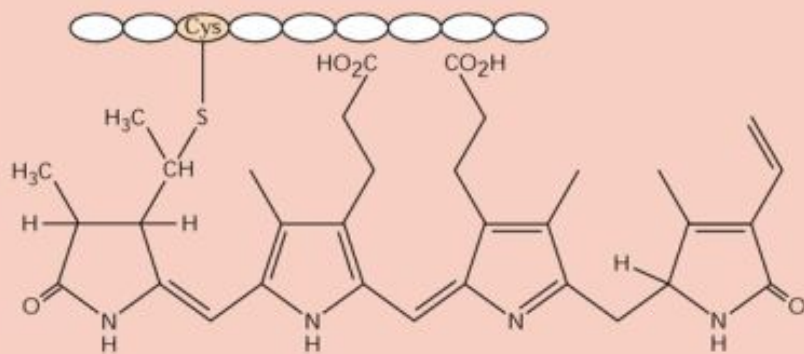


Каротиноиды

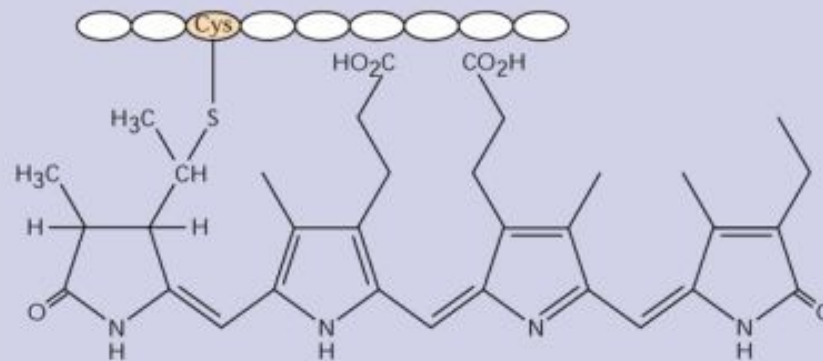


Beta-Carotene (in carrots and as an accessory pigment in all green leaves)

Фикобилины



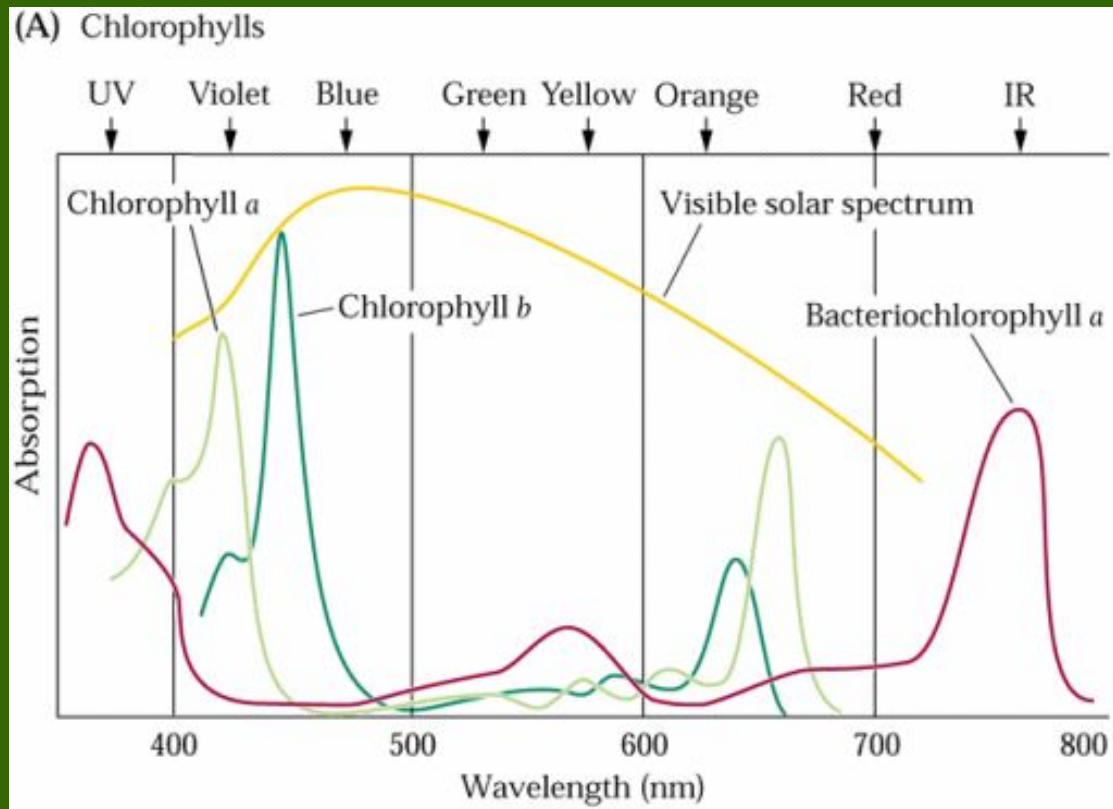
Phycoerythrobilin



Phycocyanobilin

Спектры поглощения

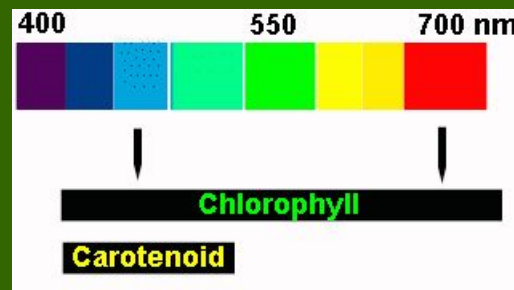
ФАР : 380 – 710 нм



Хлорофиллы:

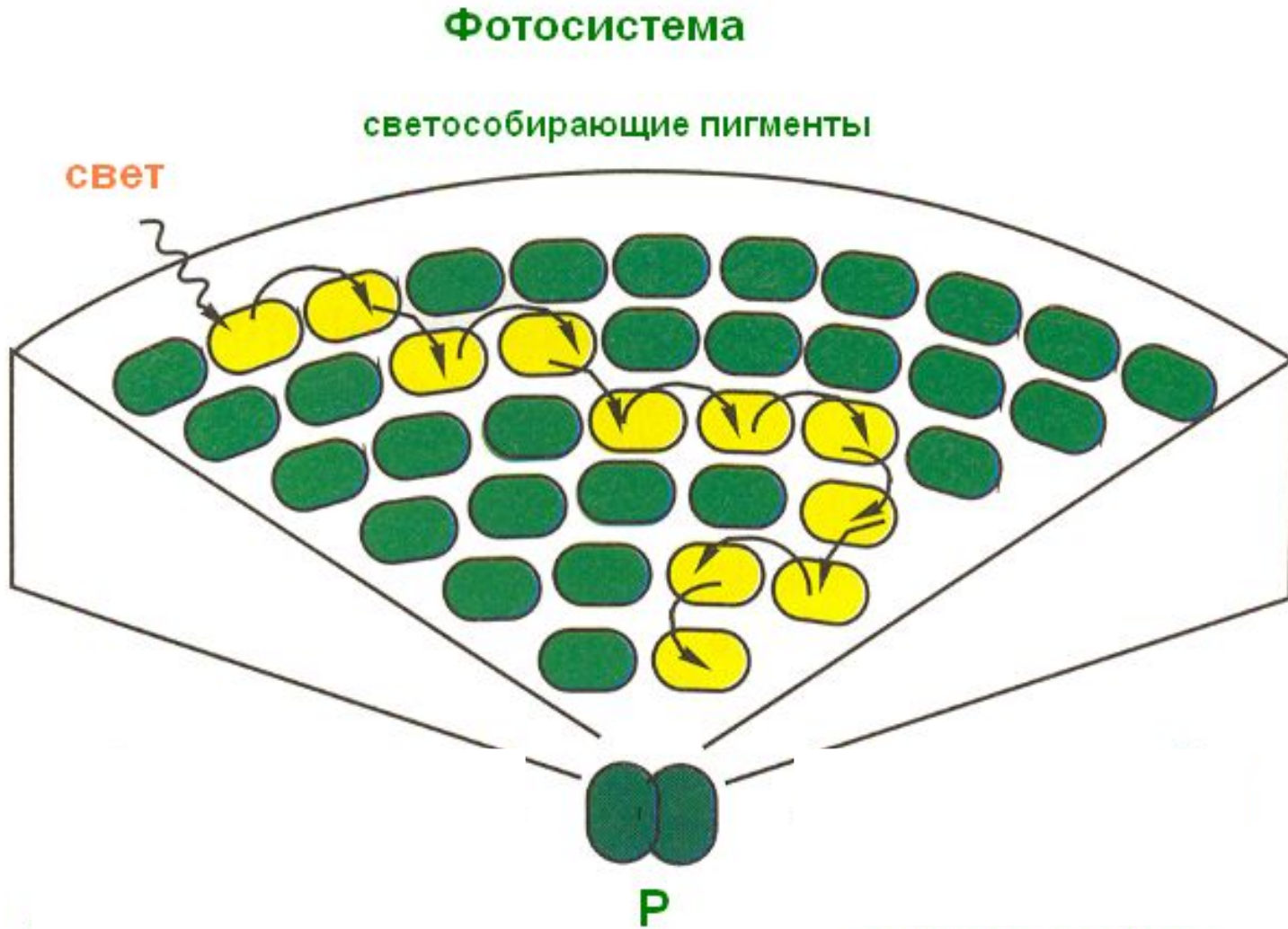
в красной области
спектра 640-700 нм

в синей - 400-450 нм



Каротиноиды: 400-550
нм главный максимум:
480 нм

ФОТОСИСТЕМЫ



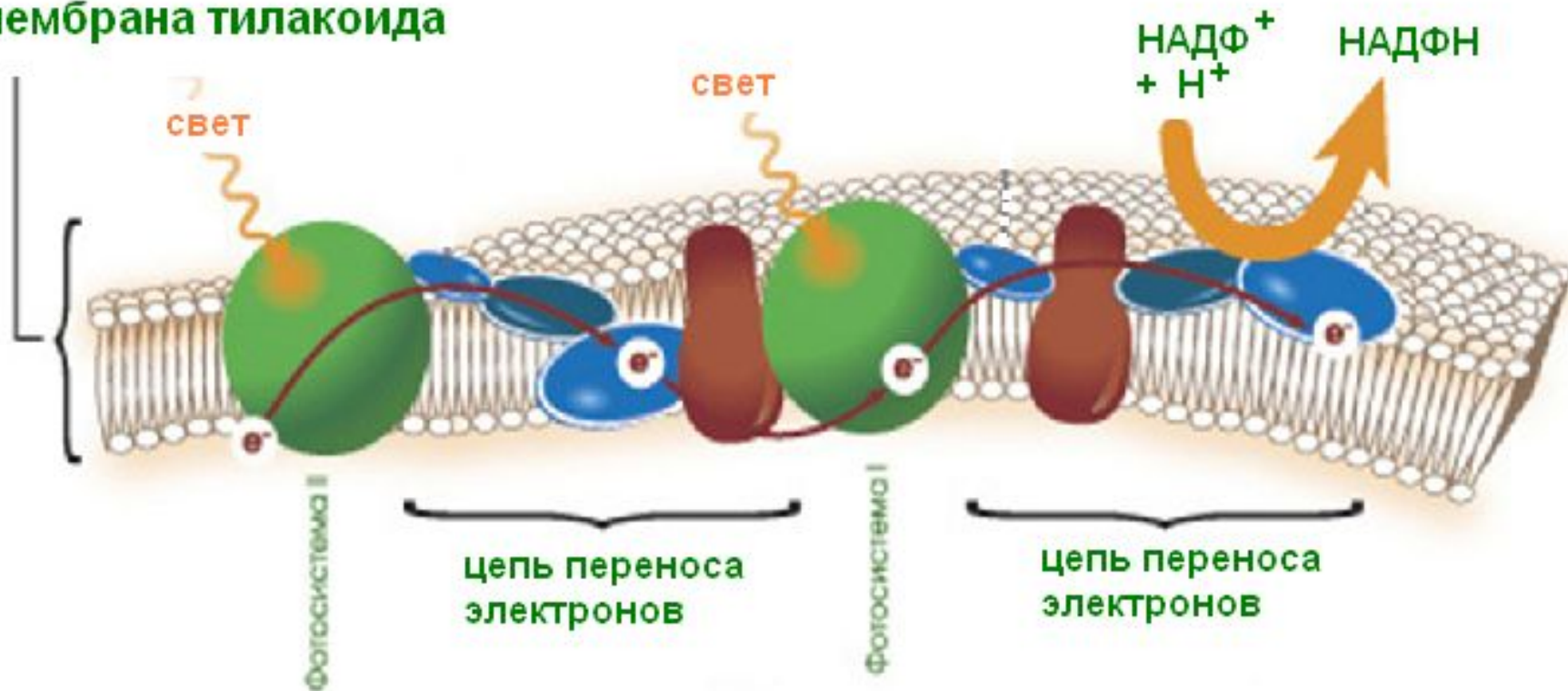
Ф
ЛО
ТИ
ФО
ПЕ

Т,
В-

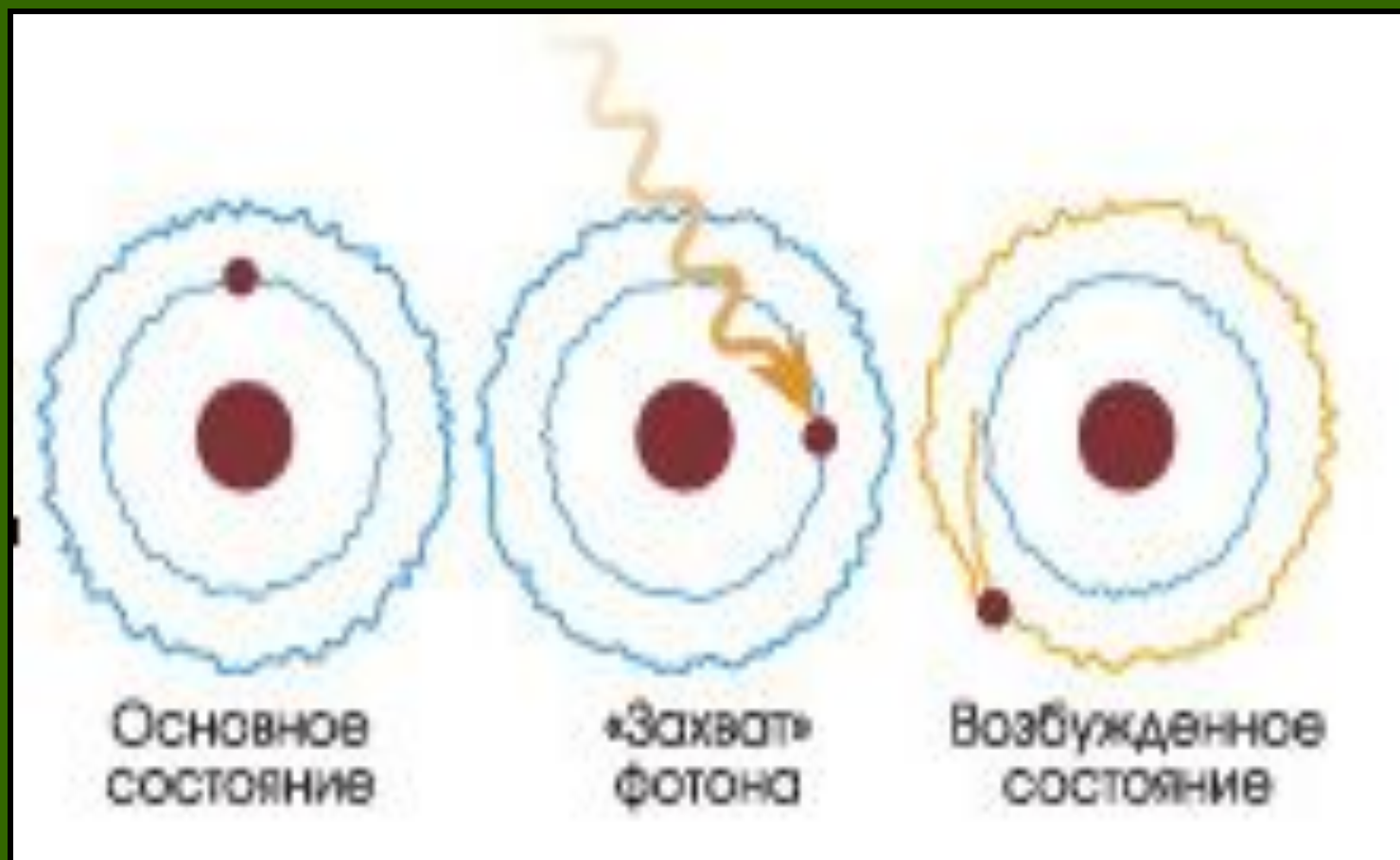
Строение мембраны тилакоида



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

Нециклический транспорт электронов



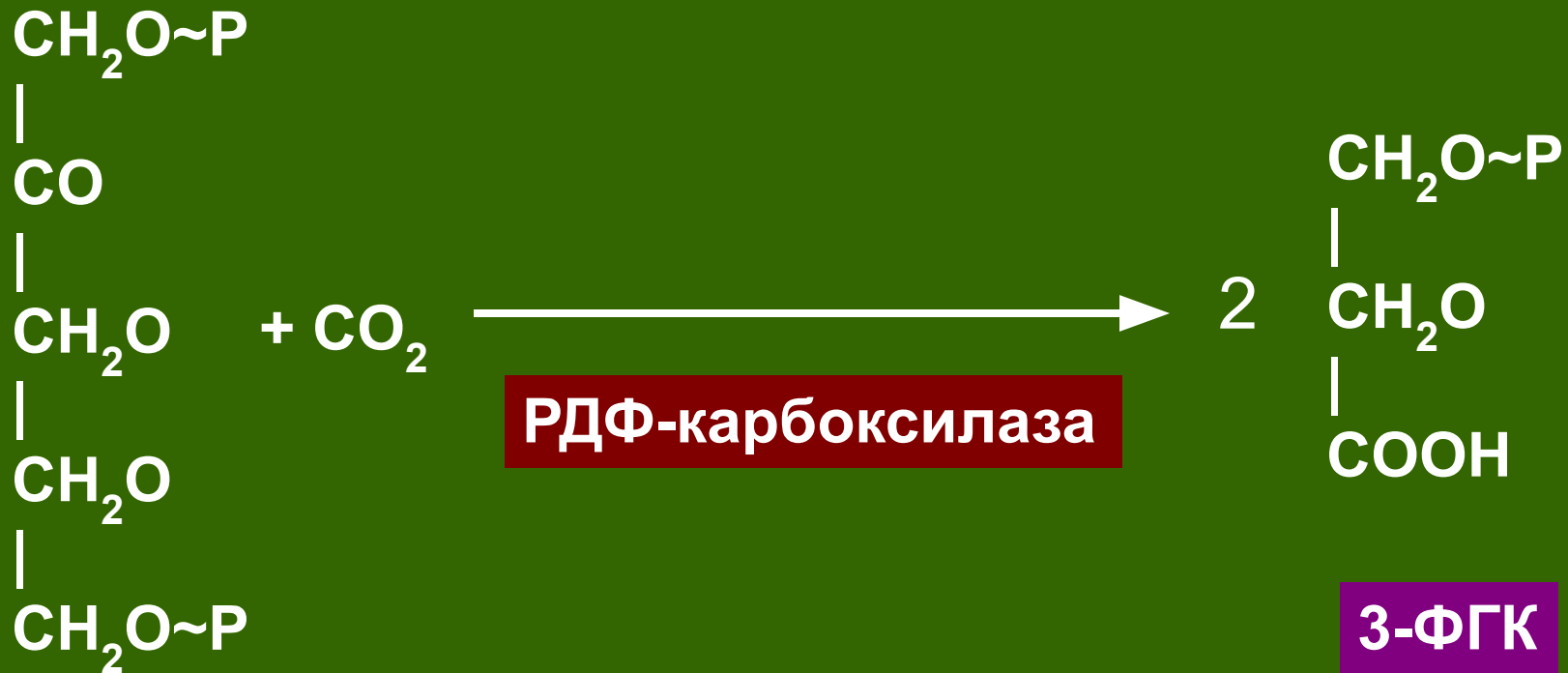
Световая фаза фотосинтеза



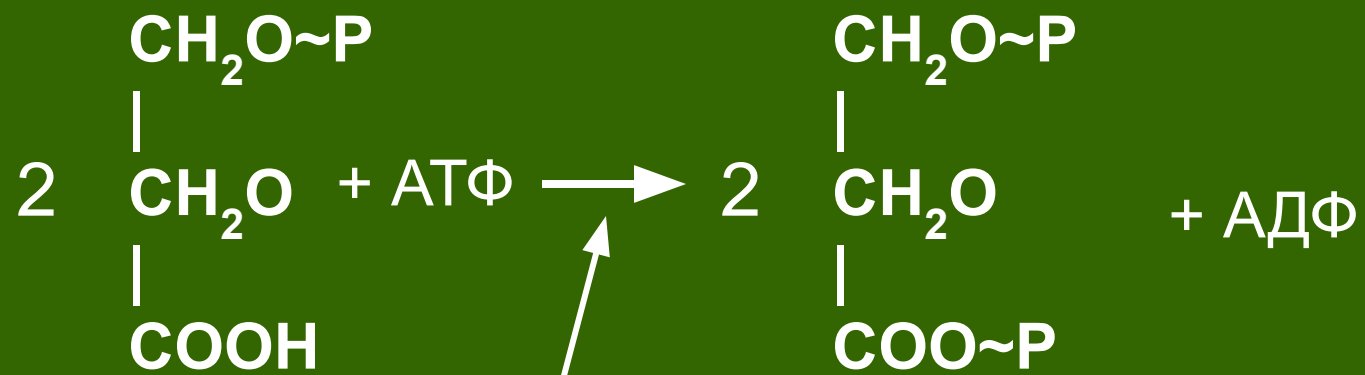
1. Активация хлорофилла
2. Фотолиз воды
3. Синтез АТФ
4. Восстановление НАДФ^+ до $\text{НАДФ}^*\text{H} + \text{H}$

C_3 – путь фотосинтеза (цикл Кальвина)

1. Карбоксилирование



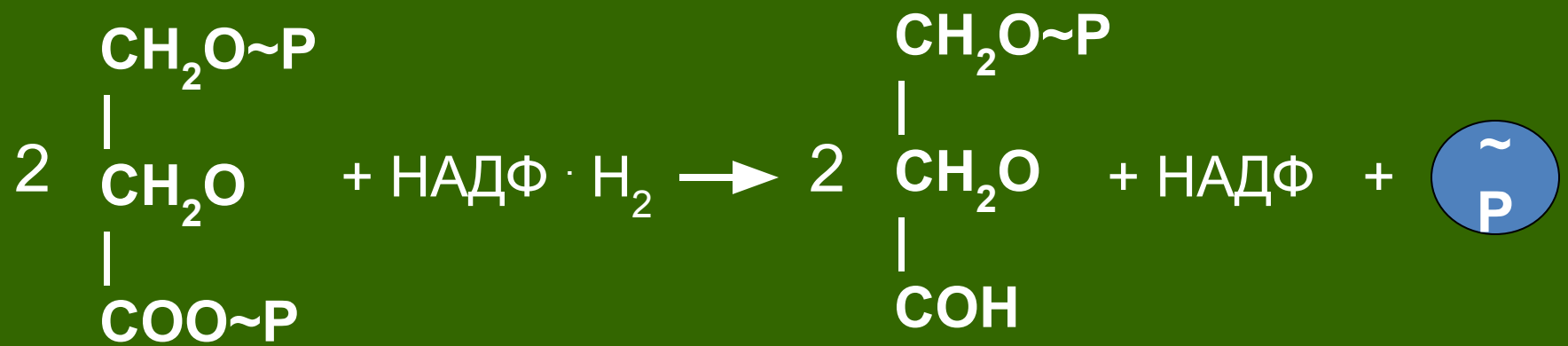
2. Фаза восстановления



3-ФГК

1,3-ДФГК

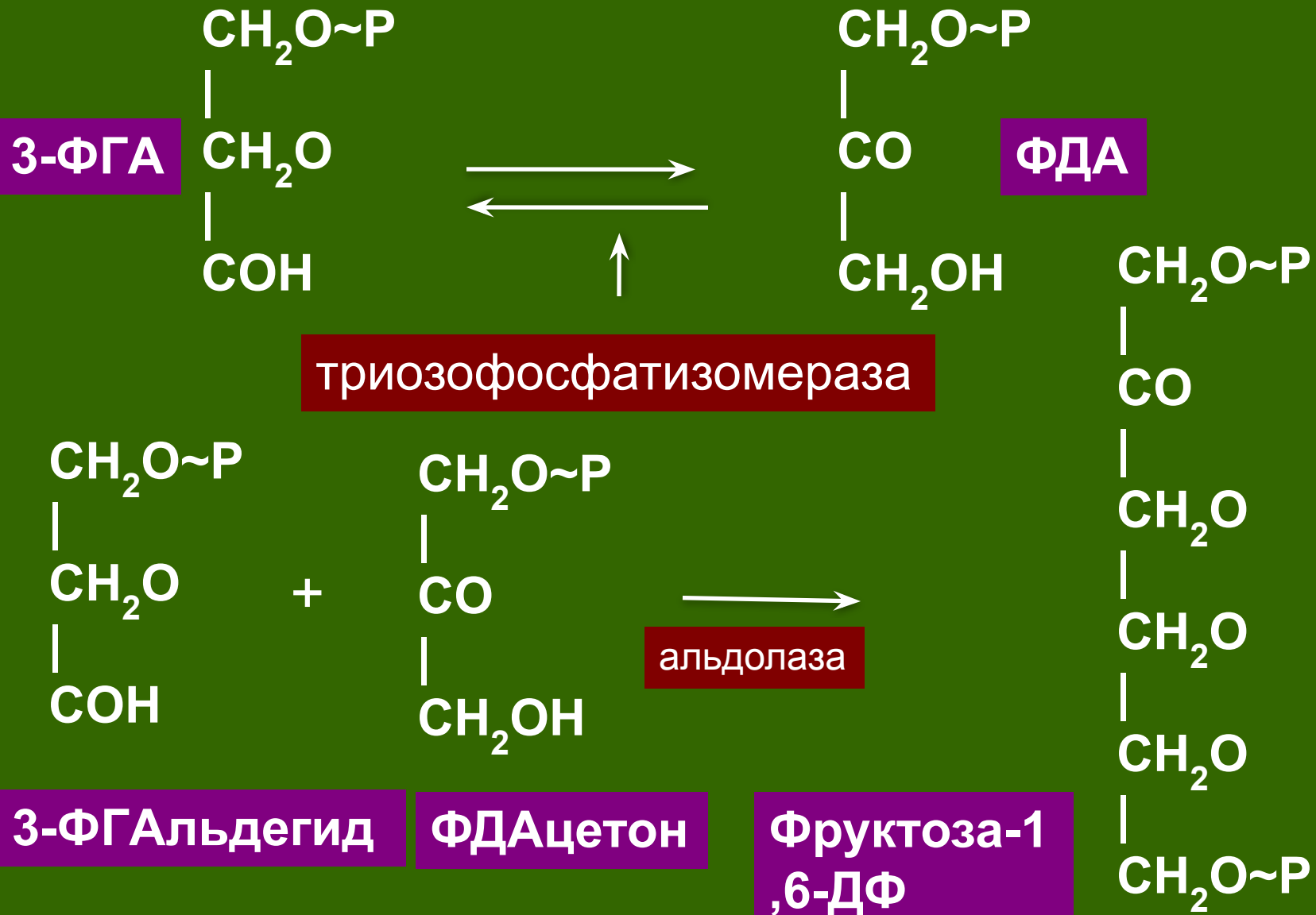
фосфоглицераткиназа

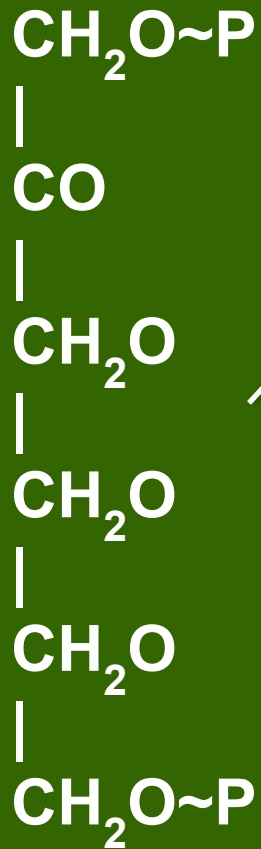


1,3-ДФГК

3-ФГА

3. Фаза регенерации первичного акцептора CO_2 и синтеза конечных продуктов фотосинтеза.





Конденсации и перестройки
 C_4 , C_5 , C_6 и 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»



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



кукуруза



просо

сорго



Сахарный тростник





Щетинник

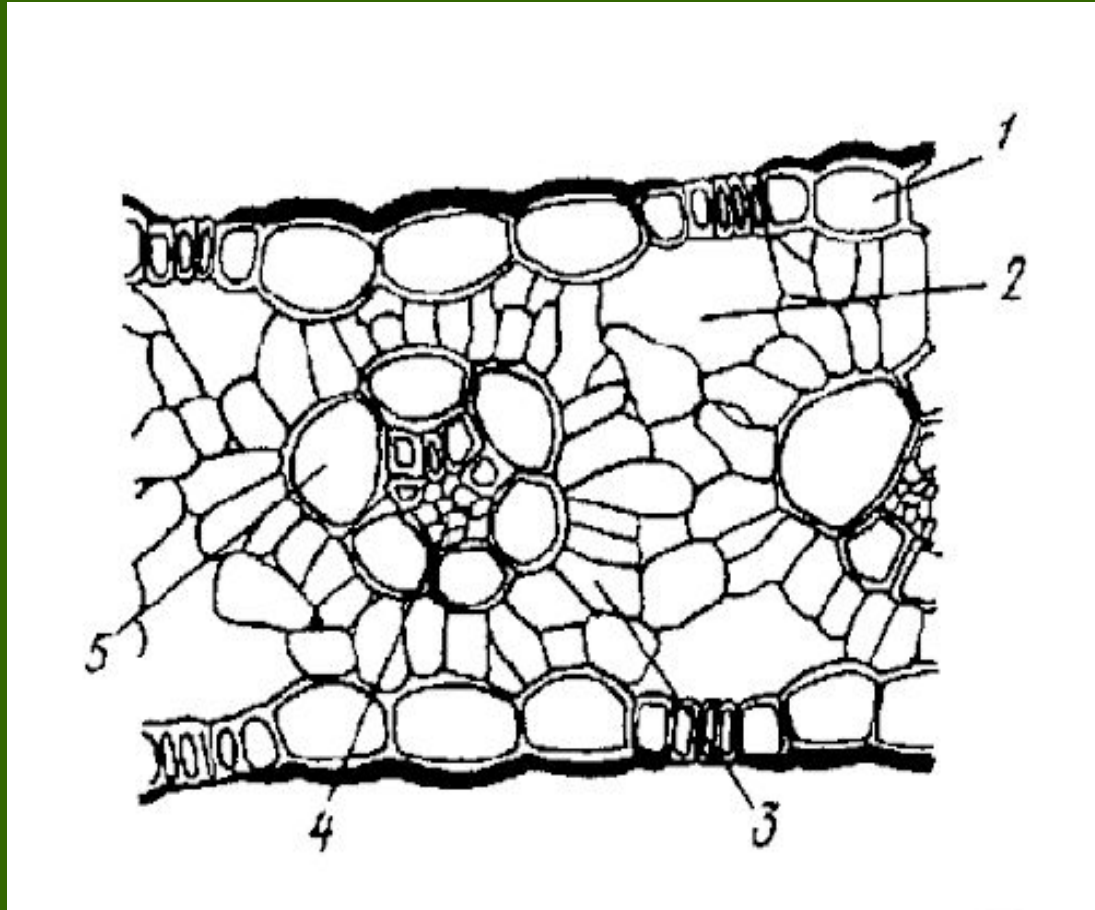


Щирица



Просо куриное

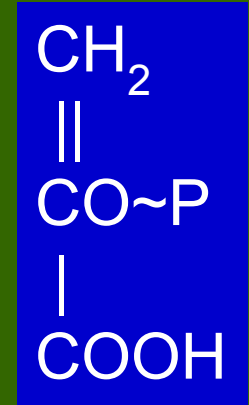
Структурные особенности C_4 растений: поперечный разрез
листа кукурузы (по В.Я.Александрову, 1961)



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

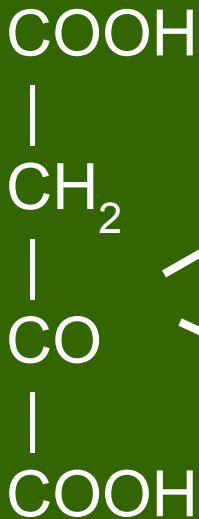
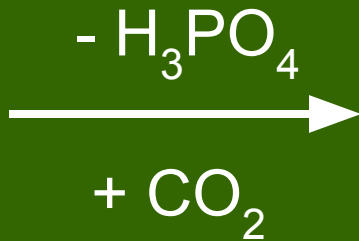
Цикл Хетча и Слэка

1. Карбоксилирование (мезофилл)



Фосфоенол-пировиноградная кислота

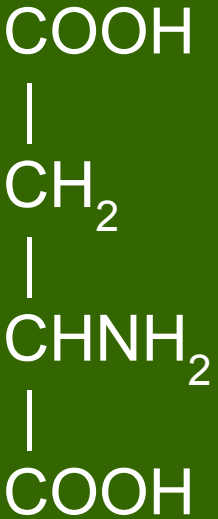
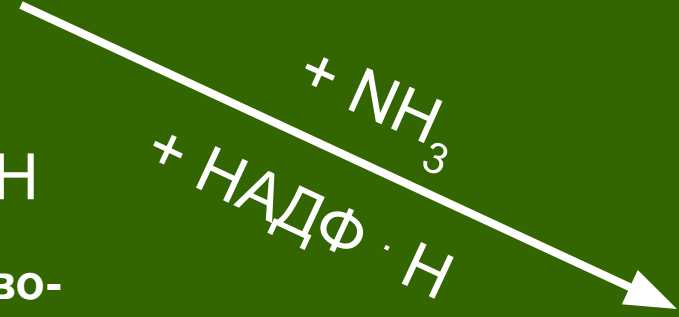
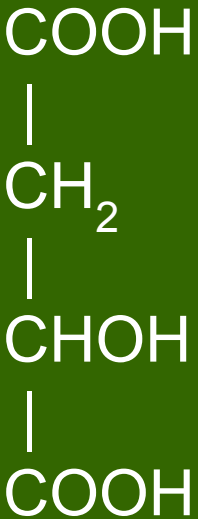
Фермент - ФЕП-карбоксилаза



Щевелевоуксусная кислота



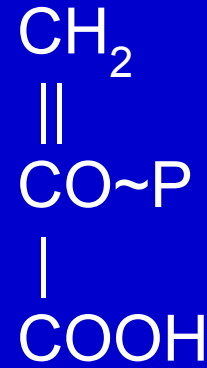
яблочная кислота (малат)



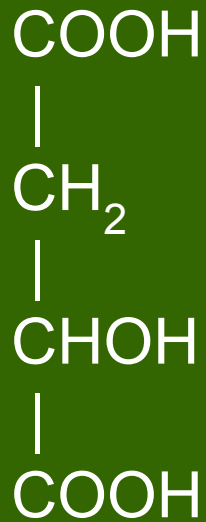
аспарагиновая кислота (аспарат)

Цикл Хетча и Слэка

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

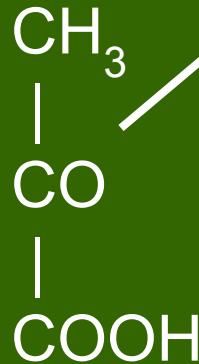


Фосфоенол-
пировиноград-
ная кислота



яблочная кислота
(малат)

+ НАДФ



пировиноградная
кислота (пируват)

+ АТФ

В мезофилле

+ CO₂

+ НАДФ · Н



Цикл Кальвина

мезофилл

Обкладка сосудистого пучка

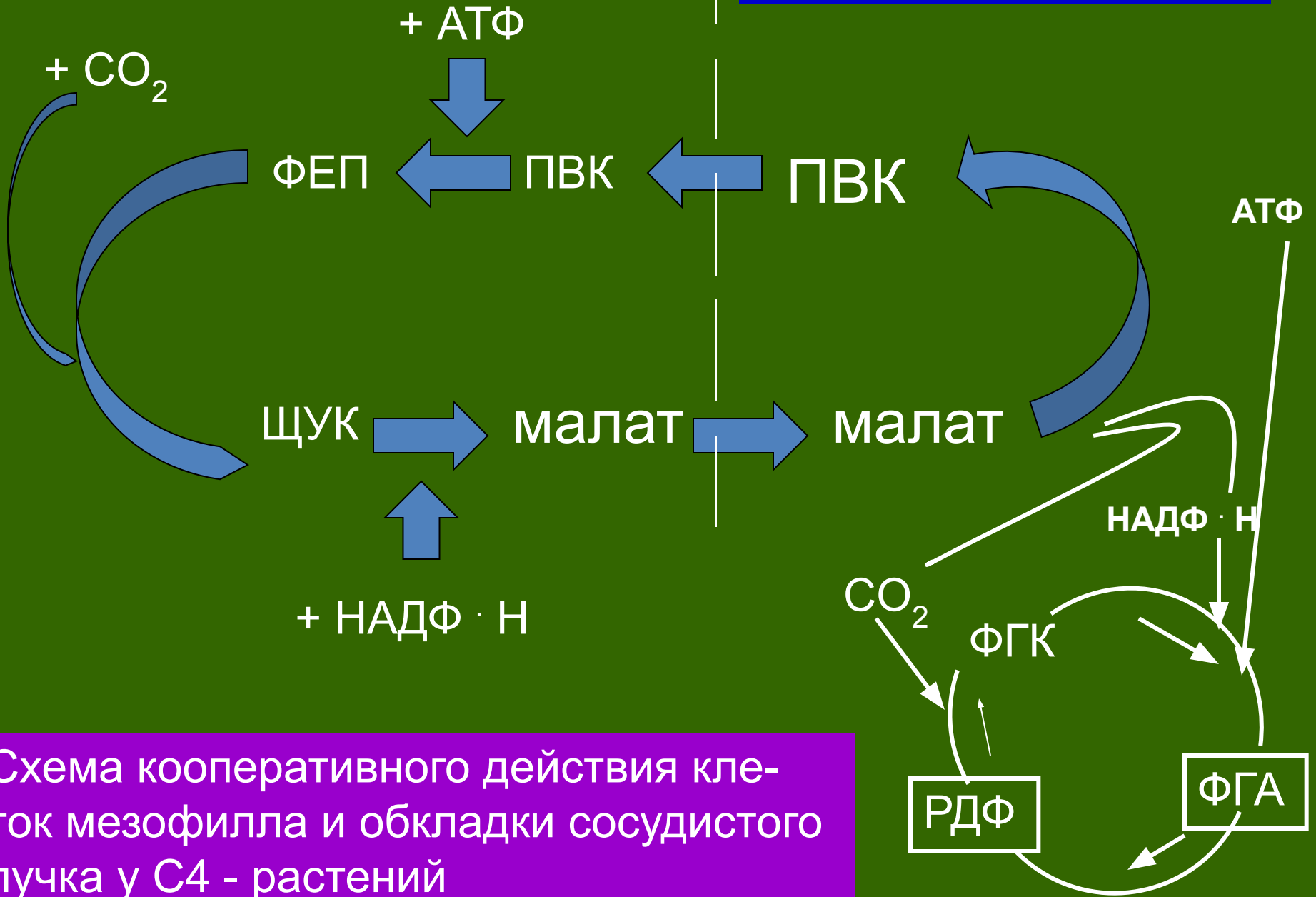


Схема кооперативного действия клеток мезофилла и обкладки сосудистого пучка у C4 - растений

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 (четыреуглеродистые 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

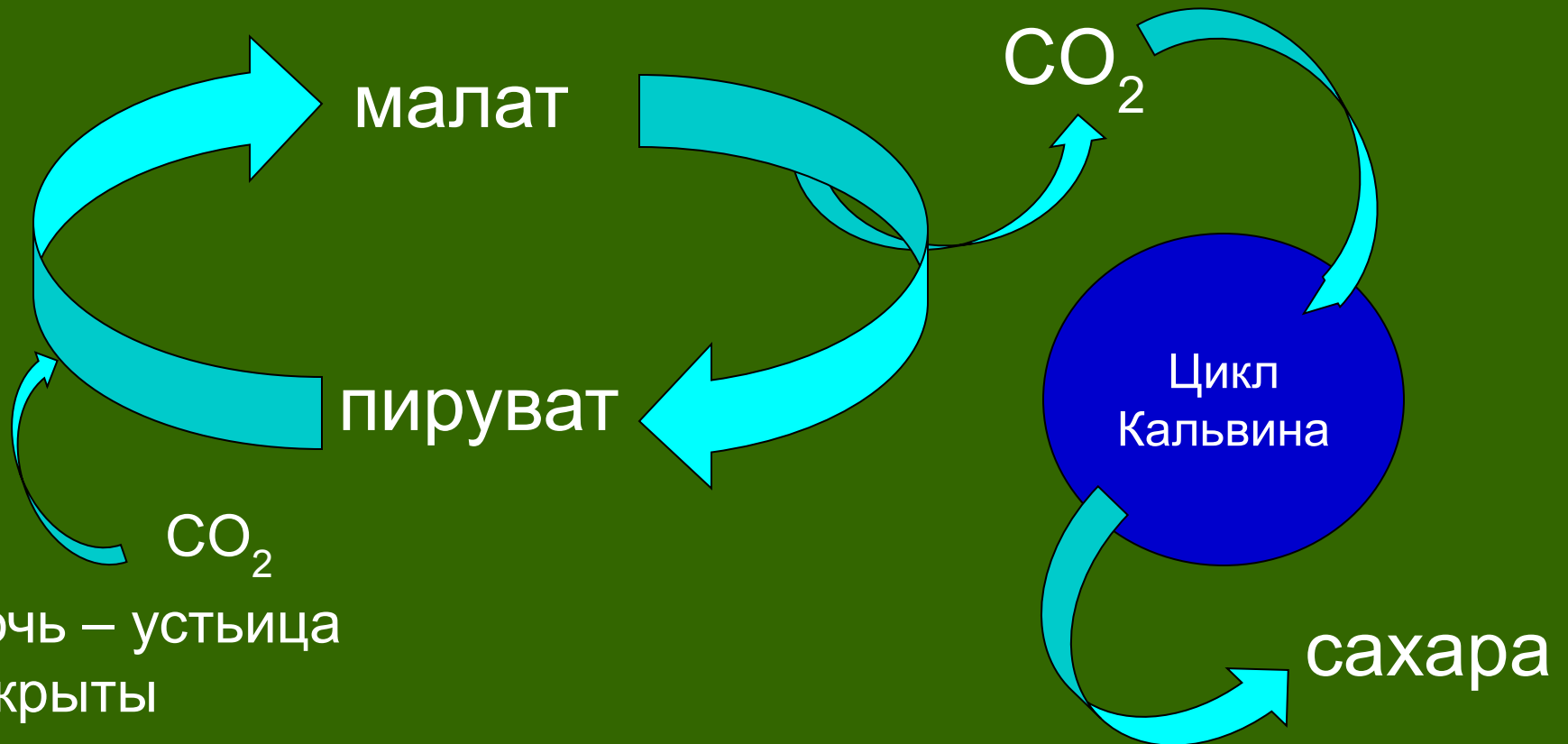
Средняя (20-30 т/га)

Высокая (80 т/га)

Фотосинтез по типу толстянковых (СAM – метаболизм)

Crassulacean acid metabolism

День – устьица
закрыты



Ночь – устьица
открыты