

# ФОТОСИНТЕЗ

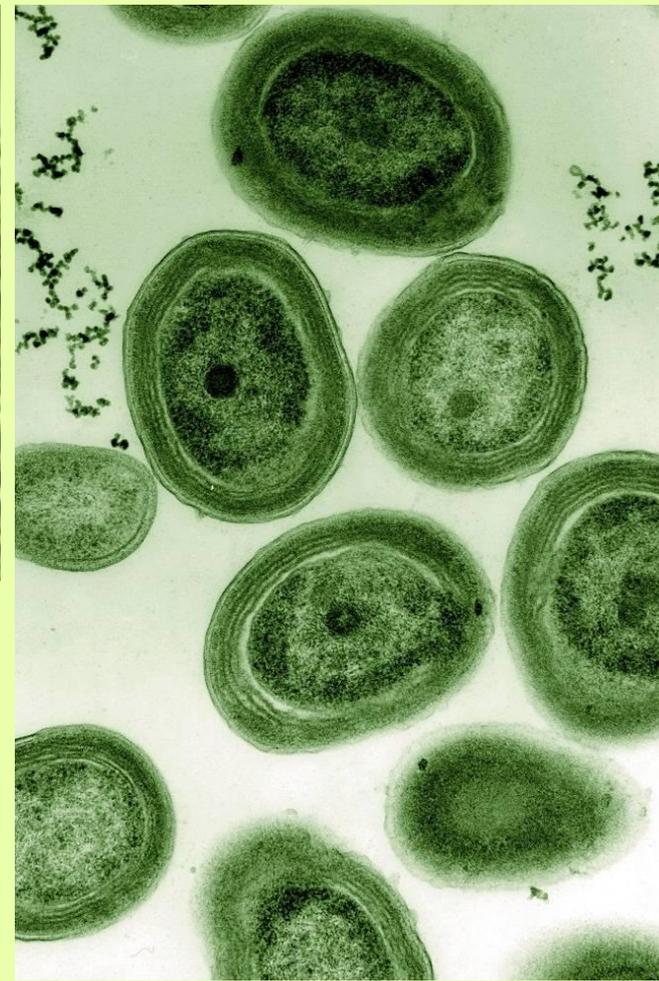
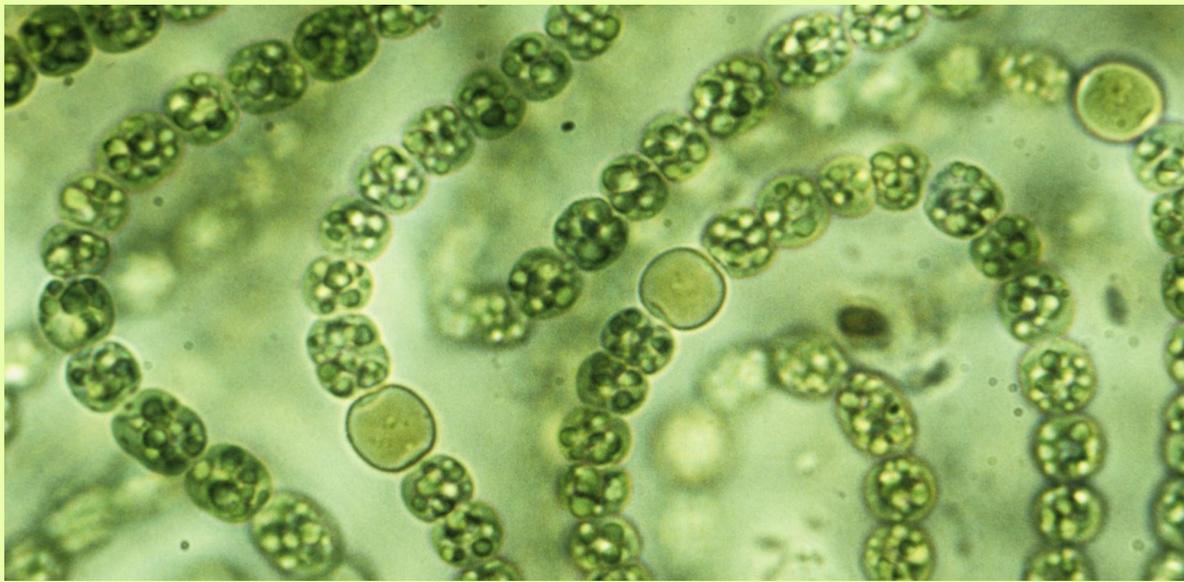
Основные положения

**Фотосинтез** – это процесс создания в клетке органических веществ из неорганических с использованием энергии света

Справка: название процесса происходит от греческих слов *φωτός* – «свет» и *σύνθεσις* – «соединение, складывание, связывание»

Фотосинтез является основным способом создания органических веществ на Земле. А поскольку получение органических веществ путем их синтеза из неорганических называется **автотрофным питанием**, то фотосинтез является основным способом автотрофного питания в природе.

Далеко не все живые организмы способны осуществлять фотосинтез, поскольку этот процесс требует использования сложных белковых комплексов и многочисленных дополнительных компонентов, таких как пигменты, кофакторы и ионы металлов.



Большая часть фотосинтезирующих организмов – это **бактерии**. В первую очередь, это различные виды цианобактерий, которых прежде называли **синезелеными водорослями**.

Среди **эукариотов** к фотосинтезу способны только те, кто сумел в свое время вступить в симбиоз с цианобактериями. Симбиотические цианобактерии в ходе эволюции превратились в такие органоиды клетки, как **хлоропласты**.

## Фотосинтезирующие эукариоты:

Диатомовая водоросль  
*слева*

Травянистое растение  
(папоротник)  
*справа*

Дерево (клен)  
*внизу*

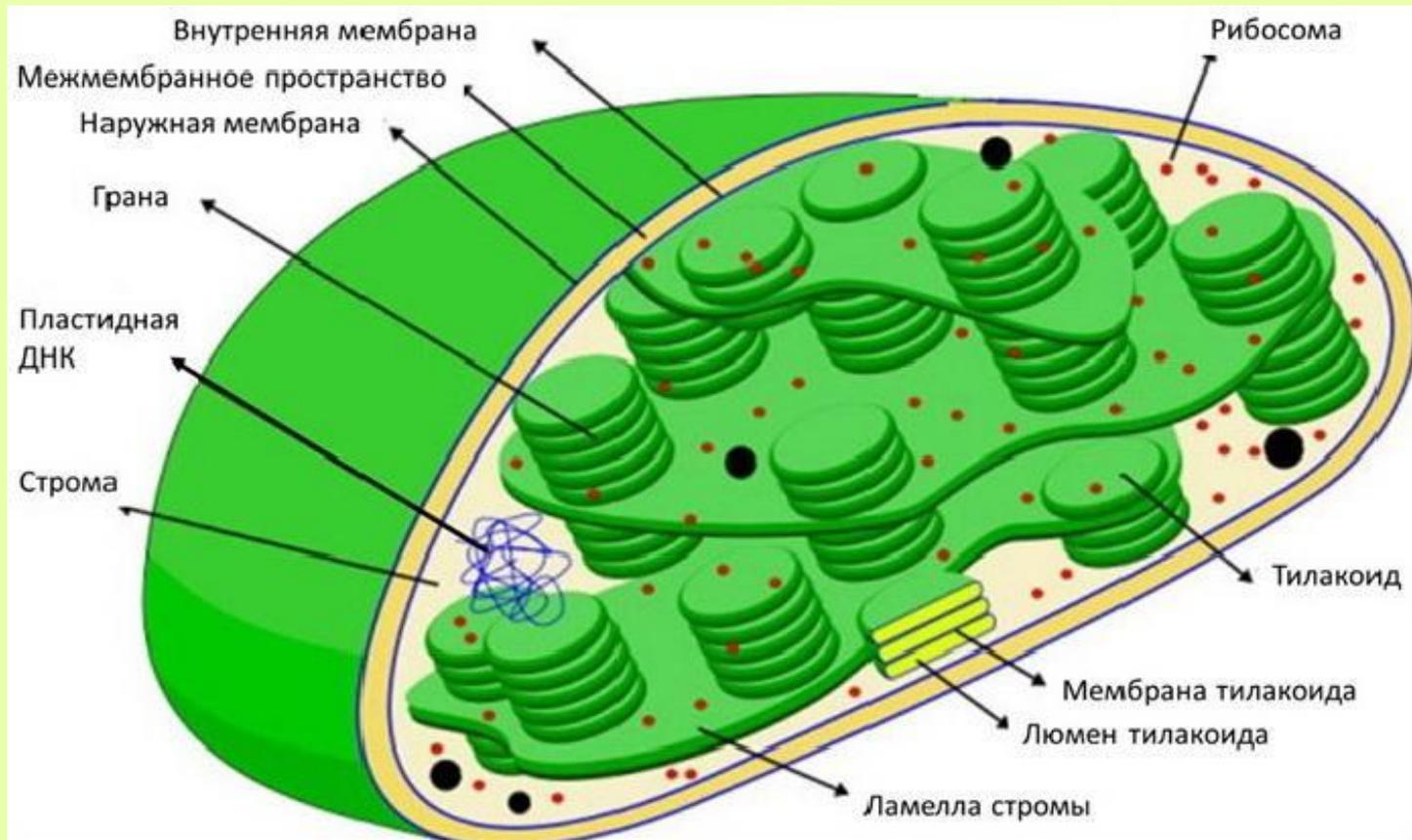


Из эукариотов к фотосинтезу способны некоторые группы одноклеточных и единственное царство многоклеточных — Растения.



*A. Mikhailov 2013*

10  $\mu$ m



**Хлоропласт** – двумембранный органоид клетки, выполняющий функцию фотосинтеза. Хлоропласт является потомком древних цианобактерий, когда-то захваченных предками эукариотических клеток, в процессе эволюции претерпевшим существенные изменения, направленные, прежде всего, на повышение эффективности его работы.

Именно в хлоропластах и происходит у эукариотов процесс фотосинтеза.

Суть процесса можно выразить уравнением:

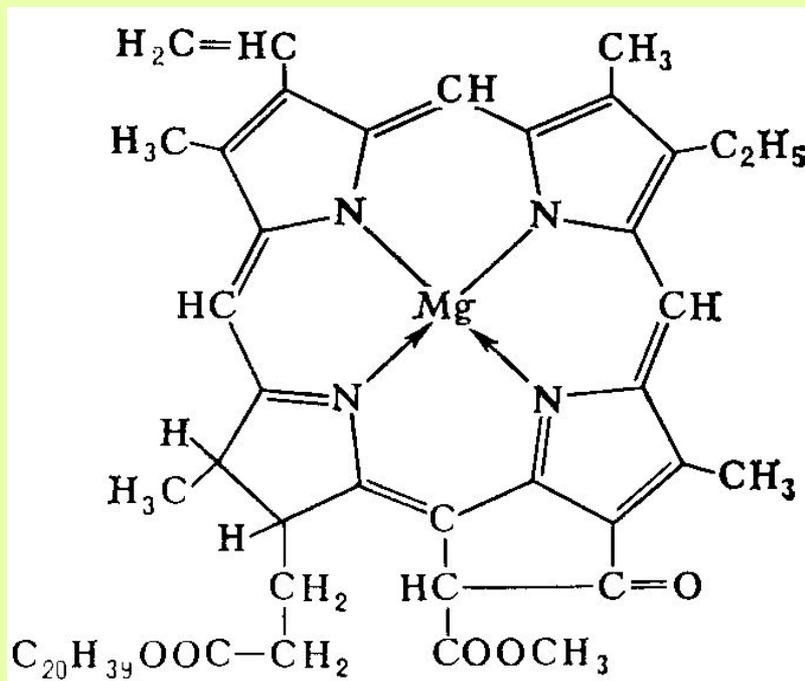


То есть в процессе фотосинтеза происходит построение молекулы глюкозы из углекислого газа и воды с использованием энергии света. При этом одним из продуктов реакции является кислород.

Фотосинтез происходит в два этапа, поэтому принято говорить о двух фазах фотосинтеза: **световой** и **темновой**.

**Световая фаза** фотосинтеза называется так, потому что именно на этом этапе происходит **поглощение хлоропластом света**.

Для поглощения света используются специальные вещества – пигменты, важнейшим из которых является **хлорофилл**.



Хлорофилл- сложное органическое вещество из группы порфиринов. В его состав также входит ион магния.

Хлорофилл – зелёный пигмент. Именно он придает окраску листьям растений.

Хлорофилл поглощает красную и синюю части солнечного спектра, и энергия именно этих лучей используется в дальнейшем для фотосинтеза.

В световой фазе фотосинтеза энергия поглощенного хлорофиллом света передается белкам, находящимся во **внутренней мембране** хлоропласта. Эти белки используют полученную энергию для разрушения молекулы **воды**. Этот процесс называется **фотолизом воды**.

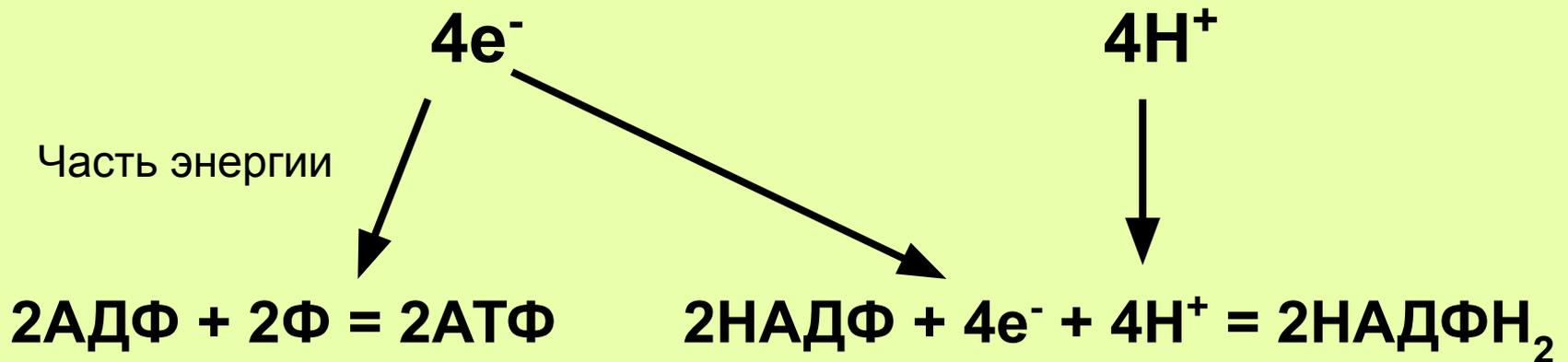


Вода разлагается на четыре иона водорода, четыре электрона, которым передается энергия света, и молекулу **кислорода**. Кислород выделяется в окружающую среду именно на этом этапе.

Важно отметить, что весь кислород, который присутствует в атмосфере Земли, был выделен туда бактериями и растениями в результате фотосинтеза. Именно поэтому леса и болота часто называют «легкими планеты».

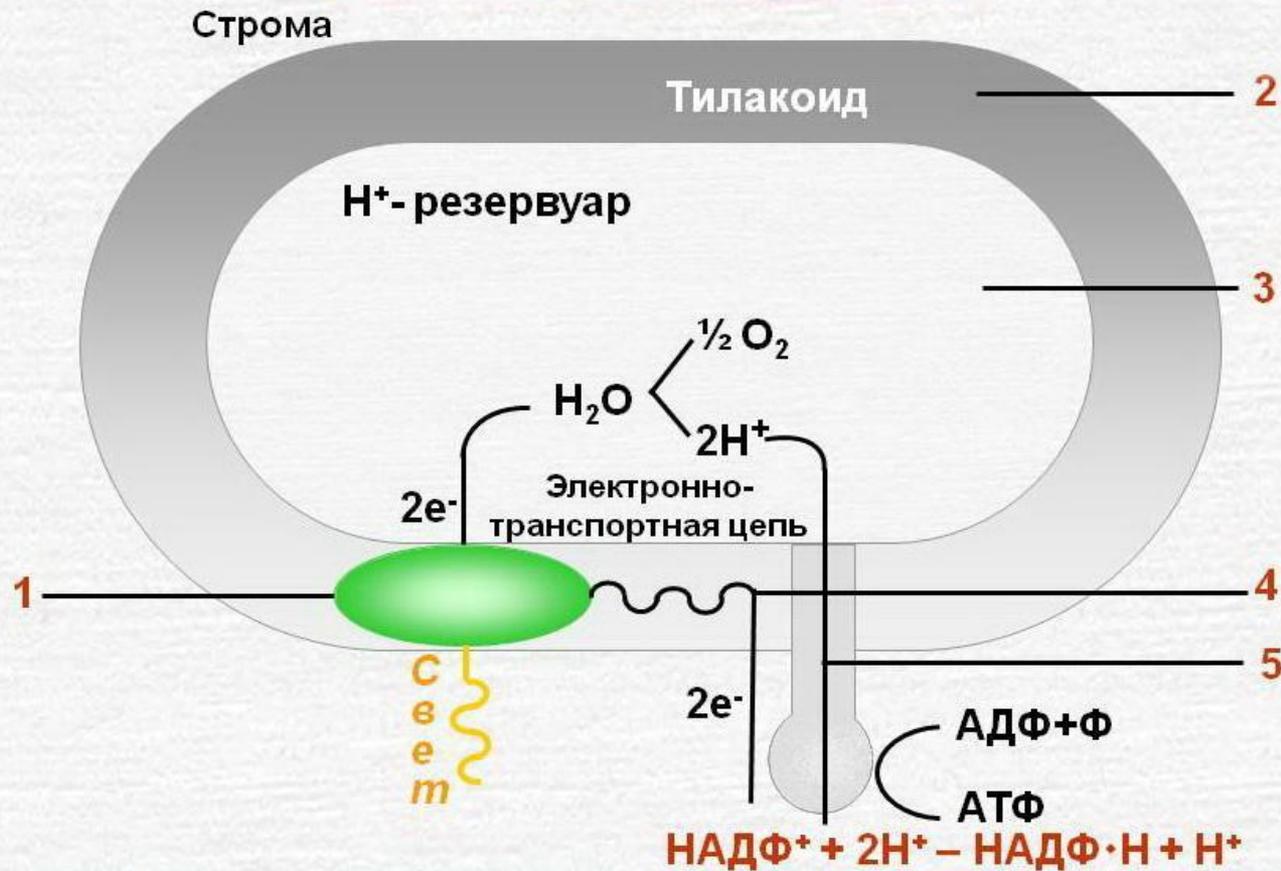
Электроны, получившие дополнительную энергию в результате поглощения света, в течение световой фазы фотосинтеза **теряют часть этой энергии**, отдавая ее на синтез двух молекул **АТФ**.

В конце световой фазы эти **электроны и ионы водорода** передаются на специальные молекулы-переносчики, которые называются **НАДФ**.



В итоге, поглощенная энергия света оказывается переданной на 2 молекулы **АТФ** и 2 молекулы **НАДФН<sub>2</sub>**

## Световая фаза фотосинтеза



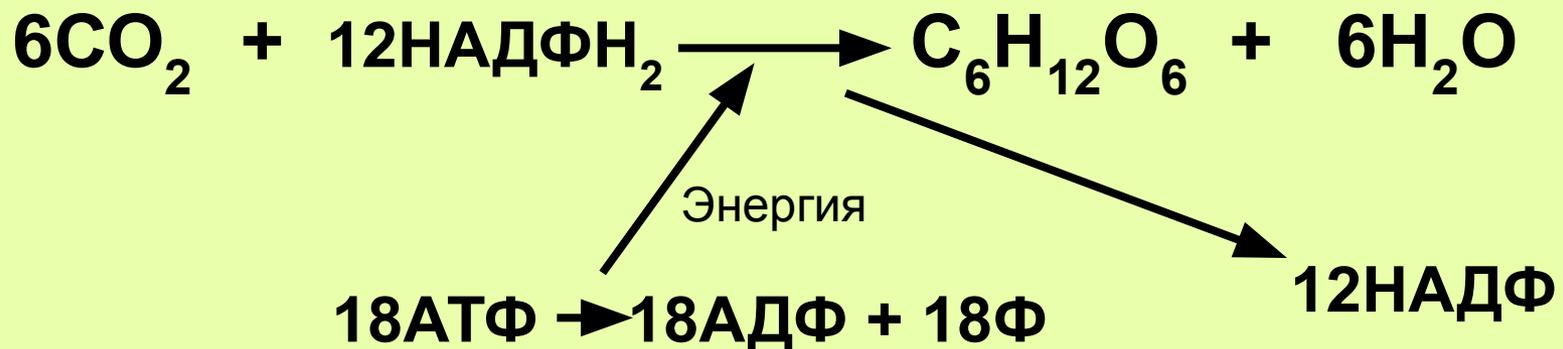
1 – хлорофилл; 2 – мембрана тилакоида; 3 – внутренняя часть тилакоида;  
4 – цепь электронпереносящих ферментов; 5 – канал с ферментом  
АТФ-синтетазой

Все процессы световой фазы фотосинтеза происходят на **внутренней мембране** хлоропласта, в основном, в структурах, которые называются **гранами**.

На рисунке показан тот же процесс для 2-х электронов.

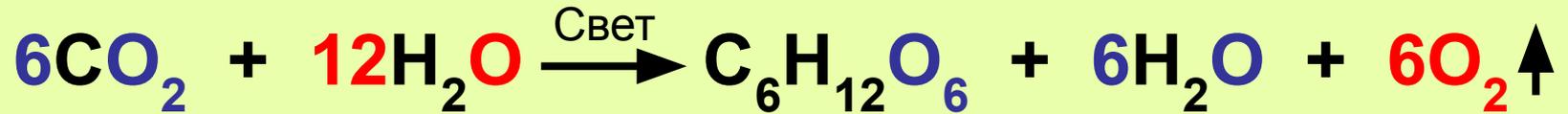
**Темновая фаза** фотосинтеза протекает в **строме** хлоропласта. В темновой фазе из окружающей среды поглощается **углекислый газ**. Этот углекислый газ затем используется белками-ферментами для синтеза глюкозы.

Синтез глюкозы – процесс, требующий **затрат энергии**. Как источники энергии для темновой фазы используются молекулы АТФ и НАДН<sub>2</sub>, полученные в световой фазе.

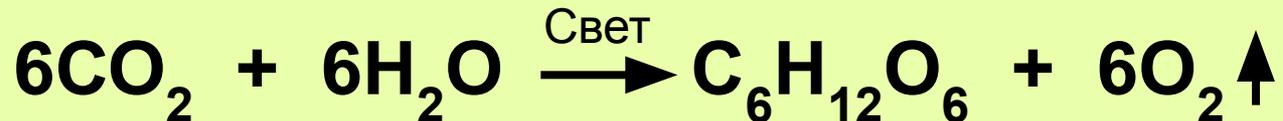


То есть в темновой фазе фотосинтеза происходит синтез глюкозы из углекислого газа с использованием энергии света, поглощенной в световой фазе.

Итоговое уравнение фотосинтеза будет выглядеть так:



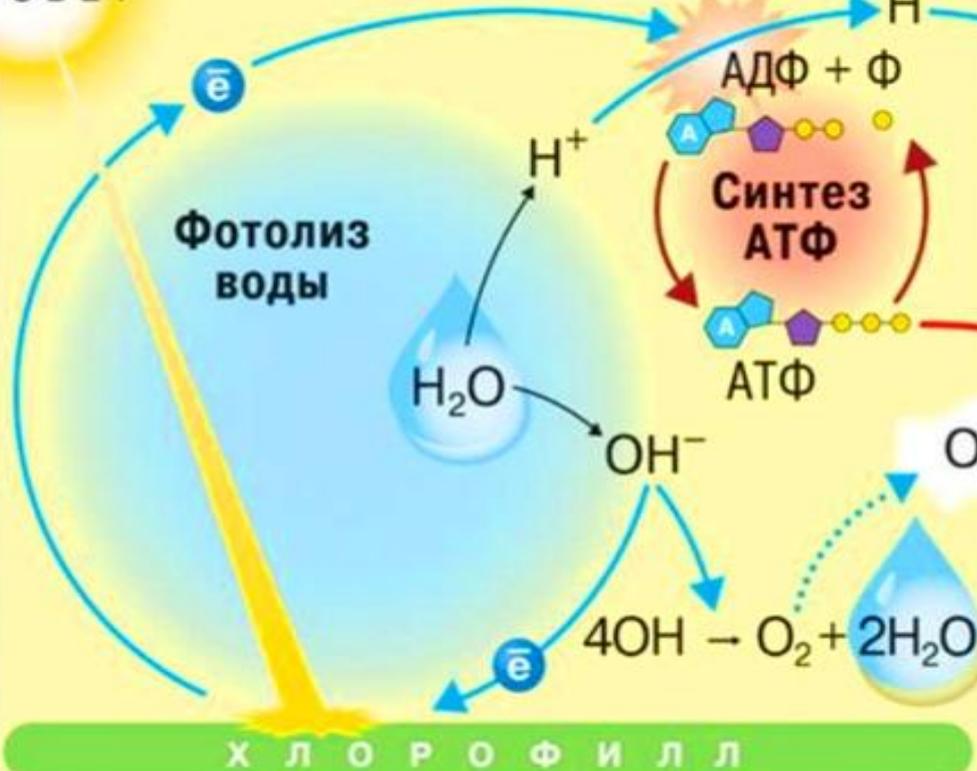
При сокращении воды в левой и правой части получим уже знакомое нам уравнение:



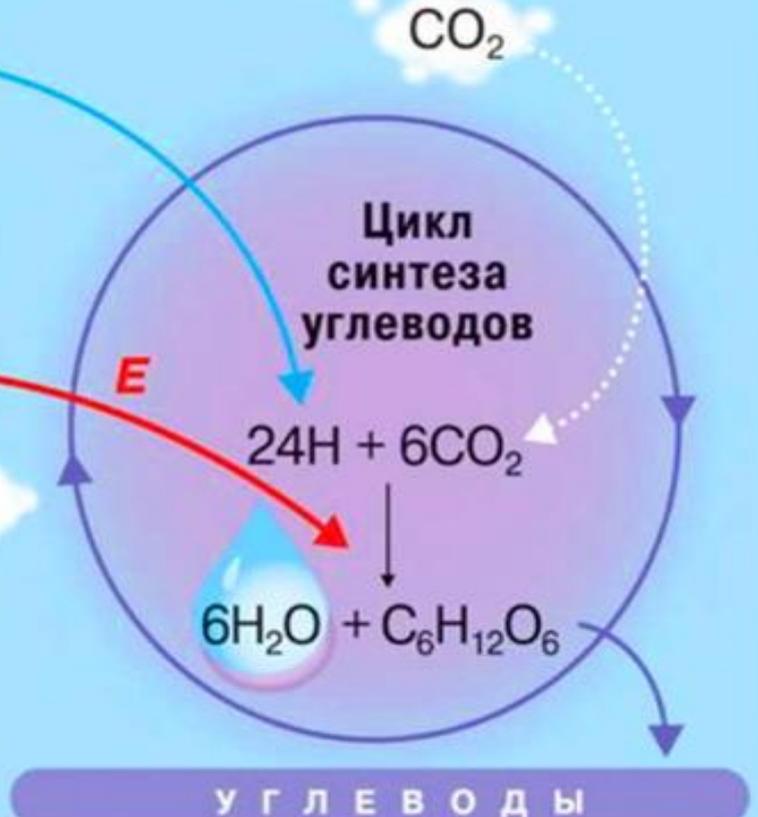
При этом стоит быть внимательным и помнить, что весь кислород, необходимый для синтеза глюкозы, получается исключительно из углекислого газа, а весь молекулярный кислород, выделяемый в результате фотосинтеза, берется исключительно из воды. После сокращения уравнения этот факт перестает быть очевидным.

# ФОТОСИНТЕЗ

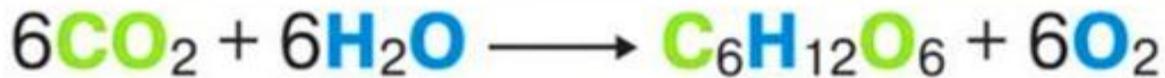
СВЕТ



СВЕТОВАЯ ФАЗА (в гранах хлоропласта)



ТЕМНОВАЯ ФАЗА (в строме хлоропласта)



Эта схема иллюстрирует все, сказанное ранее.