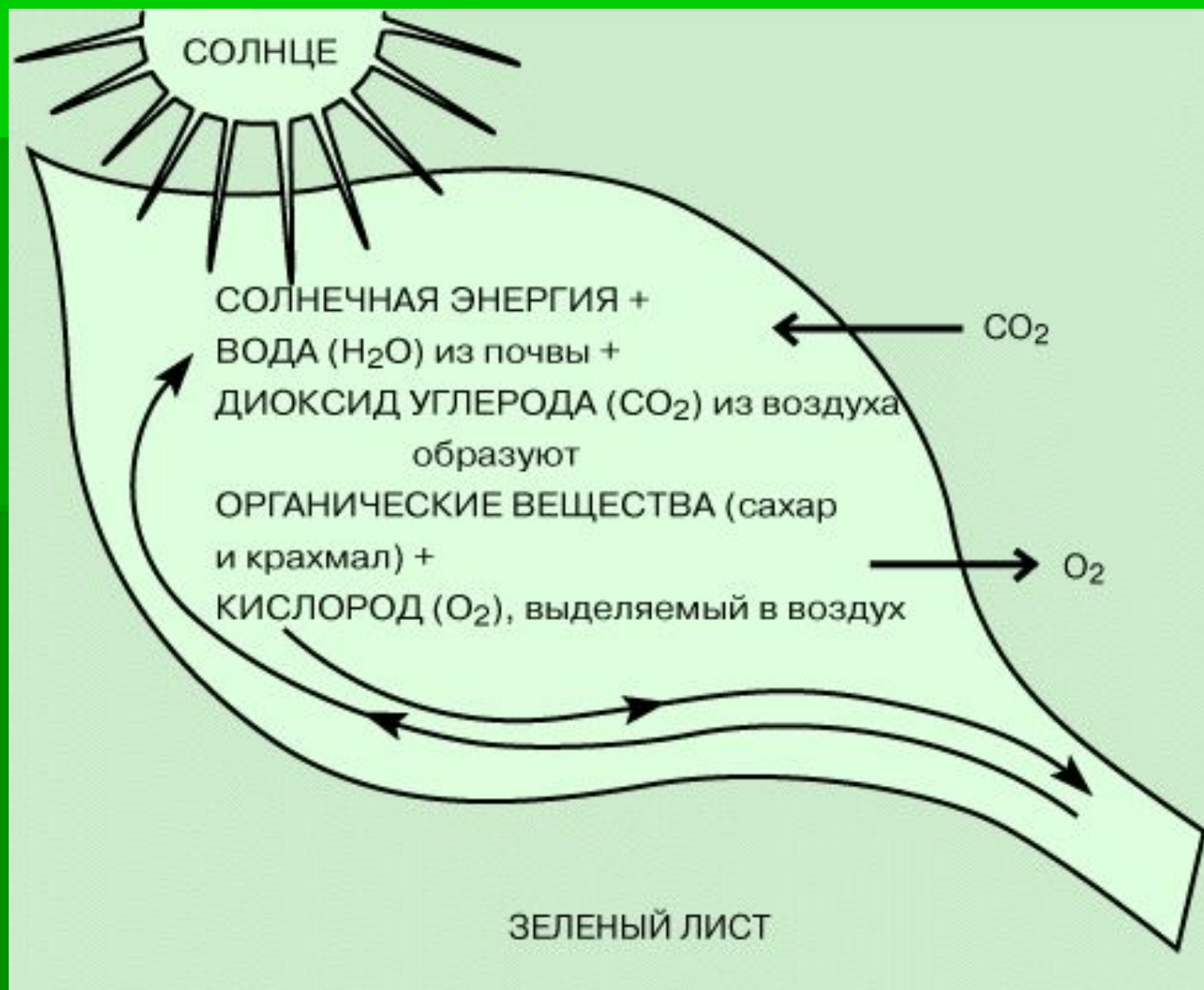


# Фотосинтез



# Фотосинтез у растений

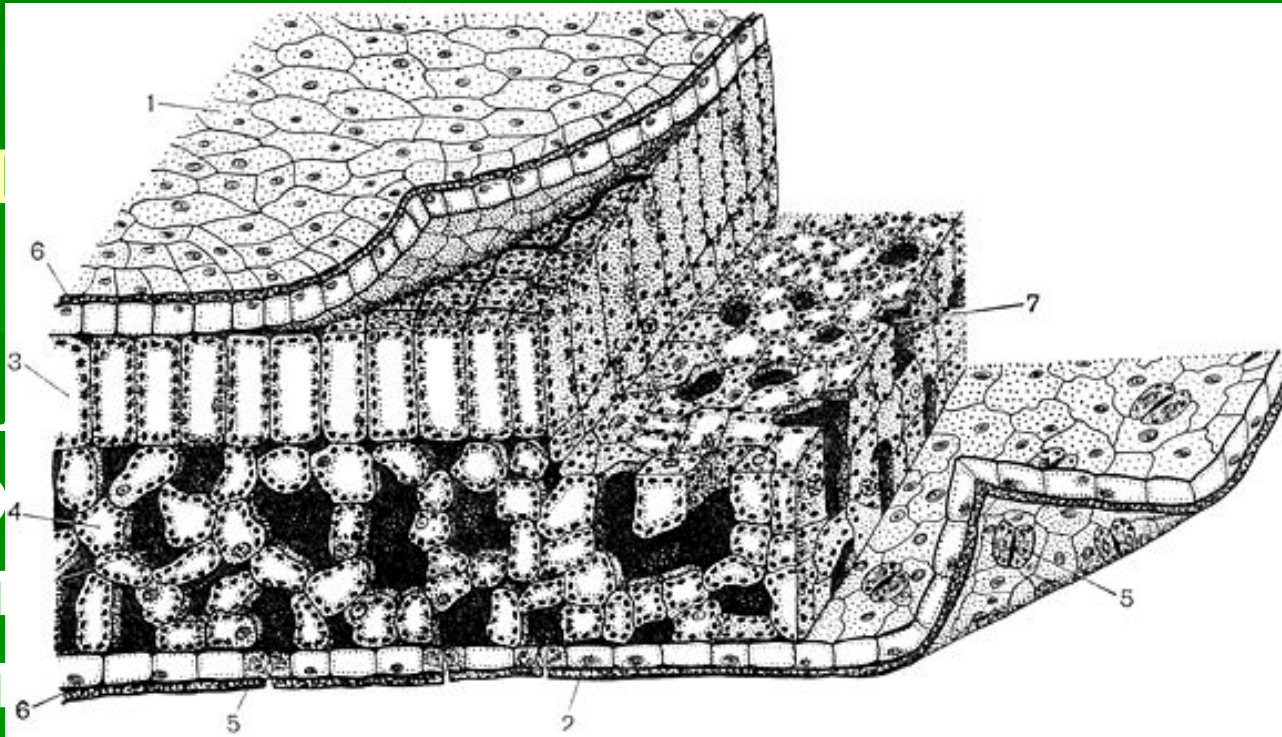
- Фотосинтез — процесс образования органического вещества из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов.



Ли

за

■ Уг  
пр  
ли  
ли



т  
в  
роне  
,

клетки которой богаты хлоропластом.

Чтобы процесс фотосинтеза проходил

непрерывно, клетки должны быть

достаточно насыщены водой, устьица

регулируют этот процесс.

межклеточные пространства.

# Хлоропласты

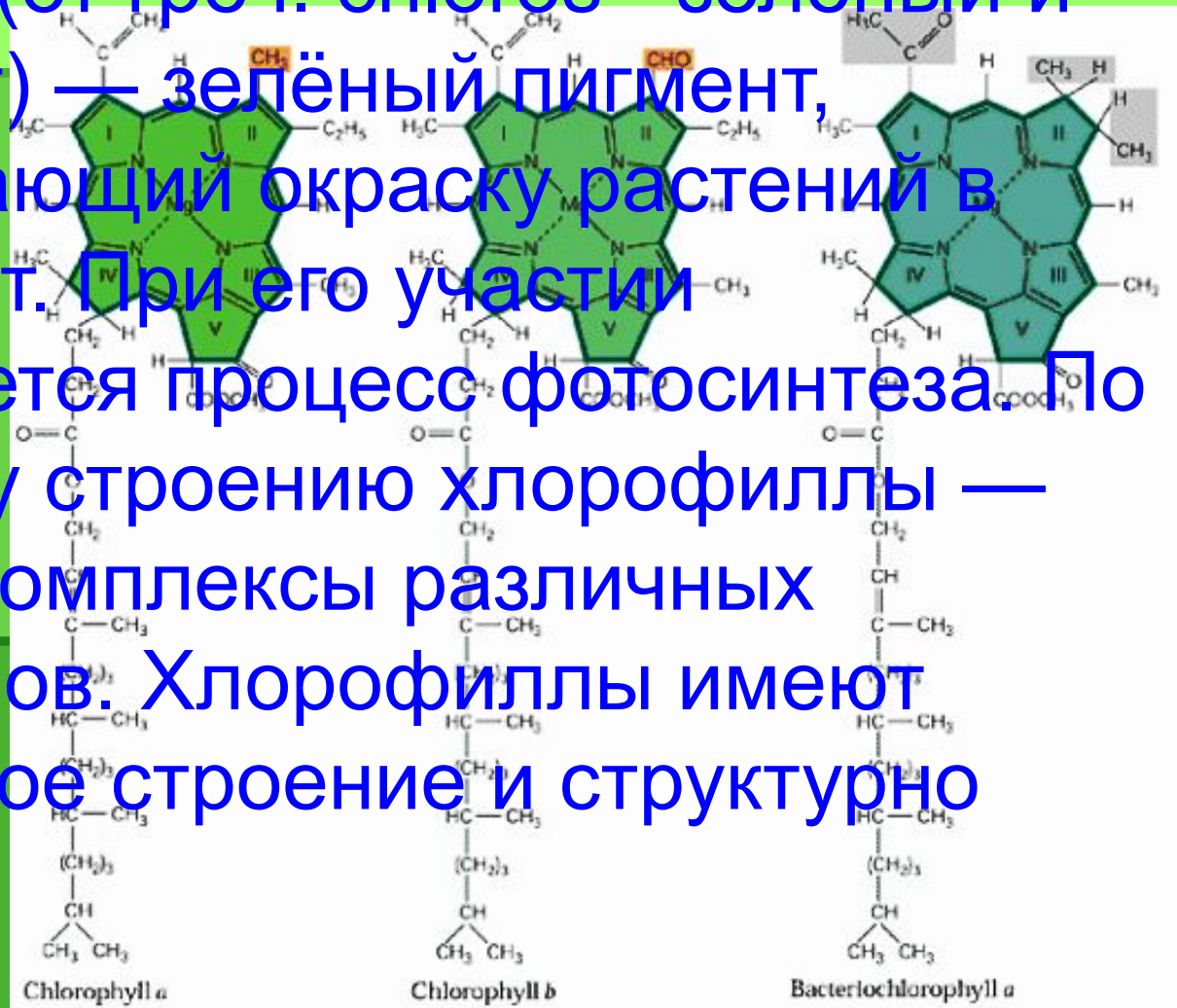


# Основные классы фотосинтетических пигментов

- Хлорофиллы
- Каротиноиды
- Фикобилины

# Хлорофиллы

Хлорофилл (от греч. chloros - зеленый и phyllon - лист) — зелёный пигмент, обуславливающий окраску растений в зелёный цвет. При его участии осуществляется процесс фотосинтеза. По химическому строению хлорофиллы — магниевые комплексы различных тетрапирролов. Хлорофиллы имеют порфириновое строение и структурно близки гему.



тетрапирролы,  
образующие

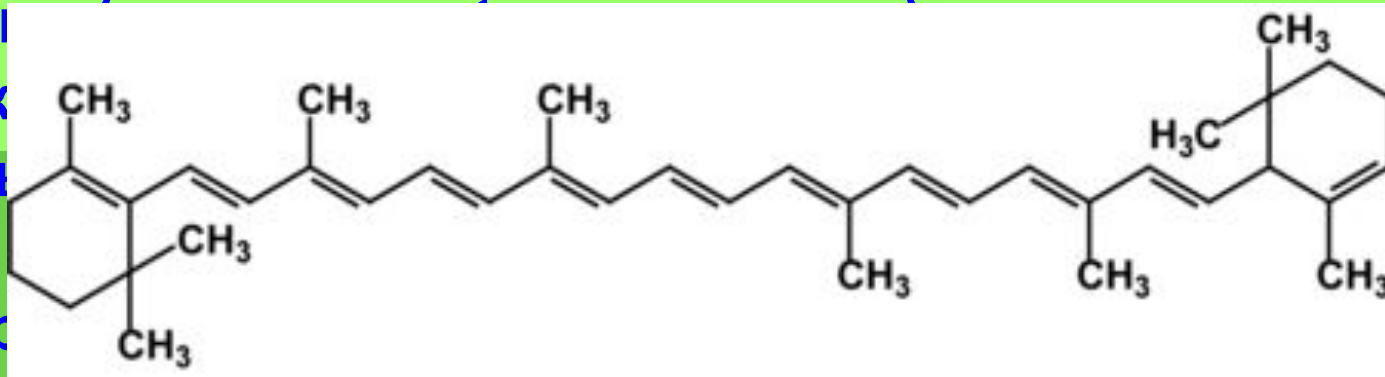
циклическую структуру  
хлорофилла (магний-  
порфирины)

# Каротиноиды

- Каротиноиды - природные органические пигменты фотосинтезируемые бактериями, грибами, водорослями и высшими растениями. Идентифицировано около 600 каротиноидов. Они имеют преимущественно жёлтый, оранжевый или красный цвет, по строению это циклические или ациклические изопреноиды.
- Каротины включают две основных группы структурно близких веществ:
  - каротины
  - ксантофиллы
- и другие растворимые в жирах пигменты.

# Каротины

Каротин  
оранжево-красная  
группа



из

Эмпирически

воде,

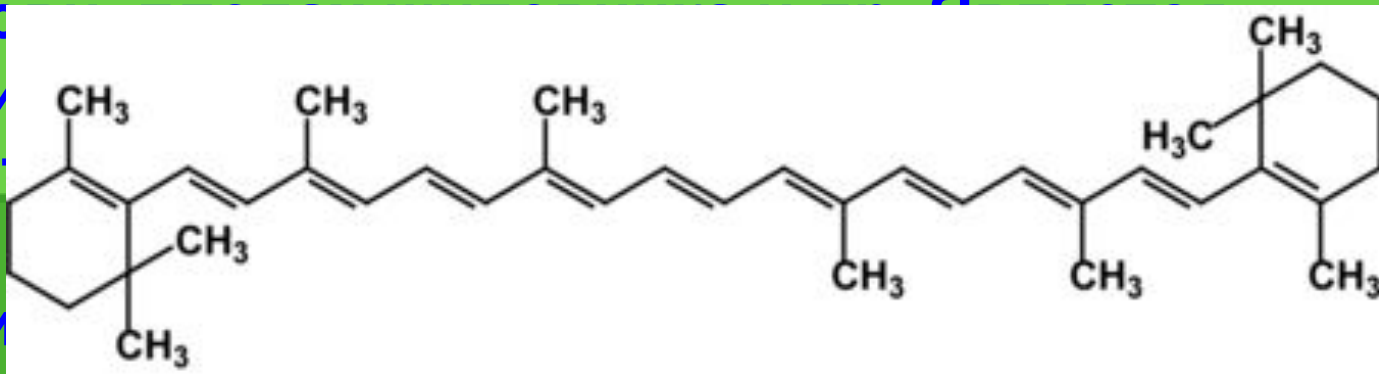
но растворяется в органических растворителях.

Содержится в листьях всех растений, а также в корне

моркови

провитамин

качества



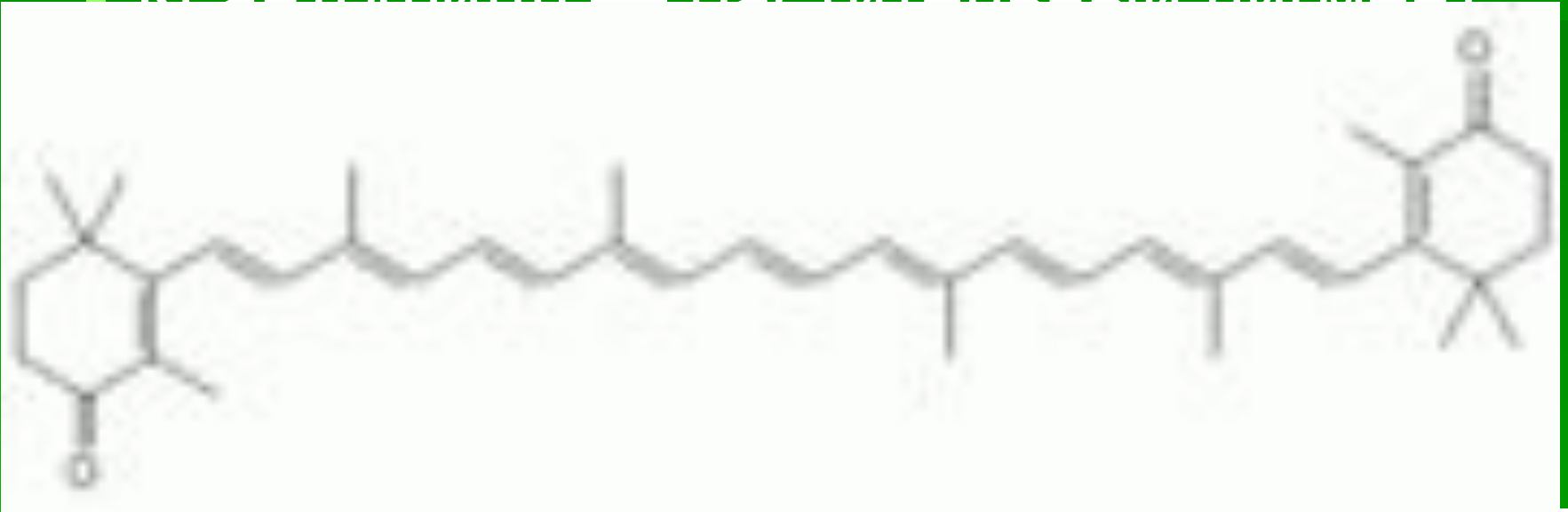
Различия

каротин.  $\beta$ -каротин встречается в желтых, оранжевых и зеленых листьях фруктов и овощей. Например в шпинате, салате, томатах, батате и других.



# Ксантофилл

- Ксантофилл — растительный пигмент



Зеленый пигмент и желтый — каротин переходят в бензин. В спектре поглощения ксантофилла характерны три полосы поглощения в сине-фиолетовой части.

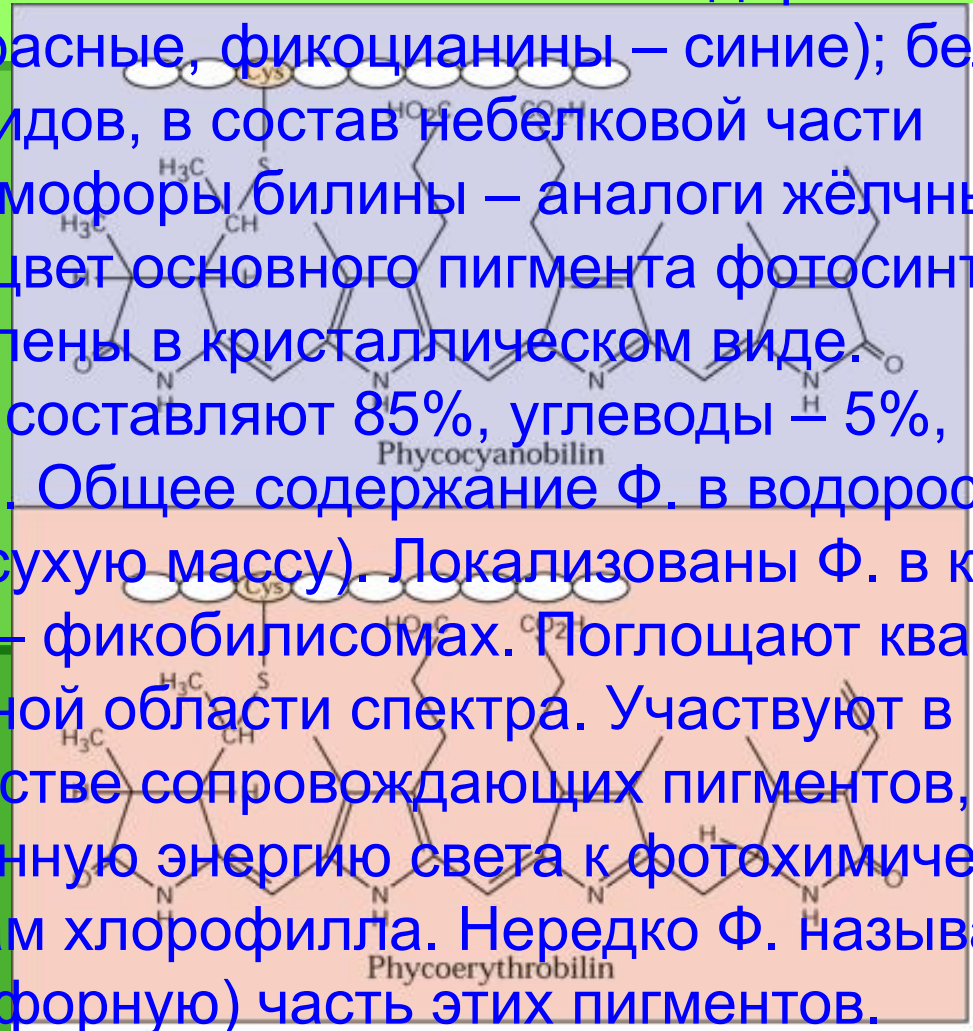
# Фикобилины

Фикобилины (от греч. *phýkos* – водоросль и лат. *bilis* – жёлчь), пигменты красных и синезелёных водорослей (фикоэритрины – красные, фикоцианины – синие); белки из

Открытые  
тетрапиррольные  
структуры

группы хромопротеидов, в состав небелковой части которых входят хромофоры билины – аналоги жёлчных кислот. Маскируют цвет основного пигмента фотосинтеза – хлорофилла. Выделены в кристаллическом виде.

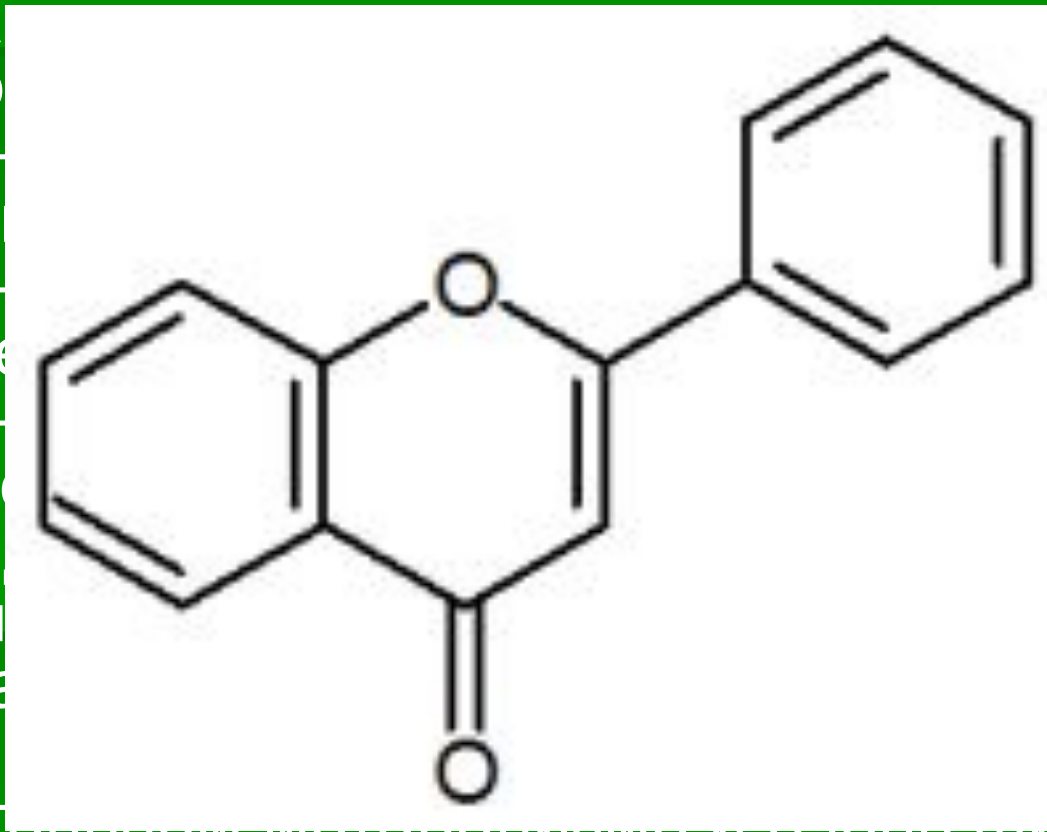
Аминокислоты в Ф. составляют 85%, углеводы – 5%, хромофоры – 4–5%. Общее содержание Ф. в водорослях достигает 20% (на сухую массу). Локализованы Ф. в клетке в особых частицах – фикобилисомах. Поглощают кванты света в жёлто-зелёной области спектра. Участвуют в фотосинтезе в качестве сопровождающих пигментов, доставляя поглощённую энергию света к фотохимически активным молекулам хлорофилла. Нередко Ф. называют небелковую (хромофорную) часть этих пигментов.



# Флавоноидные пигменты

- Флавоноиды — наиболее многочисленная

группа  
липофильных  
соединений  
гетероциклических  
соединений  
оранжево-красных  
соединений  
имеют  
друг с  
Большинство  
рассматриваемых  
флавоноидов  
растительного происхождения и очень широко  
распространены в высших растениях. Они  
принимают участие в фотосинтезе,  
образовании лигнина и суберина.



Структура флавонов

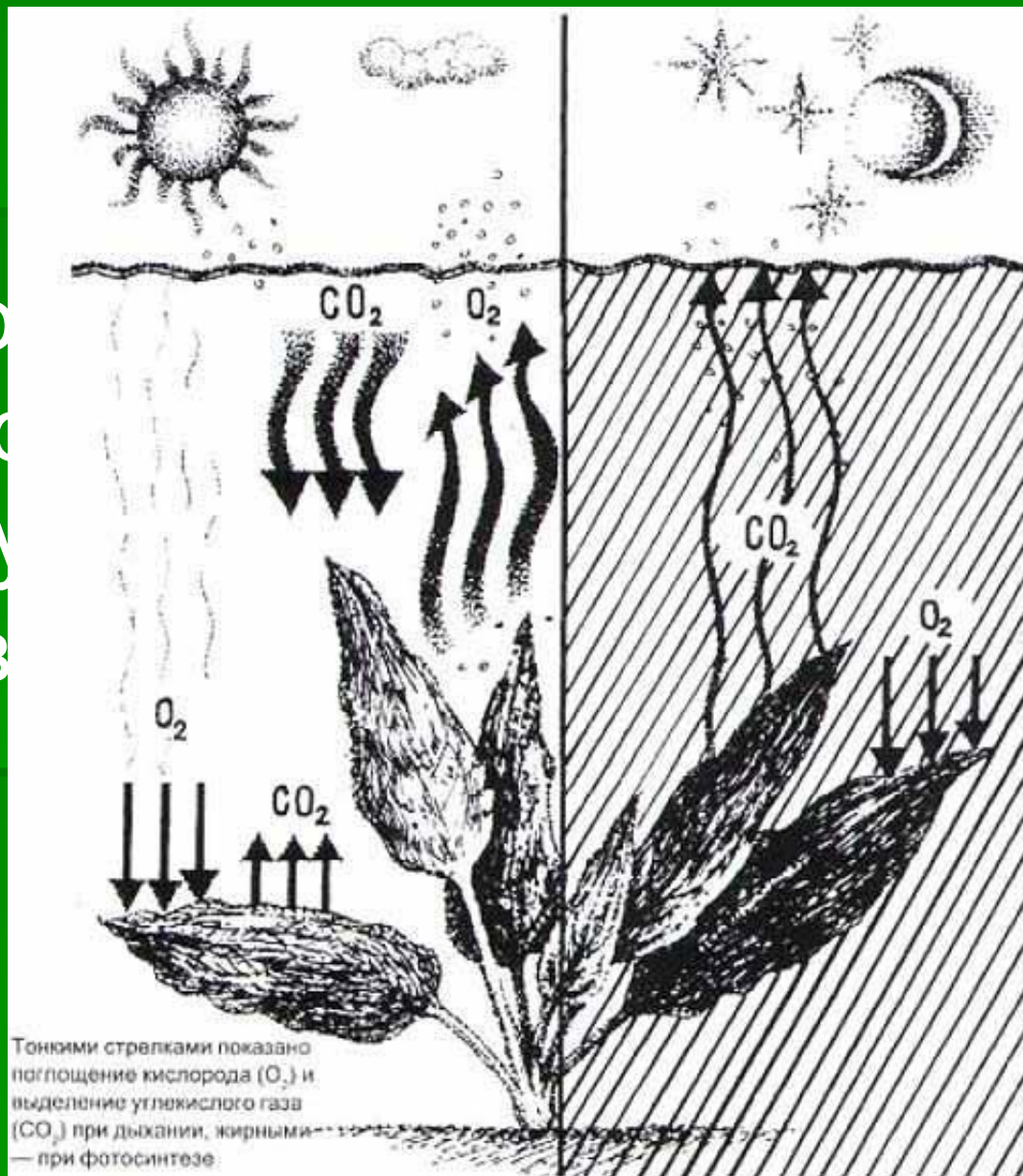
ие

длежат к  
лекулах  
енных  
нтом.

на или  
роль в

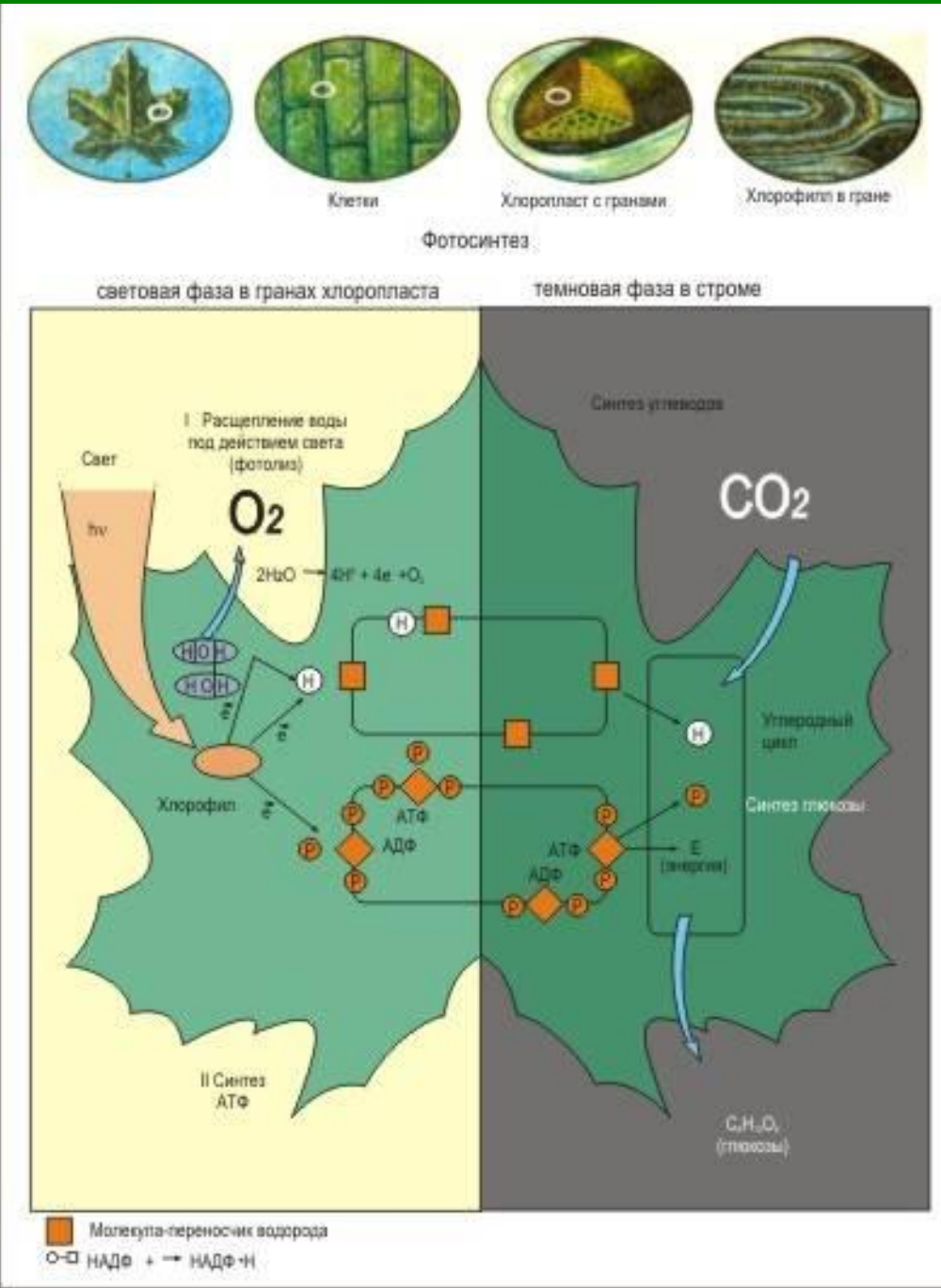
# Световые и темновые реакции

- Фотосинтез происходит при свете
- Световые реакции происходят при свете
- Темновые реакции происходят в темноте



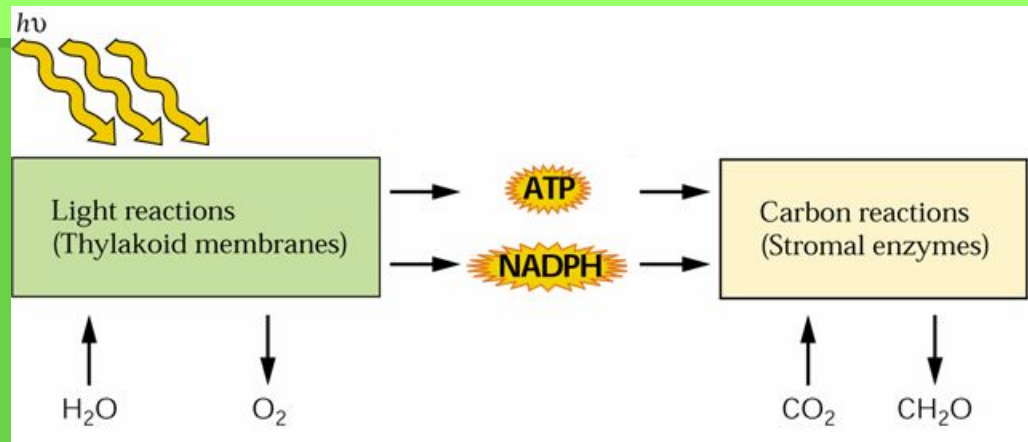
- Фотосинтез происходит при свете
- Световые реакции происходят при свете
- Темновые реакции происходят в темноте

- Из схемы синтеза фотосинтеза можно увидеть, что образуются органические вещества из углекислого газа и воды при освещении. Эта реакция называется фотосинтезом. В процессе фотосинтеза в хлоропластах происходит:



печивает: 1) НАДФН; 3) электроны для синтеза глюкозы. Также используется в клетке для синтеза углеводов, жиров, белков. Второй фазой фотосинтеза за счет энергии НАДФ·Н также идут процессы восстановления и синтеза углеводов. Эта фаза называется темновой фазой фотосинтеза (или цикла Кальвина): клетки используют с гранами,

# Световые и темновые реакции



## Световые реакции:

Зависят от света

Не зависят от температуры

Быстрые  $< 10$  (-5) сек

Протекают на мембранах

## Темновые реакции:

Не зависят от света

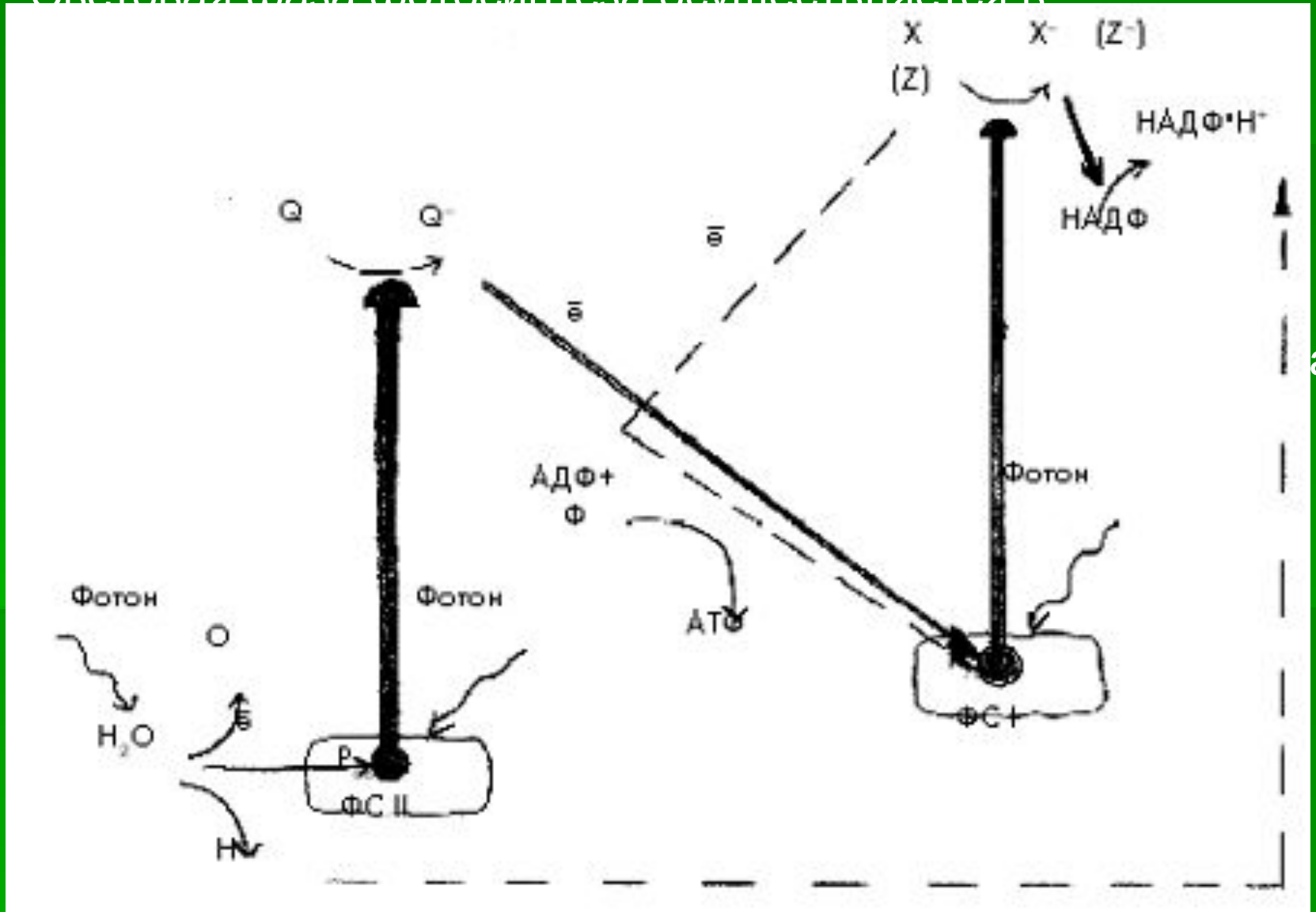
Зависят от температуры

Медленные  $\sim 10$  (-2) сек

Протекают в строме Хл

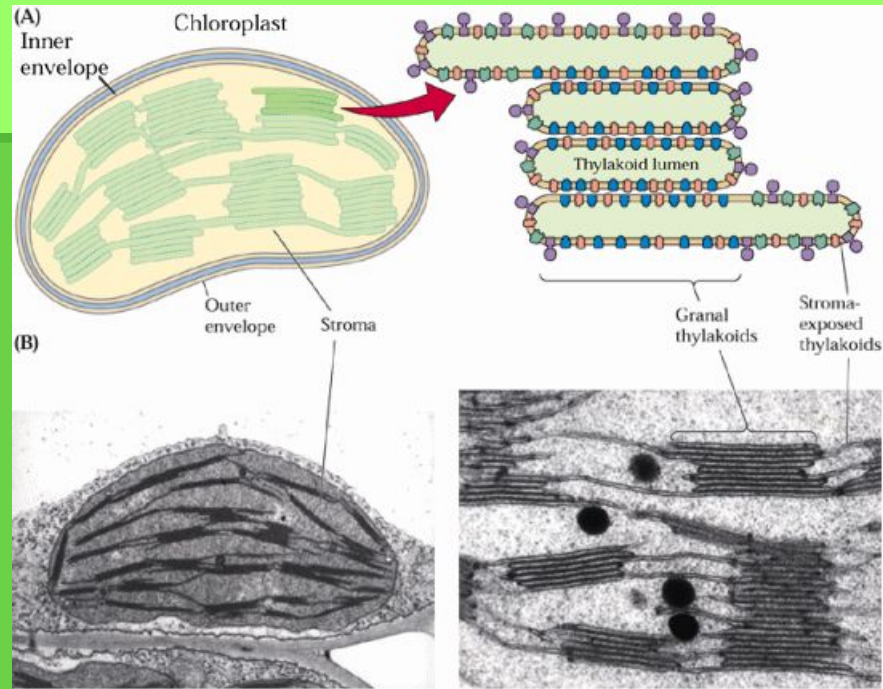
# Световая фаза фотосинтеза

- Световая фаза фотосинтеза осуществляется в



а.

# Световые реакции



1. Введение энергии в биологические системы через воспринимающие пигментные системы
2. Преобразование энергии света в «биологическую энергию»

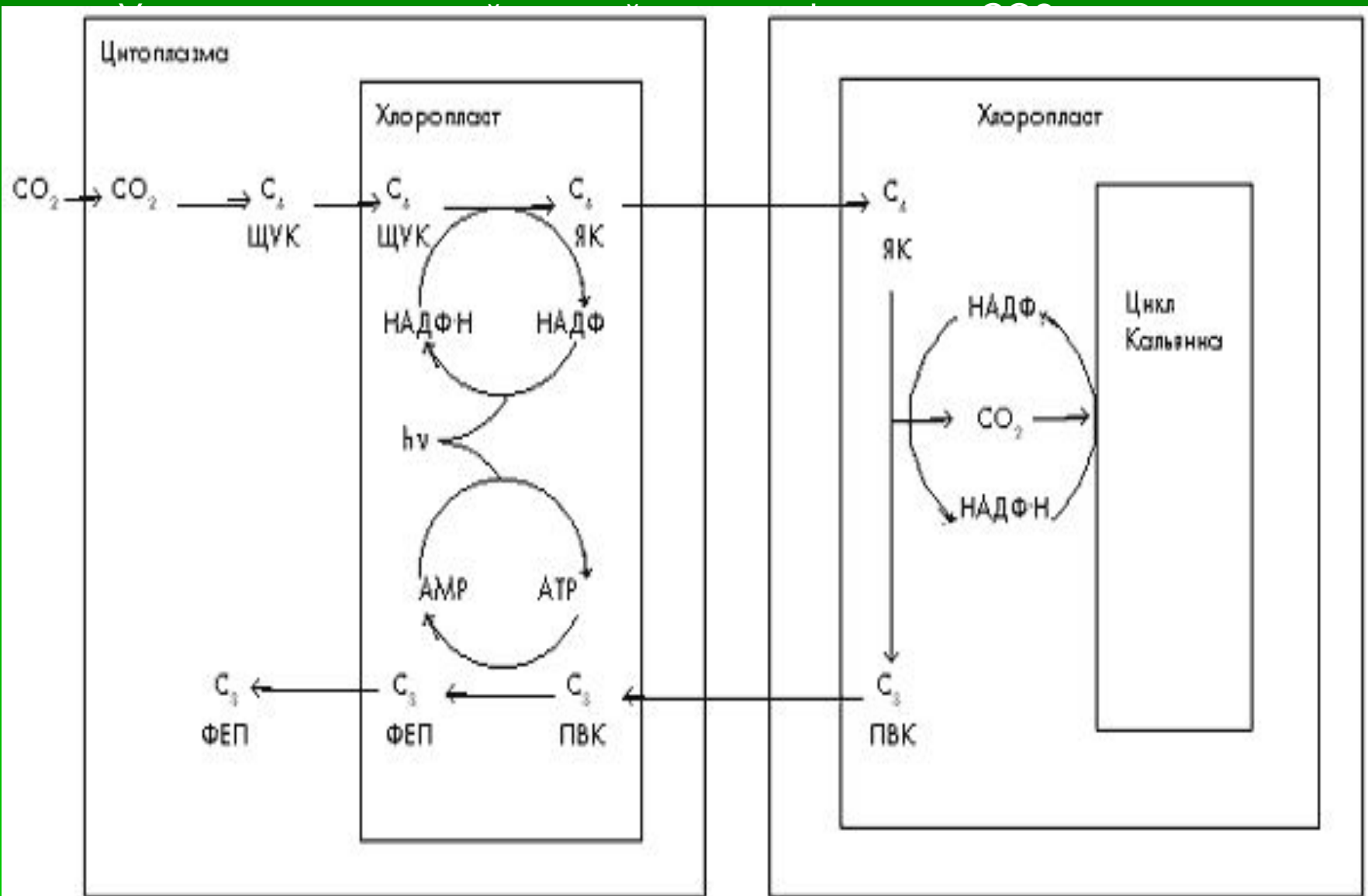


# Темновая фаза фотосинтеза

- В темновую фазу фотосинтеза энергия, накопленная клетками в молекулах АТФ, используется на синтез глюкозы и других органических веществ. Глюкоза образуется при восстановлении углекислого газа -  $\text{CO}_2$ ; с участием протонов воды и НАДФ•Н.
- В молекуле углекислого газа содержится один атом углерода, а в молекуле глюкозы их шесть ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ).
- Углекислота, проникающая в лист из воздуха, вначале присоединяется к органическому веществу, состоящему из пяти углеродных атомов. При этом образуется очень непрочное шестиуглеродное соединение, которое быстро расщепляется на две трехуглеродные молекулы. В результате ряда реакций из двух трехуглеродных молекул образуется одна шестиуглеродная молекула глюкозы. Этот процесс включает ряд последовательных ферментативных реакций с использованием энергии, заключенной в АТФ. Молекулы НАДФ•Н; поставляют ионы водорода, необходимые для восстановления углекислого газа.
- Таким образом, в темновой фазе фотосинтеза в результате ряда ферментативных реакций происходит восстановление углекислого газа водородом воды до глюкозы.

- Восстановление углерода происходит в строме хлоропласта в цикле реакций, известных как цикл Кальвина. Цикл Кальвина - не единственный путь фиксации углерода в темновых реакциях. У некоторых растений первый продукт фиксации  $\text{CO}_2$  - не трехуглеродная молекула 3-глицерофосфата, а четырехуглеродное соединение - оксалоацетат. Отсюда этот путь фотосинтеза получил название C4-пути (C4-растения). Оксалоацетат затем быстро переносит  $\text{CO}_2$  к РБФ цикла Кальвина. Существует особая анатомическая структура в мезофиле листа (крайц-структура) - Kranz-анатомия с C4-путем фотосинтеза. У C4-растений цикл Кальвина осуществляется по преимуществу в клетках обкладок проводящих пучков, а C4-путь - в клетках мезофилла. Интенсивность фотосинтеза, но они в пределах одного растения пространственно разделены. C4-растения более экономно утилизируют  $\text{CO}_2$ , чем C3-растения, отчасти благодаря тому, что фосфоенолпируваткарбоксилаза не ингибируется  $\text{O}_2$  и, таким образом, C4-растения обладают способностью поглощать  $\text{CO}_2$  с минимальной потерей воды. Кроме того, у C4-растений практически отсутствует фотодыхание - процесс выделения  $\text{CO}_2$  и поглощения  $\text{O}_2$  на свету.

# C4- путь фотосинтеза

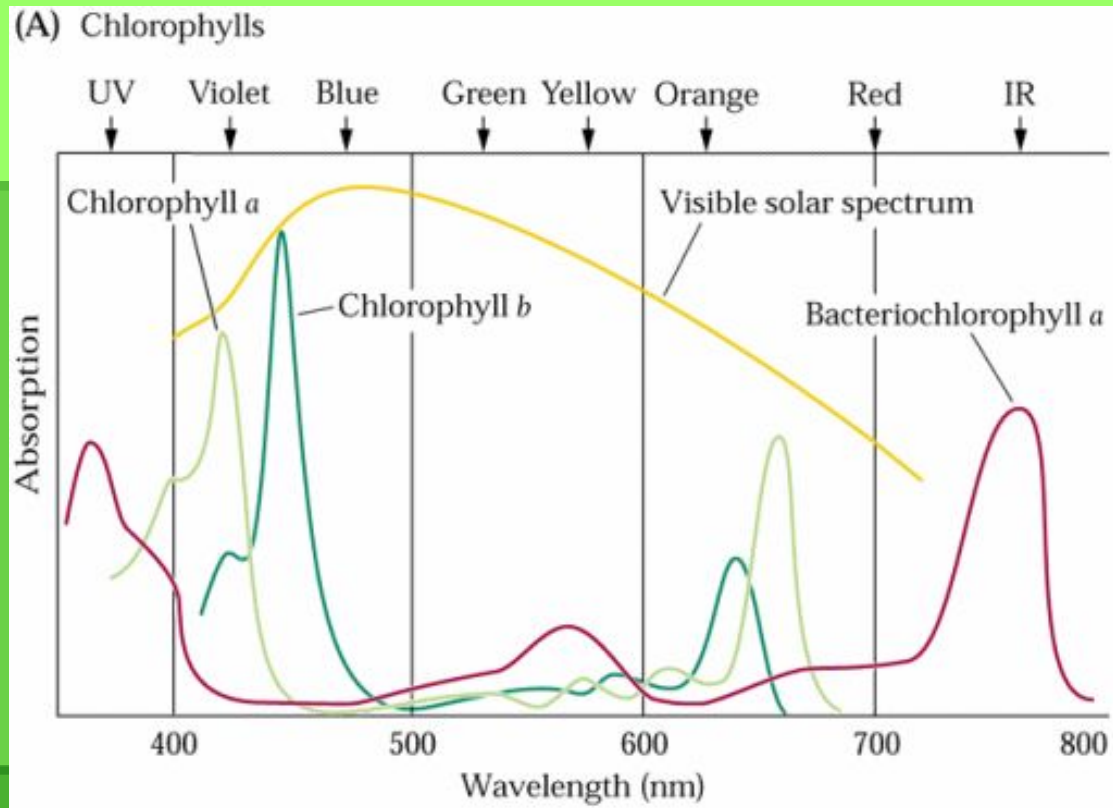


# фотосинтетически активная радиация

- ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНАЯ РАДИАЦИЯ (ФАР) , часть солнечной энергии, к-рая может использоваться растениями для фотосинтеза. Соответствует полосе видимого света и составляет ок. 50% от суммарной энергии солнечного излучения.

# Спектры поглощения

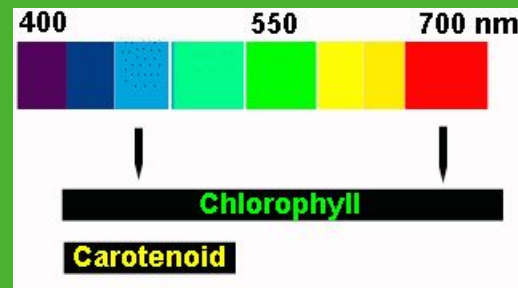
ФАР : 380 – 710 нм



Хлорофиллы:

в красной области спектра  
640-700 нм

в синей - 400-450 нм



Каротиноиды: 400-550 нм  
главный максимум: 480 нм

# Зелёные насаждения

- Зелёные насаждения — совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений на определённой территории. В городах они выполняют ряд функций, способствующих созданию оптимальных условий для труда и отдыха жителей города, основные из которых — оздоровление воздушного бассейна города и улучшение его микроклимата. Этому способствуют следующие свойства зелёных насаждений:
  - поглощение углекислого газа и выделение кислорода в ходе фотосинтеза;
  - понижение температуры воздуха за счёт испарения влаги;
  - снижение уровня шума;
  - снижение уровня загрязнения воздуха пылью и газами;
  - защита от ветров;
  - выделение растениями фитонцидов — летучих веществ, убивающих болезнетворные микробы;
  - положительное влияние на нервную систему человека.

- Зелёные насаждения делятся на три



на одного человека.

Лиственные насаждения

1,

X

2