

**Биологическое  
преобразование энергии:**

**Дыхание**

**Фотосинтез**

**Хемосинтез**

# Вопросы лекции:

1. Метаболизм – основа существования живых организмов.
2. Энергетический обмен.
3. Фотосинтез.
4. Хемосинтез.

# **Метаболизм – основа существования живых организмов**

**Метаболизм, или обмен веществ, —**  
совокупность химических реакций в  
клетке, обеспечивающих ее нормальное  
функционирование.

## Функции метаболизма:

1. Извлечение из окружающей среды энергии органических веществ, солнечного света, химических реакций;
2. Превращение пищевых веществ в «строительные блоки» – предшественники макромолекул;
3. Сборка белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов и других веществ из «строительных блоков».

# Метаболизм

```
graph TD; A[Метаболизм] --> B[Анаболизм, Пластический обмен, Ассимиляция]; A --> C[Катаболизм, Энергетический обмен, Диссимиляция];
```

**Анаболизм,  
Пластический  
обмен,  
Ассимиляция**

Реакции, приводящие к биосинтезу сложных органических соединений из более простых.

Наиболее важным процессом пластического обмена является синтез белков

**Катаболизм,  
Энергетический  
обмен,  
Диссимиляция**

Ферментативные расщепления сложных веществ на более простые. Наиболее важными процессами энергетического обмена являются дыхание и брожение

## *Анаболизм*

## *Катаболизм*

Белки ← аминокислоты → CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>

Липиды ← глицерин + жирные кислоты → CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

Углеводы ← глюкоза → CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

# Взаимосвязь анаболизма и катаболизма

## *Метаболизм*





# Разновидности ассимиляции и диссимиляции (анаболизма и катаболизма)

## Разновидности ассимиляции (в зависимости от исходных веществ):

- **ассимиляция автотрофная** – если поступающие в биотическую систему вещества минеральные (например, у растений);
- **ассимиляция гетеротрофная** – если эти вещества органические (например, у животных или у грибов); данной разновидности ассимиляции может предшествовать подготовительный процесс: **пищеварение** (у животных), хотя он может и отсутствовать (у грибов).

# Разновидности ассимиляции и диссимиляции (анаболизма и катаболизма)

## Разновидности диссимиляции (в зависимости от конечных продуктов):

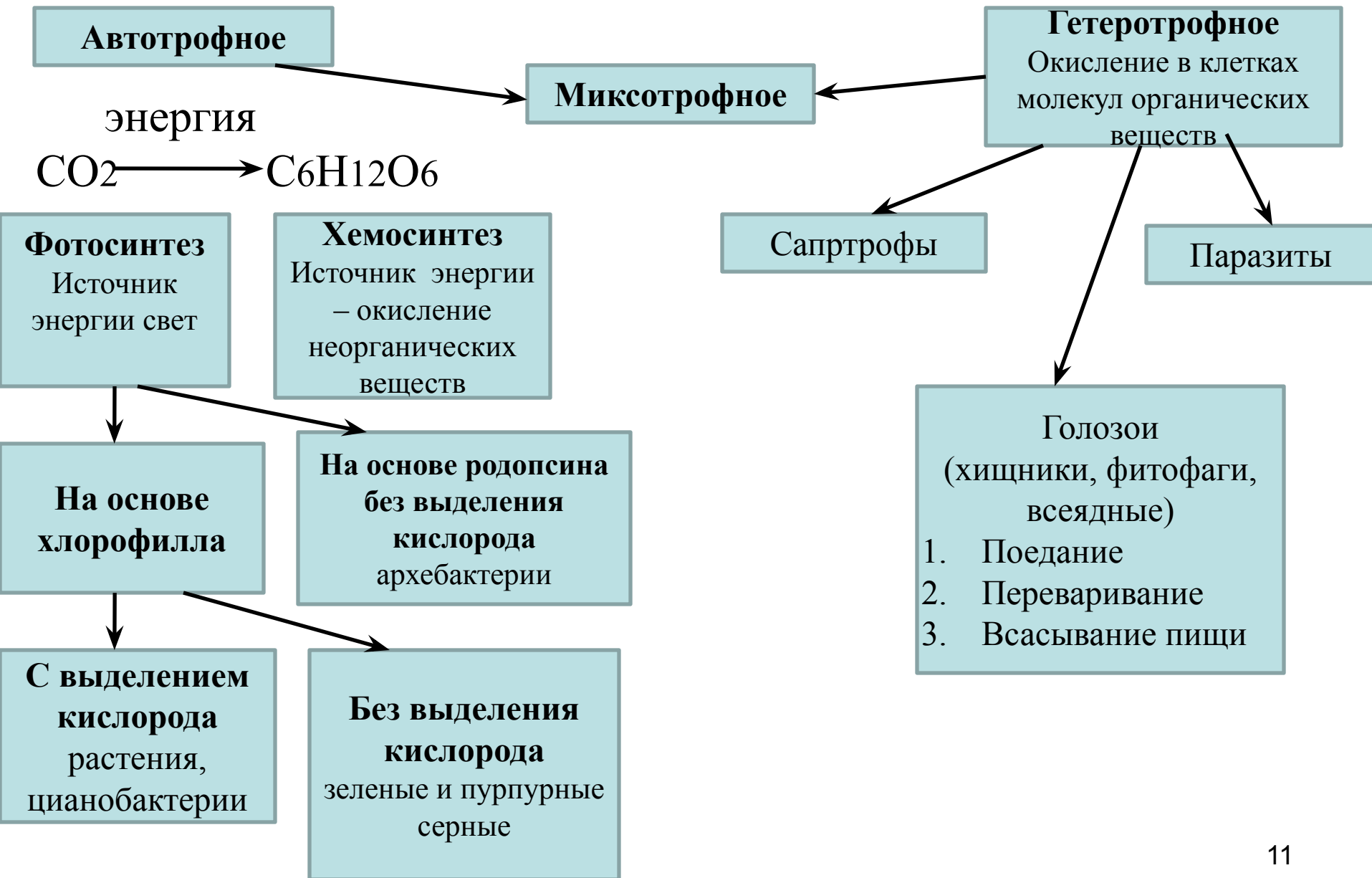
- **брожение** – разновидность, при которой происходит неполный распад исходных веществ (до органических составляющих, еще способных к дальнейшему распаду с выделением энергии);
- **дыхание** – разновидность, осуществляемая только при участии кислорода, при которой происходит полный распад исходных веществ (до минеральных компонентов).

Дыхание — основная форма диссимиляции у человека, животных, растений и многих микроорганизмов.

Под внешним дыханием понимают газообмен между организмом и окружающей средой, включающий поглощение кислорода и выделение углекислого газа, а также транспорт этих газов внутри организма.

Внутреннее (клеточное) дыхание включает биохимические процессы в цитоплазме клеток и митохондриях, приводящее к высвобождению энергии.

# Типы питания живых существ



# Энергетический обмен

# Этапы энергетического обмена:

1. Подготовительный;
2. Бескислородное расщепление;
3. Кислородное расщепление.

У аэробов энергетический обмен происходит в три этапа: подготовительный, бескислородный, кислородный;  
у анаэробов – в два: подготовительный и бескислородный.

# Первый этап

## Подготовительный

Протекает в пищеварительном тракте и в лизосомах под действием ферментов.

Вся энергия рассеивается в виде тепла.

**Белки** —————> **аминокислоты**

**Липиды** —————> **глицерин + жирные кислоты**

**Углеводы** —————> **глюкоза**

*Укажите пункт, в котором правильно записан процесс расщепления органических веществ в организме животного:*

А) белки → нуклеотиды → углекислый газ и вода

Б) жиры → глицерин + жирные кислоты → углекислый газ и вода

В) углеводы → моносахариды → дисахариды → углекислый газ и вода

Г) белки → аминокислоты → вода и аммиак.

## **Второй этап**

### **Бескислородное расщепление**

Протекает в цитоплазме клеток.

Происходит ферментативное расщепление органических веществ, которые были получены в ходе подготовительного этапа. Кислород в реакциях этого этапа не участвует.





# Энергия

200 кДж на моль глюкозы

60%

**выделяется в  
виде тепла**

40%

**идет на синтез  
АТФ**

# Спиртовое брожение



**Сколько молекул глюкозы необходимо расщепить без участия кислорода, чтобы получить 18 молекул АТФ:**

**А) 18**

**Б) 36**

**В) 9**

**Г) 27**

# Третий этап

## Кислородное расщепление

ИЛИ

## Клеточное дыхание

ИЛИ

## Аэробное дыхание

Органические вещества, образовавшиеся в ходе бескислородного расщепления, окисляются до конечных продуктов распада –  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Протекает в митохондриях.

Является, также как и гликолиз, многостадийным.

# Стадии аэробного дыхания:

- 1) Окислительное декарбоксилирование;
- 2) Цикл Кребса;
- 3) Электронтранспортная цепь.

# Энергия

2600 кДж - на 2 моля



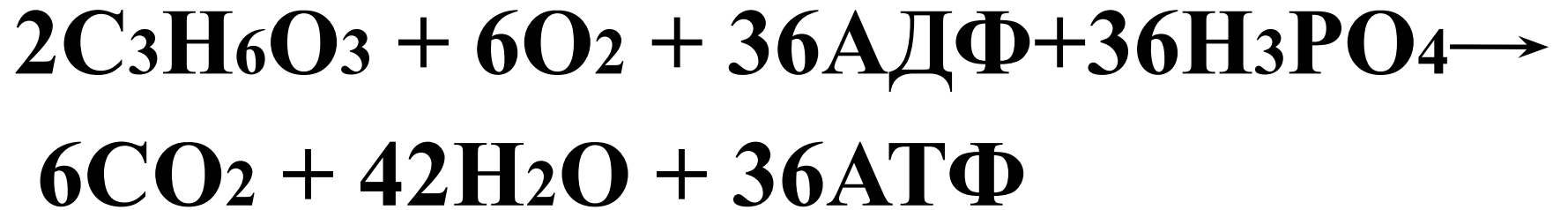
45%

**рассеивается  
в виде тепла**

55%

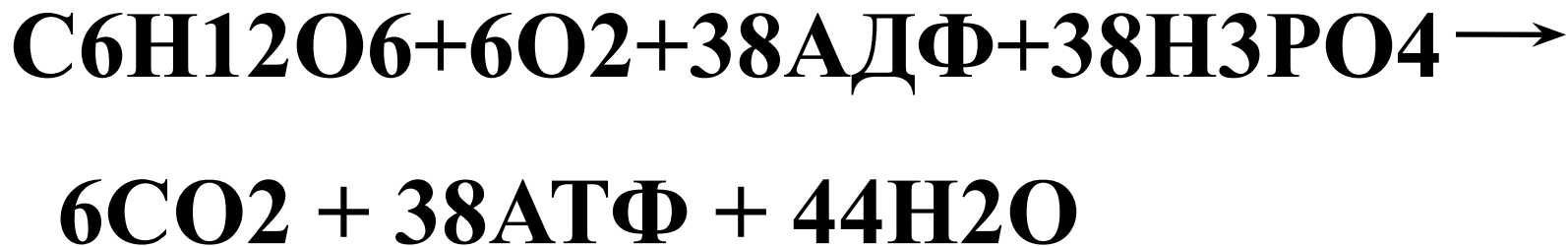
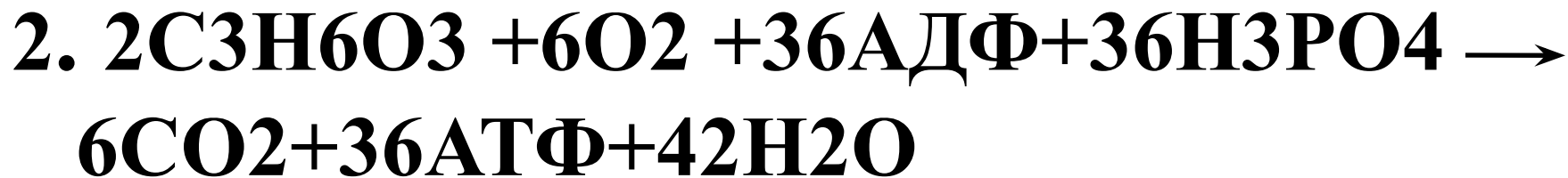
**сберегается  
в виде  
АТФ**

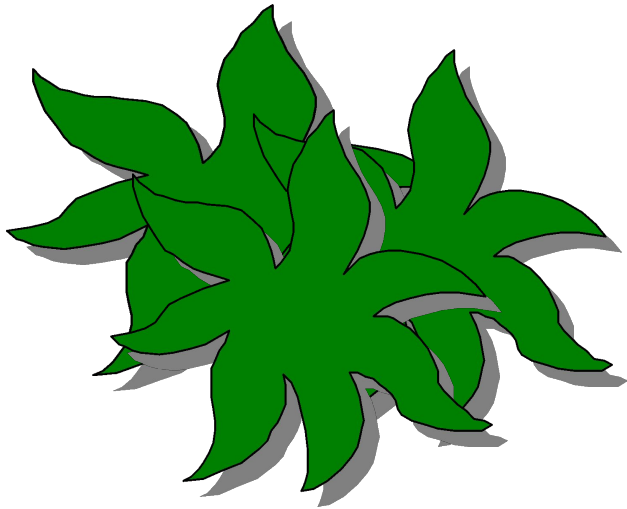
## Кислородное расщепление:





## Суммарное уравнение:





# Фотосинтез, или величайшая тайна зеленого растения



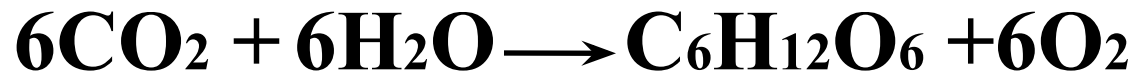


**К. Тимирязев**

«Дайте самому лучшему повару сколько угодно свежего воздуха, солнечного света и целую речку чистой воды и попросите, чтобы из всего этого он приготовил вам сахар, крахмал, жиры и зерно – он решит, что вы над ним смеётесь».

# Фотосинтез –

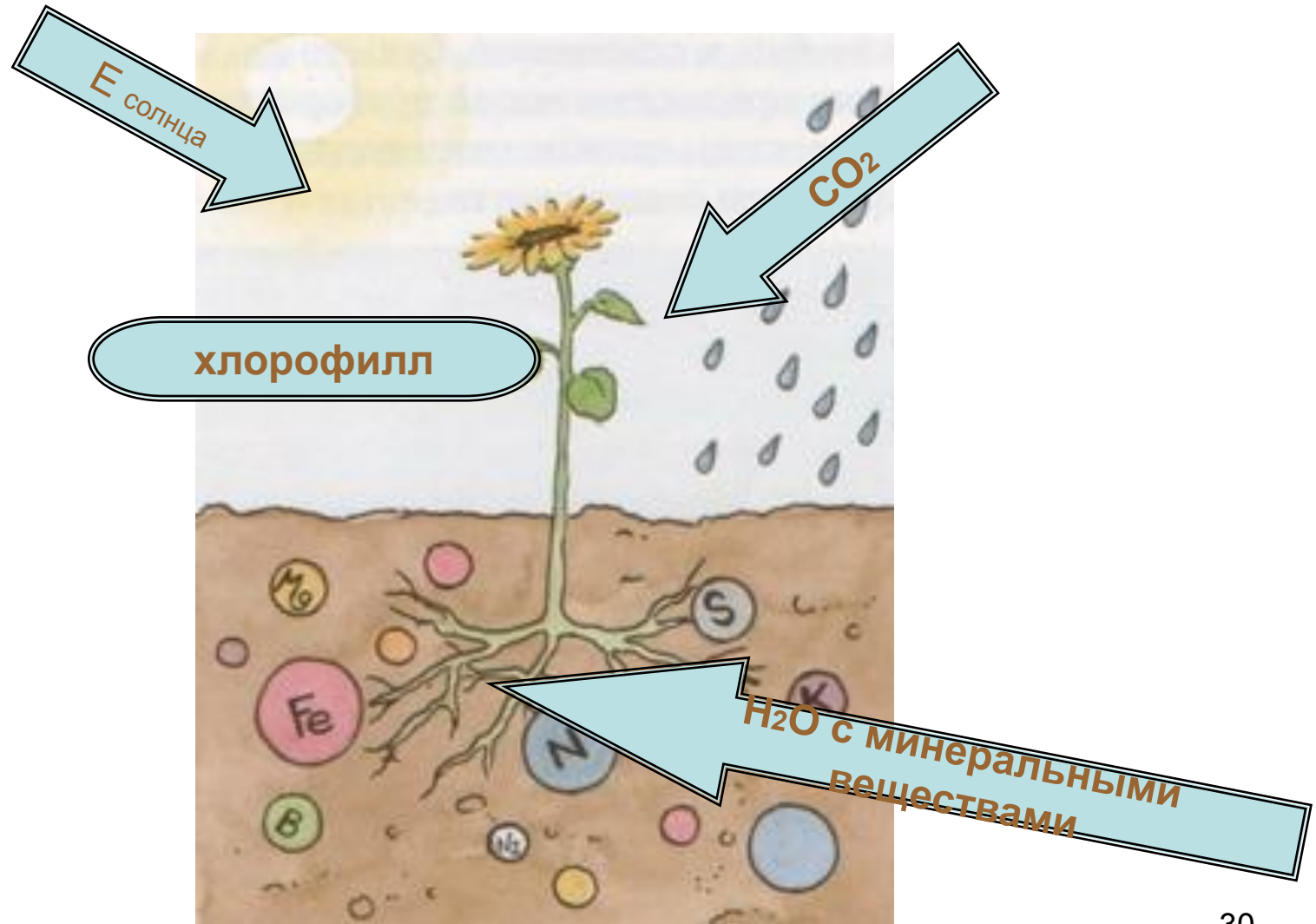
это образование органических веществ из неорганических в хлоропластах с помощью солнечной энергии



# **Растения для поглощения света имеют следующие приспособления:**

- множество листьев с плоской поверхностью;
- черешок для поворачивания листьев к свету;
- мозаичное расположение листьев;
- прозрачные, неокрашенные клетки кожицы листа для проникновения света;
- устьица, обеспечивающие газообмен;
- хлоропласты, содержащие зеленый пигмент хлорофилл, способный улавливать солнечный свет.

# Что необходимо для фотосинтеза?





## **В хлоропластах находятся фотосинтетические пигменты:**

хлорофилл а — у всех фотосинтезирующих растений и синезеленых (формы 670, 680, 690, 700);

хлорофилл в — вспомогательный пигмент;

хлорофилл с — у бурых водорослей вместо хлорофилла в.

Поглощают в основном синие и красные лучи, отражают зеленые — отсюда и зеленая окраска растений.

Основными «ловцами» световых частиц являются хлорофиллы аI (длина волны 700 нм) и аII (680 нм).

Кроме хлорофиллов в мембранах тилакоидов имеются сопровождающие пигменты фотосинтеза — каротиноиды — желтые, оранжевые или красные (поглощают сине-зеленые лучи).



# Фазы фотосинтеза



# Световая фаза

Реакции протекают на мембранах тилакоидов.

Включает: нециклическое фосфорилирование и фотолиз воды.

Скорость световых реакций возрастает пропорционально нарастанию силы света и не зависит от температуры.

Кислород является побочным продуктом фотосинтеза, а вода – его источником. Электроны, получившие избыток энергии, участвуют в реакции диссоциации воды:

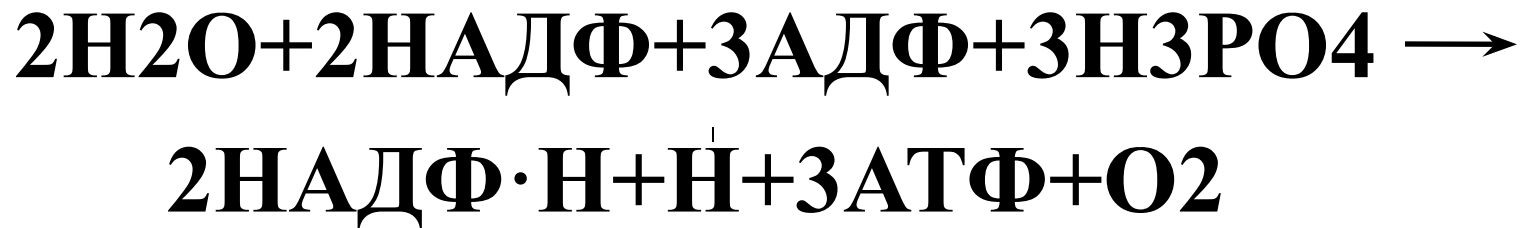


Электроны и ионы водорода реагируют с НАДФ<sup>+</sup> (никотинамидадениндинуклеотидфосфат):



H<sup>+</sup> вытекают из тилакоида через канал в мембранном белке – АТФ-синтетазе, при этом из АДФ образуется АТФ. Данный процесс носит название *фосфорилирование*, не требует участия O<sub>2</sub> и дает в 30 раз больше АТФ, чем митохондрии в процессе окисления.

# Суммарное уравнение реакций световой фазы фотосинтеза



# Темновая фаза фотосинтеза

Реакции протекают в строме хлоропластов.

Скорость темновых реакций, напротив, возрастает с повышением температуры, однако по достижении температурного порога в 30°C этот рост прекращается, что свидетельствует о ферментативном характере этих реакций.

В ходе темновых реакций происходит связывание молекул  $\text{CO}_2$ , на которое расходуются молекулы АТФ и НАДФ·Н + Н<sup>+</sup>, синтезированные в световых реакциях.

# Уравнение реакции темновой фазы фотосинтеза



## Суммарные уравнения и частные реакции фотосинтеза

Общая реакция фотосинтеза	$12\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \xrightarrow{\text{энергия света}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
Фотолиз воды	$12\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{энергия света}} 6\text{O}_2 + 24\text{H}^+ + 24\text{e}^-$
Образование восстановителя	$12\text{НАДФ}^+ + 24\text{H}^+ + 24\text{e}^- \xrightarrow{\text{энергия света}} 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$
Фото-фосфорилирование	$18\text{АДФ} + 18\text{Ⓢ} \xrightarrow{\text{энергия света}} 18\text{АТФ}$
Все световые реакции вместе	$12\text{H}_2\text{O} + 12\text{НАДФ}^+ + 18\text{АДФ} + 18\text{Ⓢ} \xrightarrow{\text{энергия света}} 6\text{O}_2\uparrow + 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2 + 18\text{АТФ} +$
Все темновые реакции	$6\text{CO}_2 + 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2 + 18\text{АТФ} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{НАДФ}^+ + 18\text{АДФ} + 18\text{Ⓢ} + 6\text{H}_2\text{O}$

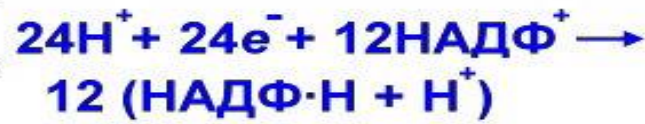


Свет

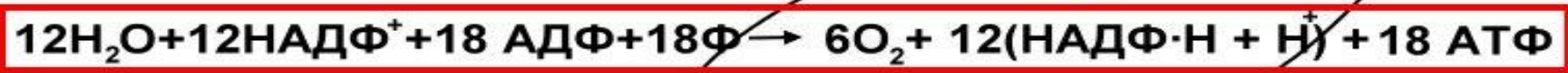
Строма хлоропласта

12 (НАДФ·Н + Н<sup>+</sup>)

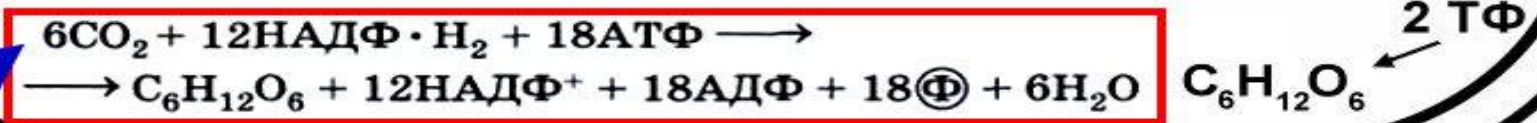
Световая фаза:  
фотолиз воды



$$18 \text{ АДФ} + 18 \text{ Ф} = 18 \text{ АТФ}$$



Темновая фаза:  
реакции цикла  
Кальвина



$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

# Значение фотосинтеза

1. Ежегодно из атмосферы поглощаются миллиарды тонн углекислого газа;
2. Выделяются миллиарды тонн кислорода;
3. Фотосинтез является основным источником образования органических веществ;
4. Из кислорода образуется озоновый слой, защищающий живые организмы от коротковолновой ультрафиолетовой радиации.

При фотосинтезе зеленый лист использует лишь около 1% падающей на него солнечной энергии, продуктивность составляет около 1 г органического вещества на 1 м<sup>2</sup> поверхности в час.

Кроме процесса фотосинтеза, в листьях протекает и противоположный процесс — дыхание, при котором поглощается кислород и выделяется углекислый газ. Но при фотосинтезе выделяется кислорода в 20 — 30 раз больше, чем поглощается при дыхании.



# **Хемосинтез —**

процесс синтеза органических соединений за счет энергии окислительно-восстановительных реакций неорганических соединений

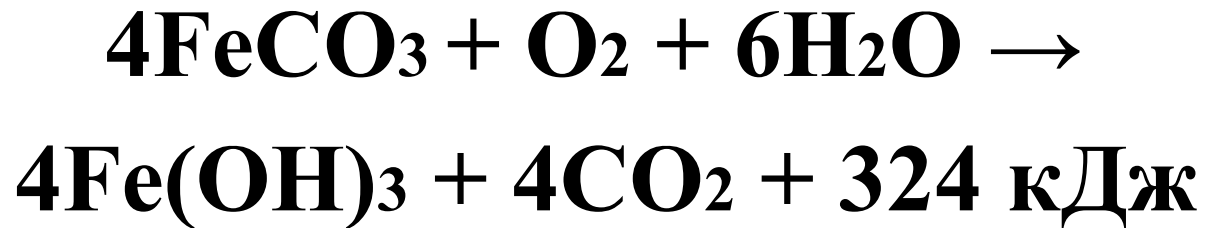
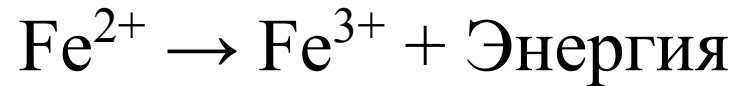
# Нитрифицирующие бактерии

Окисляют образованный из атмосферного азота азотфиксирующими бактериями аммиак до нитритов и нитратов:  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$



# Железобактерии

Окисляют закисное железо в окисное:



# Серобактерии

Окисляют сероводород до серы:



или до серной кислоты:

