

ФОТОСИНТЕЗ

ТЕМНОВАЯ ФАЗА=
Биохимическая=
ферментативная

1961 – Нобелевская премия (Мелвин Кальвин)

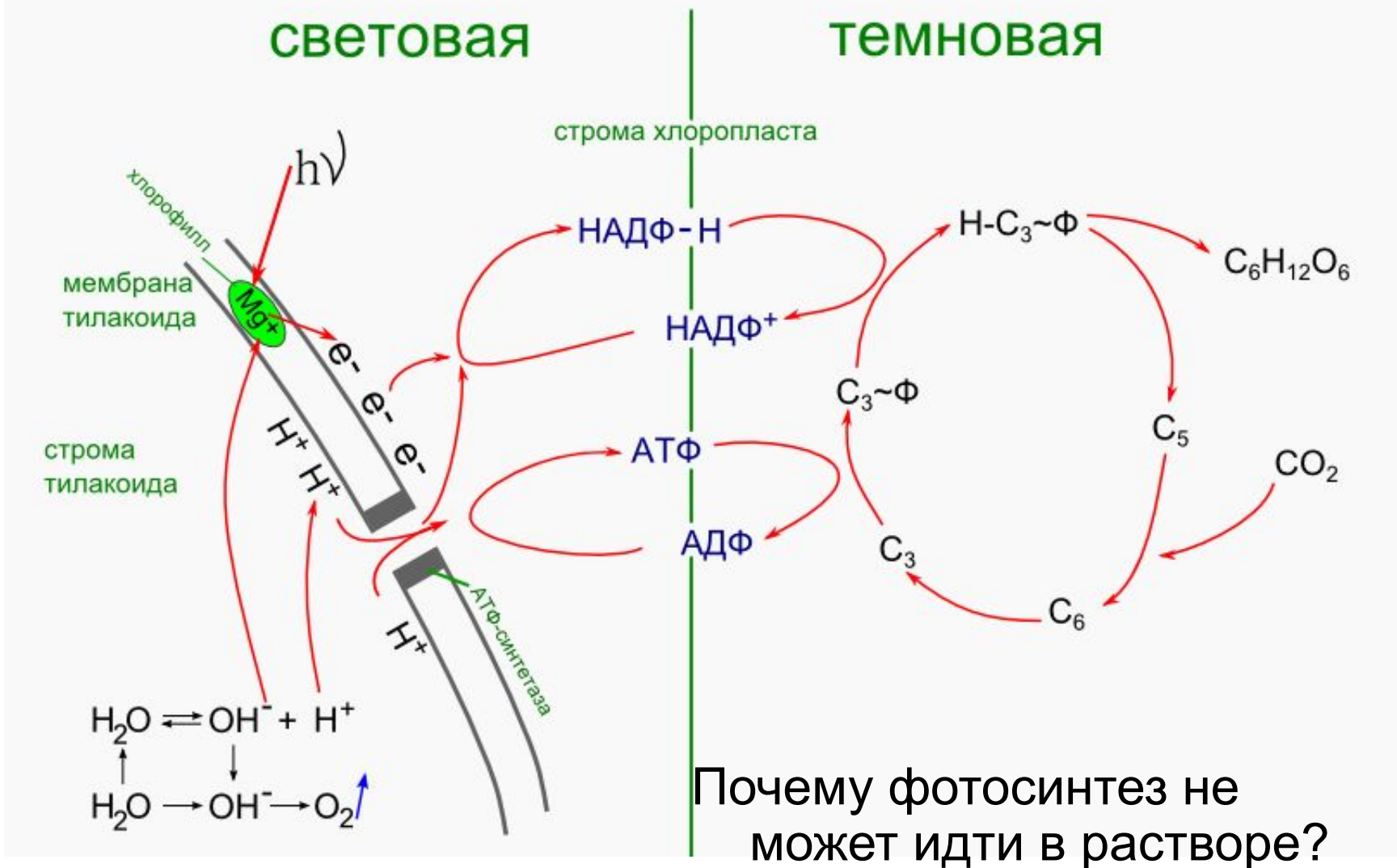


ТЕМНОВАЯ ФАЗА ФОТОСИНТЕЗА – комплекс химических реакций, в результате которых происходит восстановление CO_2 за счет **продуктов световой фазы** и образуются органические вещества.

В результате происходит перестройка химических связей: вместо связей $C-O$ и $H-O$ возникают связи $C-C$ и $C-H$, в которых электроны занимают более высокий энергетический уровень.

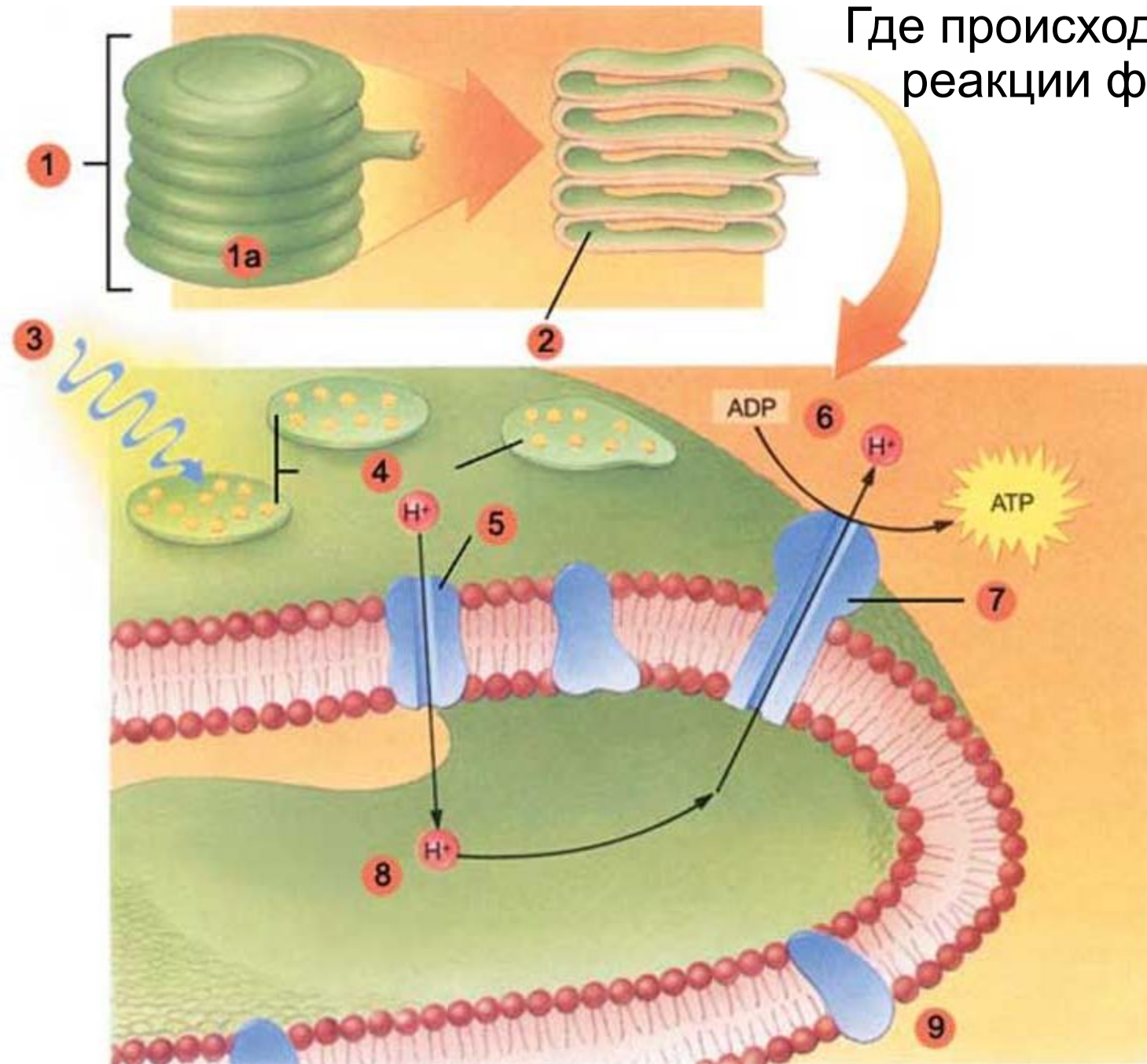
Работает ФС №?

Расположение процессов разных фаз



Почему фотосинтез не может идти в растворе?

Где происходят темновые реакции фотосинтеза?



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 ~ 10 (-2) сек

Протекают в строме Хл

Цикл Кальвина (C_3 – цикл)

Метод радиоактивного
углерода

Метод хроматографии на
бумаге

Хлорелла, $^{14}CO_2$, фиксация гор.спиртом
5сек – 3-ФГК (3-фосфо-глицериновая
кислота)

30 сек – исчерпание РБФ (без света)

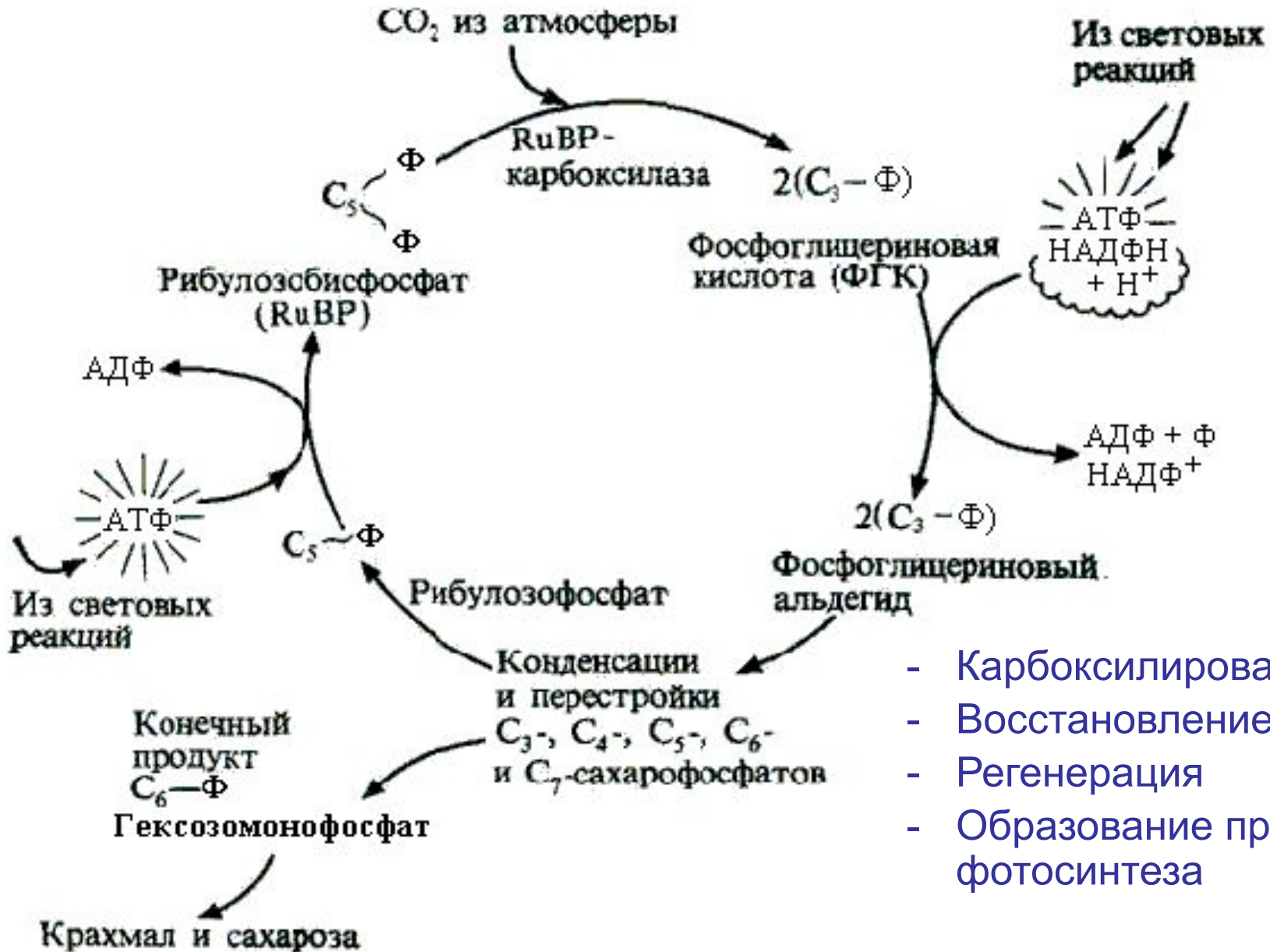
Без CO_2 – нет расхода РБФ (+ $h\nu$; - $h\nu$)

Rubisco 1955

Под контролем 2-х
геномов

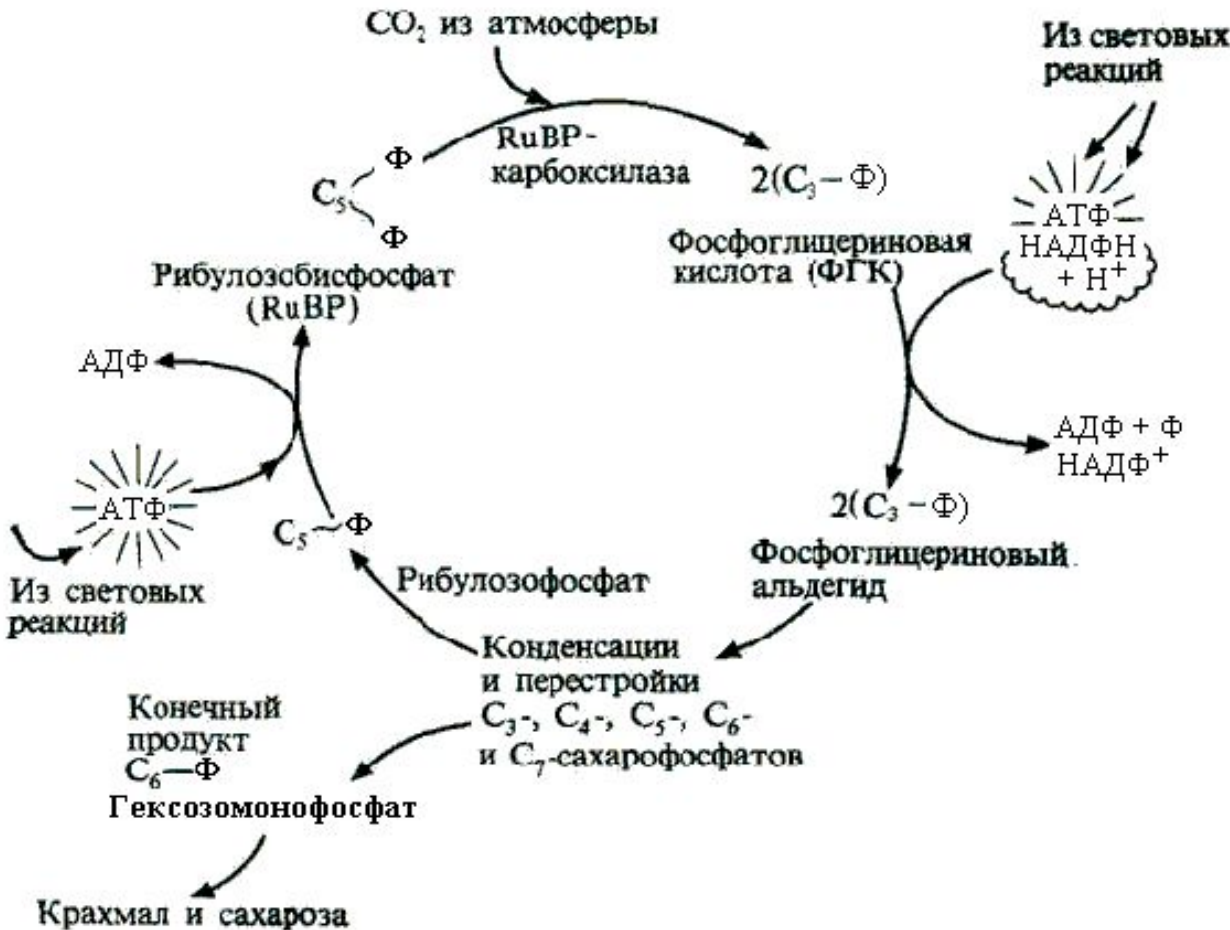
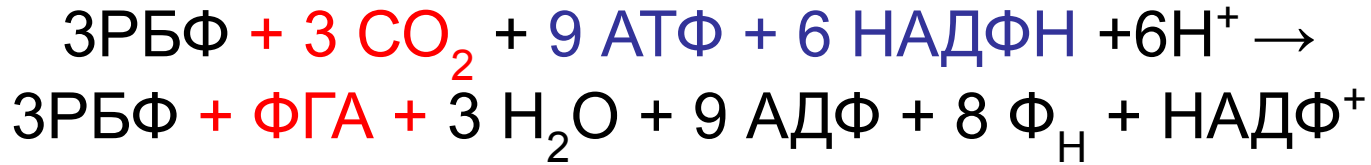


Цикл Кальвина (C_3 – цикл)



- Карбоксилирование
- Восстановление
- Регенерация
- Образование продуктов фотосинтеза

Цикл Кальвина (C₃ – цикл)



Акцептор CO₂,
первичный продукт
ассимиляции
углерода, конечные
продукты цикла

Для образования
одной молекулы
сахарозы
необходимо, чтобы
прошли
четыре цикла
Кальвина
(+12НАДФН + 18АТФ).

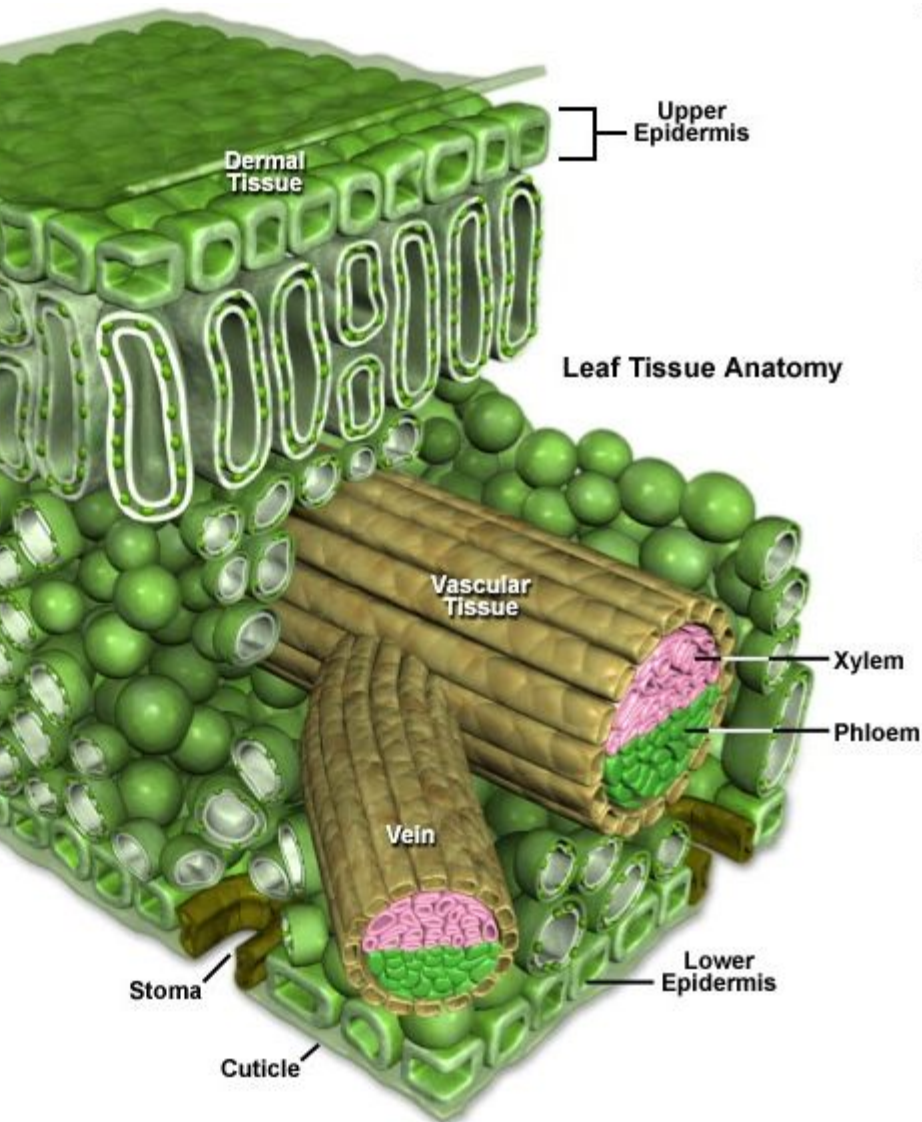
Квантовый расход фотосинтеза

Для восстановления до уровня углеводов одной молекулы CO_2 необходимы

три молекулы АТФ и две НАДФ · Н₂.

И должно быть затрачено 8—9 квантов света.

Цикл Хетча – Слэка (C4 – цикл)



1966 М.Д.Хетч и К.Р.Слэк

1960 Ю.С. Карпилов

Первичный продукт не ФГК, а **оксалоацетат** (ЦУК)

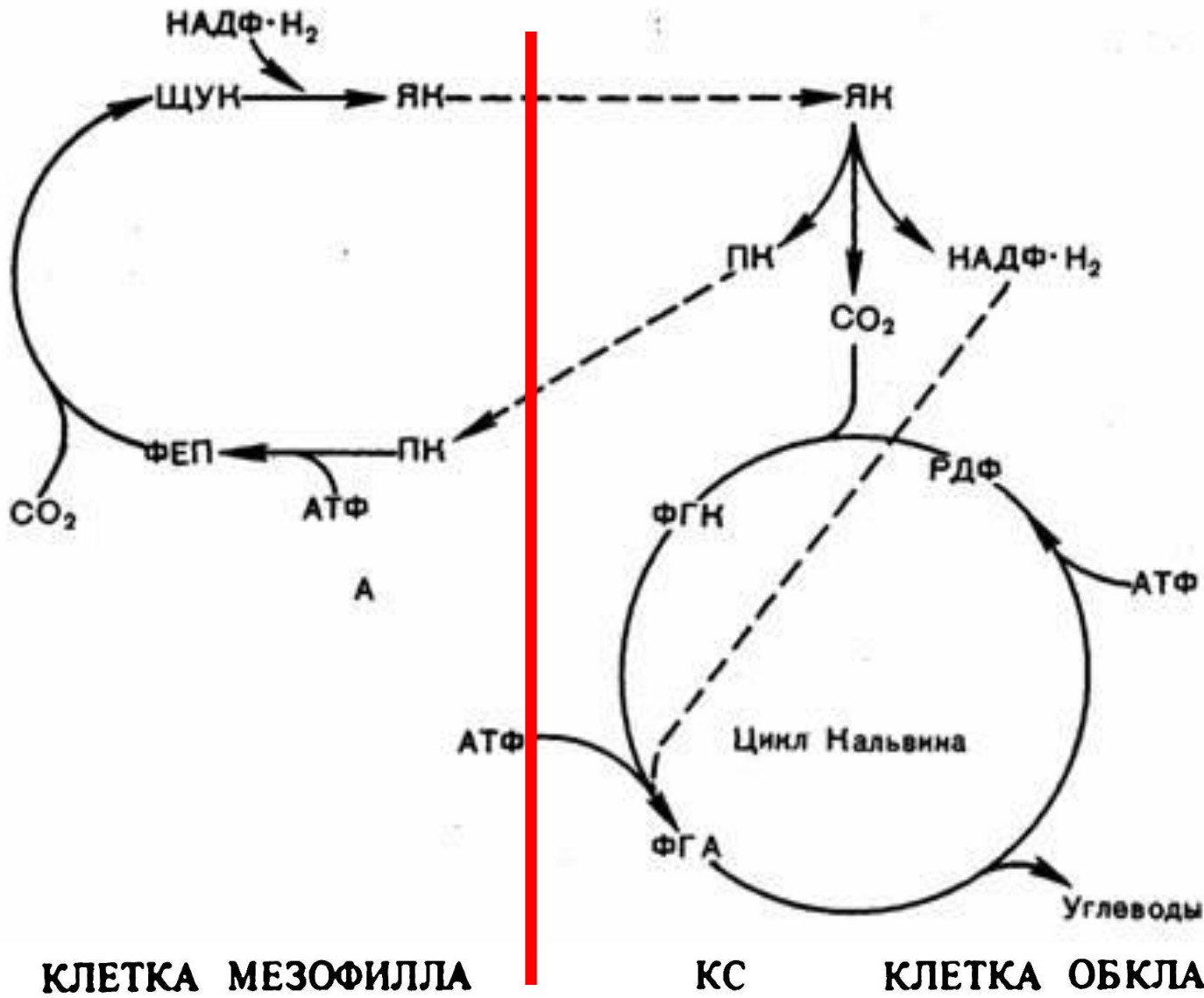
1. Мелкие гранальные хлоропласты (кл. мезофила)
2. Крупные агранальные хлоропласты (кл. обкладки)

Где какая ФС работает?

Кукуруза, сахарный тростник, сорго, просо, портулак

Эволюционно – более молодой – у древесных форм не обнаружен

Цикл Хетча – Слэка (C₄ – цикл)



Акцептор CO₂
(карбоксилирование и декарбоксилирование)

Первичный продукт ассимиляции и углерода

Разделение в пространстве

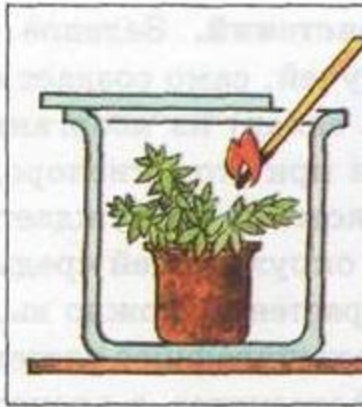
КЛЕТКА МЕЗОФИЛЛА

КС

КЛЕТКА ОБКЛАДКИ

ПРЕИМУЩЕСТВА C₄-пути

- **Запас** углекислого газа в виде малата (аспартата)
- «Углекислотная **помпа**» для C₃-цикла
- Большая эффективность фиксации CO₂ у **ФЕП-карбоксилазы** по сравнению с **Rubisco**
- Скорость ассимиляции CO₂ для C₃ – 1-50 мг/дм²*час, а для C₄ – 40-80 мг/дм²*час



- **Снижение** процессов **фотодыхания** в клетках обкладки (только ФС1 - циклическое фосфорелирование – нет выделения O₂ + ↑ концентрация CO₂ **Rubisco!**).
- Особенно важно при высокой температуре и инсоляции. Оптимум для ф/с: **C3** – 20-25 °С, **C4** – 30-45 °С
- Высокая **скорость оттока** ассимилянтов – цикл Кальвина в клетках обкладки проводящего пучка
- Экономия воды: на 1 г сух.в-ва тратится у **C₃-растений** – 700-1000 г воды, а у **C₄** – 300-400 г. Сопrotивление мезофилла диффузии газов у C₄-растений в 3,5 раза ниже (ФЕП-карб.), а для воды – равное с C₃-растениями.

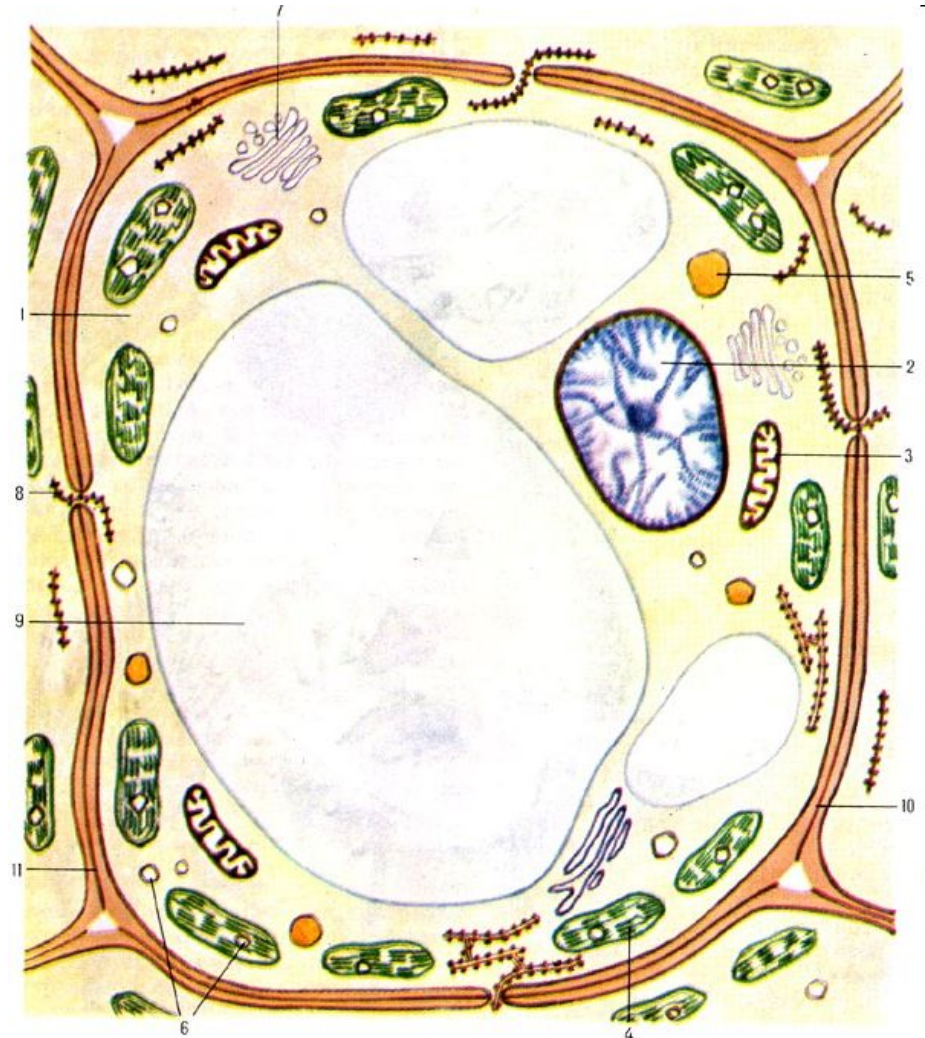
САМ-путь фотосинтеза

- М.Д. Хетч
- Толстянковые – Crassulaceae и кактусы
- Устьица открыты только ночью
- По типу C_4 , но фотосинтез разделен не в пространстве, а **во времени**
- Карбоксилирование происходит дважды (ФЕП - ночью и РБФ - днем)
- САМ-фотосинтез = кислотный метаболизм толстянковых = САМ-метаболизм
- Ананас, каланхое, очиток и



КИСЛОТНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ ТОЛСТЯНКОВЫХ

- Ночь
ФЕП – ЦУК – малат
(накапливается в вакуоли)
 - День
Малат – CO_2 + ПВК –
ФЕП
(CO_2 идет в цикл Кальвина)
- Разделение ФС во времени



Общее уравнение фотосинтеза

свет



Среди первых продуктов фотосинтеза, помимо сахарозы обнаружены такие аминокислоты, как аланин, серин, глутаминовая кислота, глицин.

ФГК, образовавшаяся на первом этапе цикла Кальвина, может превращаться в пировиноградную кислоту.

Из промежуточных продуктов цикла Кальвина могут образовываться жиры, липиды и другие продукты.

Фотосинтетический коэффициент (ФК)

ФК – это отношение выделенного в процессе фотосинтеза O_2 к поглощенному CO_2 .

- Если в процессе фотосинтеза образуются:
 - углеводы, то ФК должен быть равен единице: $6 O_2 : 6 CO_2 = 1$;
 - белки ФК = 1,25;
 - жиры —1,44.
- В среднем для растений ФК равен 1,04. Он значительно зависит от условий.

Это надо знать!

Основные понятия и термины темы:

Световая фаза фотосинтеза и темновая фаза фотосинтеза

цикл Кальвина, цикл Хэтча – Слэка,

C_3 растения, C_4 растения, сравнение

CAM-фотосинтез,

фотодыхание – с/м

