Фотосинтез — это процесс, благодаря которому существует большинство живых организмов на нашей планете.

Фотосинтез — процесс образования органических веществ из углекислого газа ($CO2$) и воды ($H2O$), протекающий с использованием солнечной энергии.

Фотосинтез происходит в хлоропластах у растений или на мезосомах у прокариот. На цитоплазматической мембране у этих организмов содержатся молекулы зелёного пигмента — **хлорофилла**.

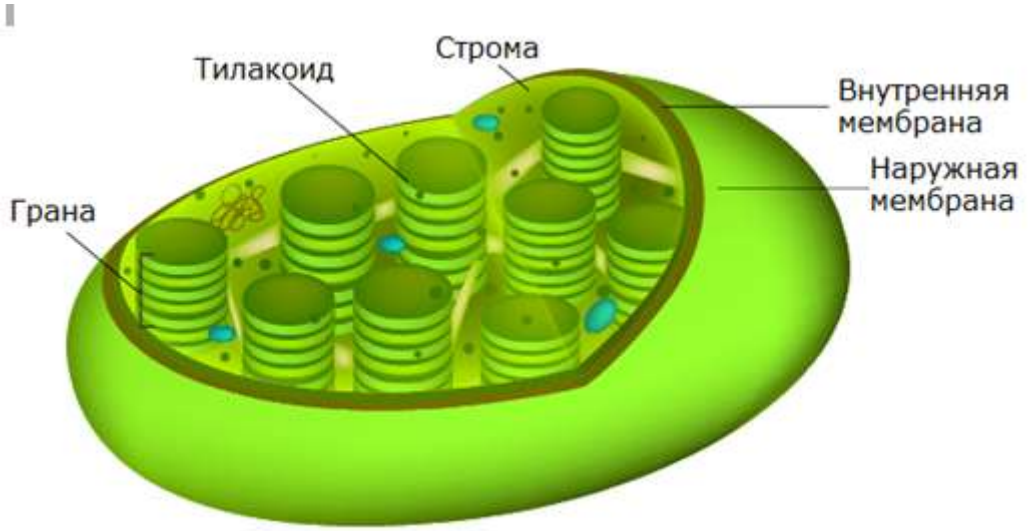

Рис. 1. Хлоропласт

Молекулы хлорофилла способны улавливать кванты света и переходить в возбуждённое состояние. От них отрываются электроны, которые подхватываются молекулами переносчика НАДФ$^+$ (никотинамидадениндинуклеотидфосфата). При этом энергия электронов частично расходуется на образование АТФ.

Процесс фотосинтеза включает две последовательные фазы: **световую** и **темновую.**

Световая фаза

Световая фаза — процесс преобразования поглощённой хлорофиллом энергии света в электрическую энергию электрон-транспортной цепи. Она протекает на мембранах тилакоидов с участием фермента АТФ-синтетазы и мембранных белков-переносчиков. У растений в световой фазе фотосинтеза происходят два процесса: **фотолиз воды** и синтез АТФ (**нециклическое фосфорилирование**).

На фотосинтетических мембранах гран хлоропластов происходят следующие процессы:

- переход электронов хлорофилла под действием квантов света в возбуждённое состояние;
- восстановление окисленной формы молекул-переносчиков НАДФ$^+$ до НАДФ $\cdot H_2$;
- разложение воды (фотолиз):

$$2H2O \rightarrow 4H+ + 4e- + O2.$$

Результатами световых реакций являются:

- фотолиз воды и выделение молекулярного кислорода;
- образование АТФ;
- образование НАДФ-восстановленного.

Обрати внимание!
В световой фазе фотосинтеза энергия аккумулируется в НАДФ·H_2 и АТФ, которые используются для синтеза веществ в темновой фазе.
Процесс образования АТФ из АДФ за счёт световой энергии отличается высокой эффективностью: за единицу времени в хлоропластах синтезируется в 30 раз больше АТФ, чем в кислородном этапе энергетического обмена в митохондриях.

Образовавшиеся в световой фазе богатые энергией вещества используются в темновой фазе фотосинтеза.
Темновая фаза
Реакции темновой фазы фотосинтеза протекают **независимо от света**.
Темновая фаза — процесс преобразования CO_2 в глюкозу с использованием энергии, запасённой в молекулах АТФ и НАДФ·H_2.
Реакции темновой фазы происходят в строме хлоропластов, где находятся образовавшиеся в световой фазе молекулы НАДФ·H_2 и АТФ.

Источник углерода (CO_2) растение получает из воздуха через устьица.

Процесс образования глюкозы из углекислого газа, протекающий в темновой фазе фотосинтеза, имеет название **цикла Кальвина**.

В результате реакций темновой фазы из углекислого газа образуется глюкоза, которая затем превращается крахмал.

Кроме глюкозы в хлоропластах синтезируются также другие органические вещества: аминокислоты, нуклеотиды и т. д.

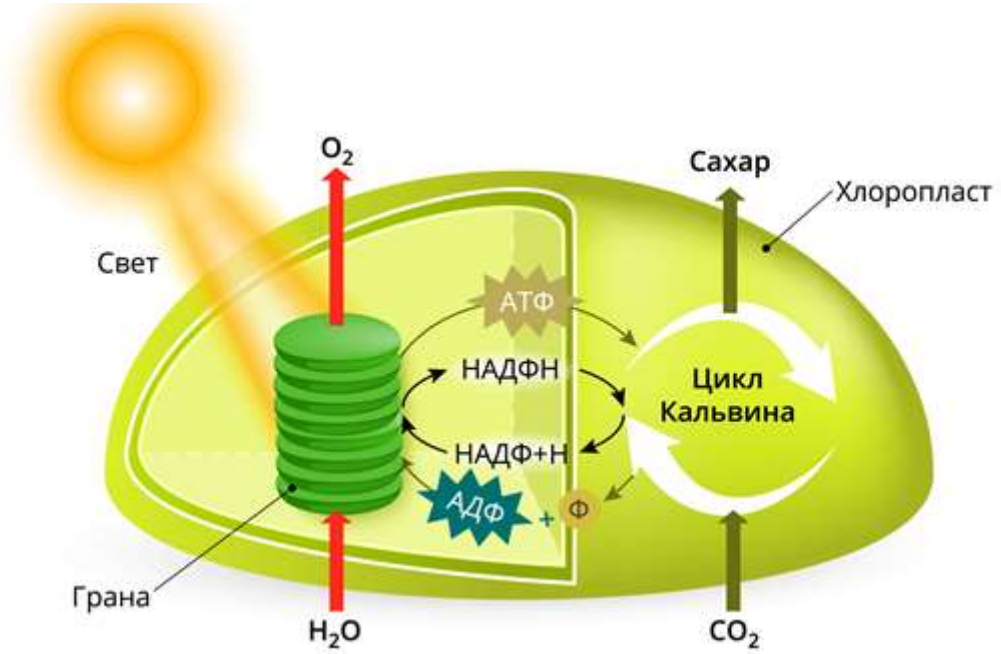

Рис. 2. Схема фотосинтеза

Суммарные уравнения и частные реакции фотосинтеза представлены в таблице.

Общая реакция фотосинтеза	$6H_2O + 6CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
Фотолиз воды	$12H_2O \longrightarrow 6O_2 + 24H^+ + 24e^-$
Образование восстановителя	$12НАДФ^+ + 24H^+ + 24e^- \longrightarrow 12НАДФ\cdot H_2$
Фотофосфорилирование	$18АДФ + 18Ф \longrightarrow 18АТФ$
Все реакции световой фазы	$12H_2O + 12НАДФ^+ + 24H^+ + 18АДФ + 18Ф \longrightarrow 6O_2 + 12НАДФ\cdot H_2 + 18АТФ$
Все реакции темновой фазы	$6CO_2 + 12НАДФ\cdot H_2 + 18АТФ \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 12НАДФ^+ + 18АДФ + 6H_2O + 18Ф$

Значение фотосинтеза

1. При фотосинтез образуются органические вещества, которые служат пищей для живых организмов.

2. При фотосинтезе выделяется свободный кислород, который нужен живым организмам для дыхания.

3. Фотосинтез обеспечивает постоянство уровня $CO2$ и $O2$ в атмосфере.

4. В верхних слоях воздушной оболочки Земли из кислорода образуется озон $O3$, из которого формируется защитный озоновый экран, предохраняющий организмы от опасного для жизни воздействия ультрафиолетового излучения.

Всем живым организмам требуется пища и питательные вещества. По способу усвоения углерода и способу образования органических веществ все клетки (и живые организмы) подразделяют на две большие группы: автотрофы и гетеротрофы.

Автотрофные организмы

Автотрофные организмы образуют органические вещества самостоятельно, используя только углекислый газ ($CO2$), воду ($H2O$) и минеральные соли.

Автотрофы подразделяются на две группы: фотосинтетики (фототрофы) и хемосинтетики (хемотрофы).

Фотосинтетики в качестве источника энергии для образования органических веществ используют солнечную энергию. К фототрофам относятся хлорофиллосодержащие клетки растений и некоторые бактерии (например, цианобактерии).

Источником энергии для **хемосинтетиков** являются химические реакции с участием неорганических веществ. Эти организмы в отличии от всех остальных не зависят от энергии Солнца.

Хемосинтез — это процесс образования органических веществ из неорганических, происходящий с использованием энергии реакций окисления и восстановления соединений, содержащих азот, водород, железо и некоторые другие элементы.

К хемосинтезирующим организмам относятся некоторые виды бактерий:

- *железобактерии* окисляют двухвалентное железо до трёхвалентного:

$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + E$;

- *серобактерии* окисляют сероводород до свободной серы или до сульфатов:

$H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S + E$,

$H_2S + O_2 = 2H_2SO_4 + E$;

- *нитрифицирующие бактерии* окисляют аммиак до азотистой и азотной кислот, нитритов и нитратов:

$NH_3 \rightarrow HNO_2 \rightarrow HNO_3 + E$.

Выделяющаяся в реакциях окисления неорганических соединений энергия сначала аккумулируется в макроэргических связях АТФ, а затем используется при биосинтезе органических веществ.

Хемосинтетики имеют важное значение, так как они участвуют в круговороте химических элементов: серы, азота, железа и др. Они разрушают горные породы, участвуют в образовании полезных ископаемых и обогащении почвы необходимыми для растений элементами, применяются в очистке сточных вод (серобактерии).

Гетеротрофные организмы

Гетеротрофные организмы не могут самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических соединений и нуждаются в их постоянном поглощении извне. Питаясь пищей растительного и животного происхождения, они используют энергию, запасённую в органических соединениях, и строят из полученных веществ собственные белки, липиды, углеводы и другие биомолекулы.

К гетеротрофам относятся животные, грибы и многие бактерии.

В зависимости источника питательных веществ выделяют три группы гетеротрофных организмов: **сапрофиты**, **паразиты**, **голозои**.

Сапрофиты (сапротрофы) питаются мёртвыми органическими остатками (бактерии гниения, брожения, молочнокислые бактерии, часть грибов).

Паразиты обитают на живых организмах и питаются за их счёт. К этой группе относятся патогенные бактерии и грибы-паразиты, а также паразитические животные и растения.

Голозои — это организмы, которые способны захватывать пищу, поглощать её и переваривать внутри тела. Такой тип питания у некоторых простейших (амёб, инфузорий) и у животных с развитой пищеварительной системой. Среди таких животных есть ***плотоядные***, ***растительноядные*** и ***всеядные***.

Миксотрофные организмы

Существуют также организмы, способные использовать как автотрофный, так и гетеротрофный способы питания. Такие организмы называют **миксотрофы**. Это, например, эвглена зелёная, которая на свету является фототрофом, а в темноте — гетеротрофом.

Известны растения, которые дополняют фотосинтез гетеротрофным питанием — поглощением мелких насекомых. Примеры таких хищных растений: венерина мухоловка, пузырчатка, росянка. Таким образом эти растения добывают азот, необходимый для синтеза белков.

Рис. 1. Росянка

Существуют растения-паразиты, которые полностью или частично обеспечивают себя органическими веществами за счёт других растений, на которых они поселяются (омела, заразиха, петров крест, повилика).

Рис. 2. Омела

Органические вещества, полученные клеткой, затем подвергаются диссимиляции и за счёт содержащейся в них энергии образуется *АТФ*, которая служит универсальным источником энергии.