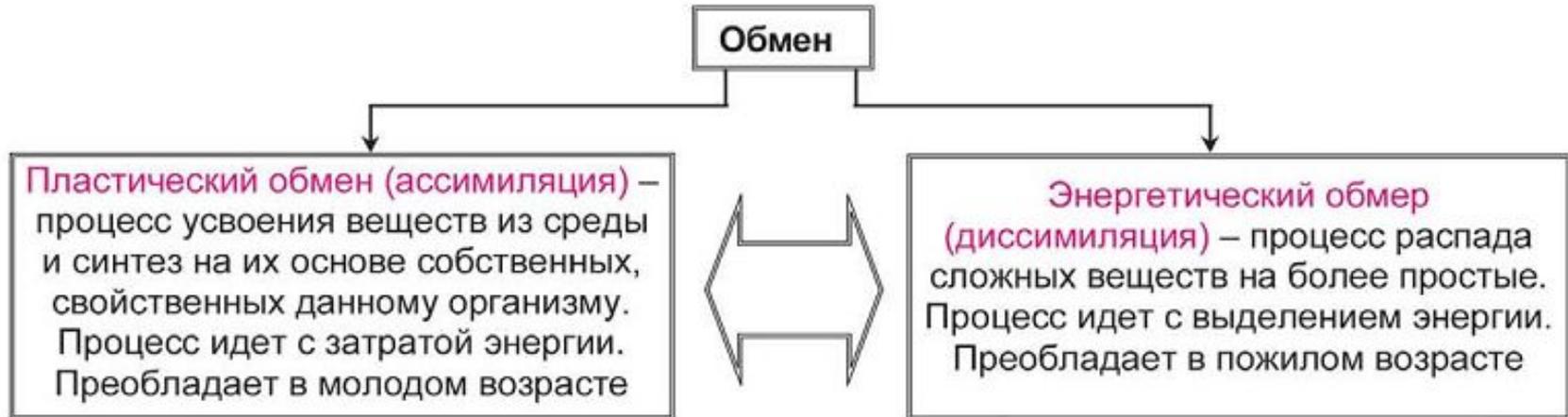
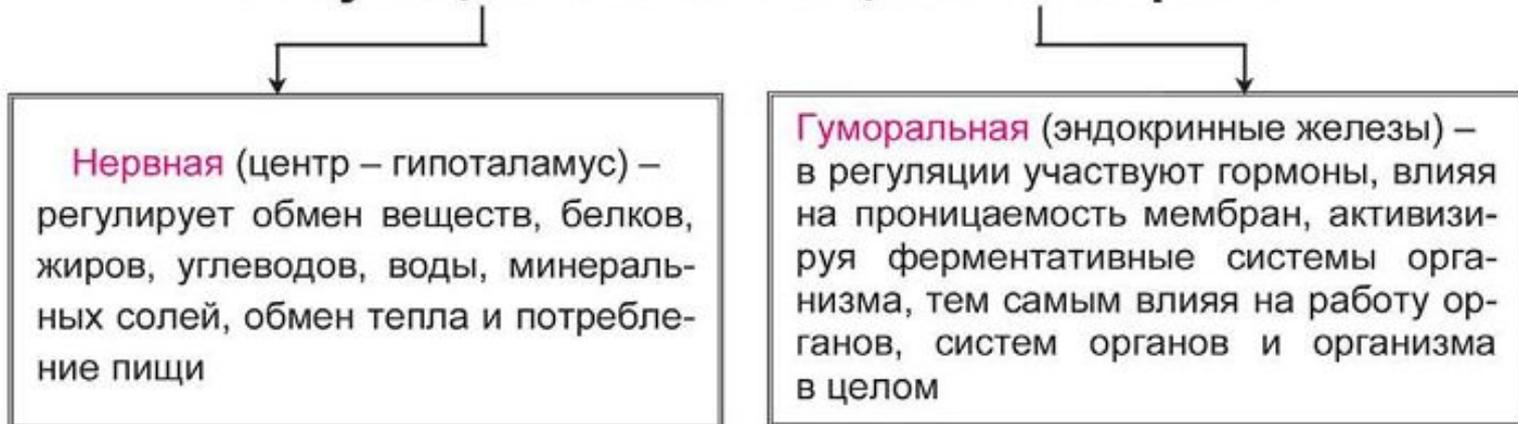


# Обмен веществ и энергии

**Обмен веществ** – это сложная цепь превращений веществ в организме, начиная с момента поступления из внешней среды и кончая удалением конечных продуктов распада.



## Регуляция обмена веществ и энергии



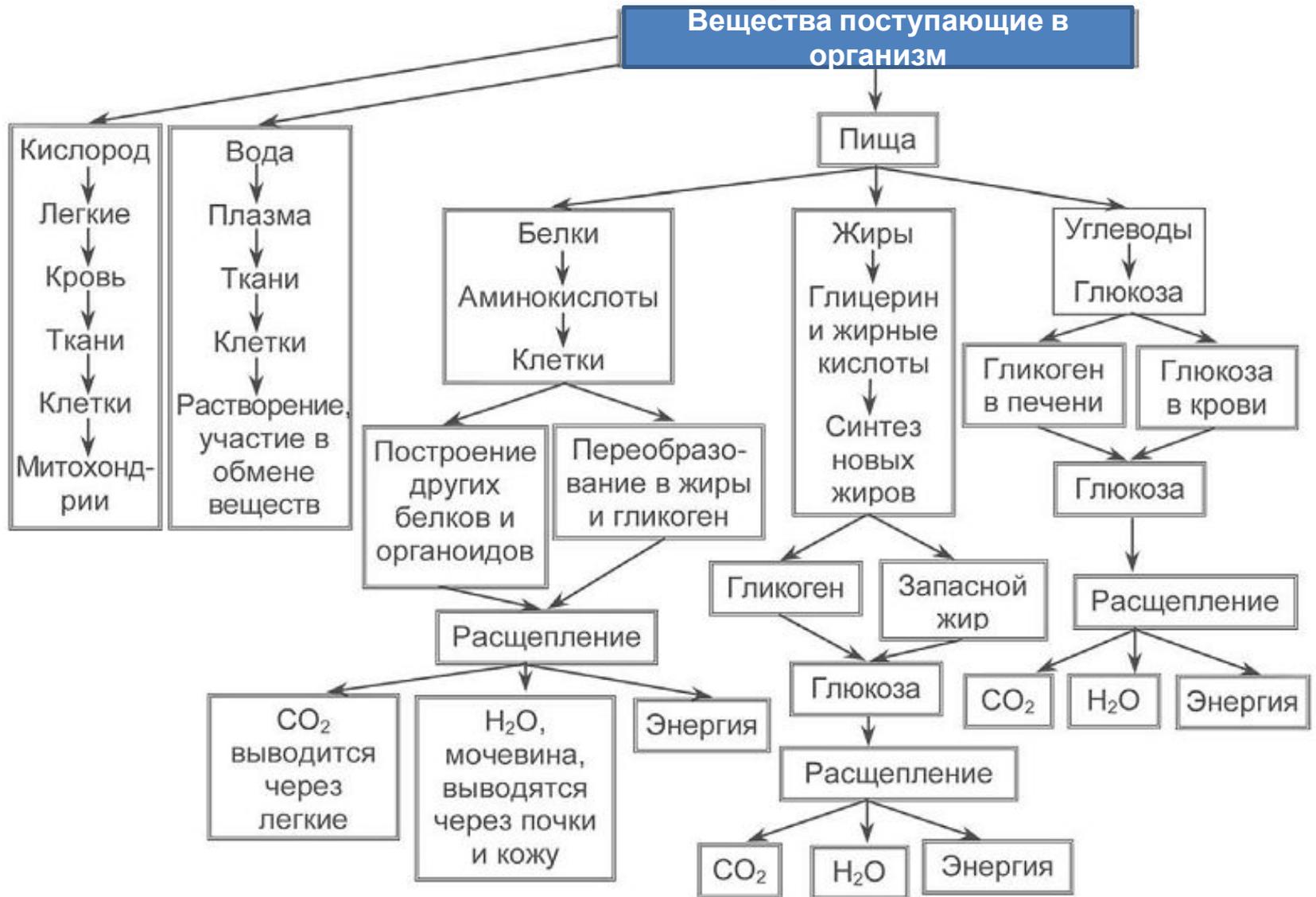
# Обмен веществ и энергии (метаболизм)



**Катаболизм** (от греч. katabole - разрушение)

**Анаболизм** (от греч. anabole - подъем)

# Обмен веществ в организме





# Энергетический обмен

	<p>В кристах</p>	<p>Окисление атомов водорода до <b>катионов</b> в мембране крист;  <math display="block">\text{H} - \text{e}^- \rightarrow \text{H}^+</math> Катионы переносятся белками-переносчиками на наружную поверхность мембраны.  Образование <b>анионов</b> кислорода на внутренней поверхности мембраны крист с помощью фермента – оксидазы.  <math display="block">\text{O}_2 + \text{e}^- \rightarrow \text{O}_2^-</math> Катионы и анионы скапливаются по разные стороны мембраны. Когда разность потенциалов достигает 200 мВ в молекулах ферментов АТФ-синтетаз открывается <b>протонный канал</b>. Эти молекулы встроены во внутреннюю мембрану.  По этому каналу протоны водорода устремляются на внутреннюю поверхность мембраны, отдавая большое количество энергии.  Энергия идет на <b>синтез АТФ</b>.  Протоны водорода соединяются с анионами кислорода, с образованием воды.  <math display="block">4\text{H}^+ + 2\text{O}_2^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2</math></p>	<p>Происходит образование 36 молекул АТФ</p>
<p>Общее уравнение гидролиза (дыхания)  <math display="block">2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + 6\text{O}_2 + 36\text{H}_3\text{PO}_4 + 36\text{АДФ} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 38\text{H}_2\text{O} + 36\text{АТФ}</math></p>			
<p>Общее уравнение расщепления глюкозы  <math display="block">\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 38\text{H}_3\text{PO}_4 + 38\text{АДФ} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 38\text{АТФ} + 6\text{H}_2\text{O}</math></p>			

# ФОТОСИНТЕЗ

Фазы	Локализация в клетке	Процессы
Световая	Тилакоиды гран	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Свет, попадает на молекулы хлорофилла, расположенные в мембране тилакоида, переводя их в возбужденное состояние.</li> <li>2. Электрон отрывается от молекулы хлорофилла и при помощи переносчиков переносится на наружную поверхность мембраны тилакоида.</li> <li>3. Там электроны накапливаются, создавая отрицательно заряженное электрическое поле.</li> <li>4. Внутри тилакоида происходит <b>фотолиз</b> воды (разложение воды под действием света) <math>2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2\uparrow</math></li> <li>5. Образовавшиеся электроны «замещают» утраченные электроны хлорофилла.</li> <li>6. Протоны водорода скапливаются на внутренней поверхности мембраны тилакоида, заряжая ее положительно. Кислород уходит в атмосферу.</li> <li>7. В результате наружная поверхность мембраны заряжается отрицательно, а внутренняя – положительно. Возникает <b>электрический потенциал</b>, когда он достигает критической величины, в мембране открывается «протонный канал» и протоны устремляются наружу. Энергия протонов с участием фермента <b>АТФ-синтазы</b> используется на синтез АТФ из АДФ.</li> <li>8. Электроны, находящиеся на наружной поверхности мембраны тилакоида, объединяются попарно с протоном водорода и присоединяются к молекуле переносчика НАДФ<sup>+</sup></li> </ol> $2\text{e}^- + \text{H}^+ + \text{НАДФ}^+ \rightarrow \text{НАДФ} \cdot \text{H}$

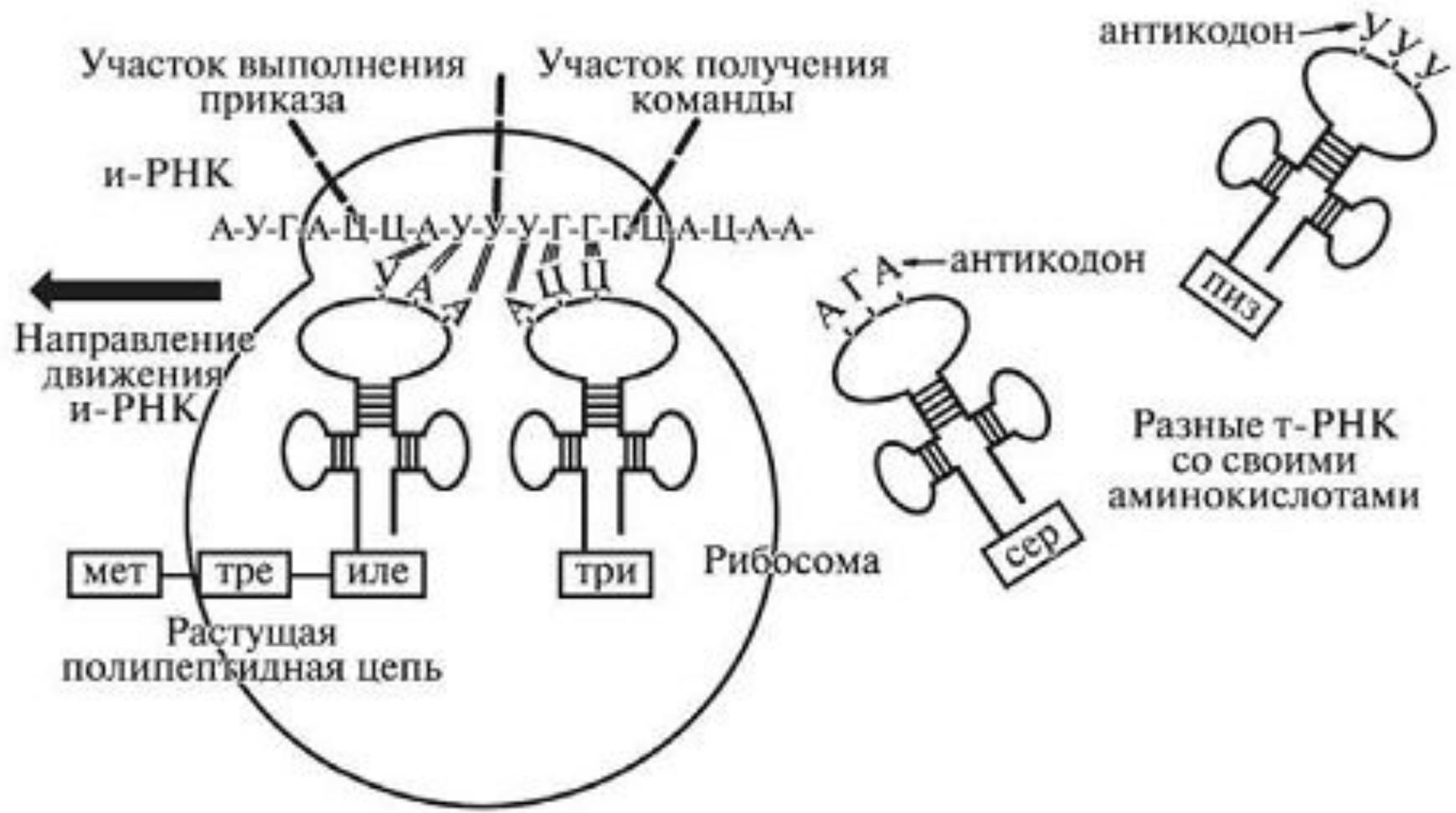
# Фотосинтез

Темновая фаза (фиксация углерода)	Строма хлоропласта	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Представляет собой ферментативную цепь реакций, приводящую к образованию органических веществ с использованием <math>\text{CO}_2</math> (фиксация углекислого газа). Для этих реакций не обязательно наличие света.</li><li>2. В строму хлоропласта поступают АТФ и НАДФ Н, образовавшиеся в результате световой фазы и <math>\text{CO}_2</math> из воздуха.</li><li>3. В строме постоянно присутствуют пятиуглеродные сахара <math>\text{C}_5</math>, образующиеся в цикле фиксации углерода (Кальвина):<ul style="list-style-type: none"><li>– Молекулы <math>\text{C}_5</math> фиксируют <math>\text{CO}_2</math>, образуя нестойкое шестиуглеродное соединение<math display="block">\text{CO}_2 + \text{C}_5 \rightarrow \text{C}_6 \text{ (нестойкое).}</math><li>– Шестиуглеродное соединение под действием ферментов распадается на две трехуглеродные молекулы (фосфоглицериновой кислоты) ФГК<math display="block">\text{C}_6 \rightarrow 2\text{C}_3 \text{ (ФГК)}</math><li>– С помощью энергии АТФ и НАДФ+Н из трехуглеродных молекул образуются молекулы глюкозы (которые затем превращаются в запасное вещество – крахмал)<math display="block">2\text{C}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6</math></li></li></li></ul></li></ol> <p>и молекулы пятиуглеродного сахара (которые опять включаются в цикл)</p> $5\text{C}_3 \rightarrow 3\text{C}_5$
-----------------------------------	--------------------	--

Суммарное уравнение фотосинтеза:



# Биосинтез белка



# Последовательность биосинтеза белка

Локализация в клетке	Описание этапов
<b>Этапы биосинтеза:</b> <b>Транскрипция</b> (переписывание)	
В ядре	<p><b>Биосинтез всех видов молекул РНК на матрице ДНК. Осуществляется в синтетическую фазу в хромосомах.</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. С помощью ферментов на определенных участках одной цепочки ДНК – генах синтезируются 20 транспортных ДНК, рРНК и иРНК.</li><li>2. рРНК встраиваются в субъединицы рибосом, тРНК и иРНК выходят в цитоплазму.</li><li>3. Рибосомы так же выходят в цитоплазм</li></ol>
<b>Трансляция</b> (передача)	
В цитоплазме. На гранулярной эндоплазматической сети	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Синтез полипептидных цепей белков, осуществляется на <b>рибосомах</b>.</li><li>2. Присоединение субъединиц рибосомы к иРНК, с того конца, откуда начинался ее синтез с ДНК.</li><li>3. Образование ФЦР (функционального центра рибосомы), состоящего из иРНК и рибосомы. В ФЦР находится 2 триплета (6 нуклеотидов) и РНК. Они образуют два активных центра: <b>аминокислотный</b> – центр узнавания аминокислоты и <b>пептидный</b> – центр присоединения аминокислоты к пептидной цепочке.</li><li>4. Транспортировка аминокислот из цитоплазмы к месту синтеза. Осуществляется тРНК. Каждая аминокислота соединяется с соответствующей ей тРНК, антикодон которой соответствует кодону иРНК. Присоединение идет с помощью индивидуальных для каждой АК ферментов, за счет энергии АТФ.</li><li>5. Проверка соответствия антикодона кодону происходит в аминокислотном активном центре, в случае комплиментарности, тРНК с кислотой присоединяется к иРНК.</li><li>6. Образовавшаяся связь служит сигналом к продвижению рибосомы по иРНК. тРНК с аминокислотой перемещается в пептидный активный центр, где происходит присоединение аминокислоты к цепочке. тРНК покидает молекулу и «уходит» в цитоплазму.</li><li>7. Процесс повторяется каждый раз, когда тРНК приносит аминокислоту, рибосома продвигается скачком по иРНК, а пептидная цепочка удлиняется.</li><li>8. Сигналом к окончанию синтеза являются знаки препинания (УАА, УАГ, УГА). Рибосомы соскакивают с иРНК и распадаются на две единицы.</li><li>9. Полипептидная цепь одновременно соскакивает с рибосомы и поступает в ЭПС, где приобретает вторичную, третичную и четвертичную структуры белка</li></ol>

## Трансляция (передача)

В цитоплазме.  
На гранулярной  
эндоплазматической сети

1. Синтез полипептидных цепей белков, осуществляется на **рибосомах**.
2. Присоединение субъединиц рибосомы к иРНК, с того конца, откуда начинался ее синтез с ДНК.
3. Образование ФЦР (функционального центра рибосомы), состоящего из иРНК и рибосомы. В ФЦР находится 2 триплета (6 нуклеотидов) и РНК. Они образуют два активных центра: **аминокислотный** – центр узнавания аминокислоты и **пептидный** – центр присоединения аминокислоты к пептидной цепочке.
4. Транспортировка аминокислот из цитоплазмы к месту синтеза. Осуществляется тРНК. Каждая аминокислота соединяется с соответствующей ей тРНК, антикодон которой соответствует кодону иРНК. Присоединение идет с помощью индивидуальных для каждой АК ферментов, за счет энергии АТФ.
5. Проверка соответствия антикодона кодону происходит в аминокислотном активном центре, в случае комплиментарности, тРНК с кислотой присоединяется к иРНК.
6. Образовавшаяся связь служит сигналом к продвижению рибосомы по иРНК. тРНК с аминокислотой перемещается в пептидный активный центр, где происходит присоединение аминокислоты к цепочке. тРНК покидает молекулу и «уходит» в цитоплазму.
7. Процесс повторяется каждый раз, когда тРНК приносит аминокислоту, рибосома продвигается скачком по иРНК, а пептидная цепочка удлиняется.
8. Сигналом к окончанию синтеза являются знаки препинания (УАА, УАГ, УГА). Рибосомы соскакивают с иРНК и распадаются на две единицы.
9. Полипептидная цепь одновременно соскакивает с рибосомы и поступает в ЭПС, где приобретает вторичную, третичную и четвертичную структуры белка

## Фазы фотосинтеза

Световая

Темновая

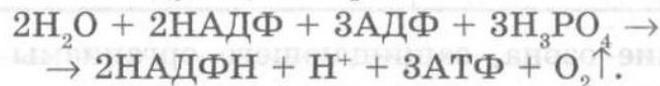
Скорость световых реакций возрастает пропорционально нарастанию силы света и не зависит от температуры. Световые реакции протекают на мембранах тилакоидов.

Кислород является побочным продуктом фотосинтеза, а вода — его источником.

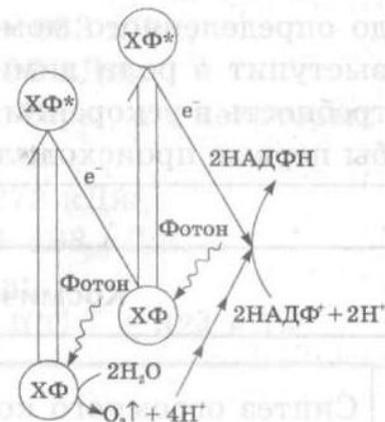
Протоны водорода вытекают из тилакоида через канал в мембранном белке — АТФ-синтетазе, при этом из АДФ синтезируется АТФ.

Данный процесс носит название *фотофосфорилирования*, не требует участия кислорода и дает в 30 раз больше АТФ, чем митохондрии в процессе окисления.

Суммарное уравнение реакций световой фазы фотосинтеза можно записать следующим образом:

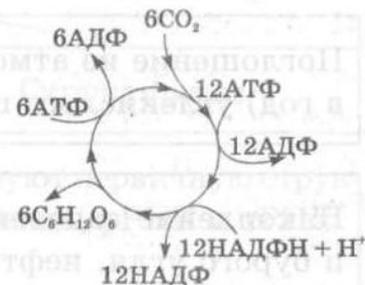


### Световая фаза

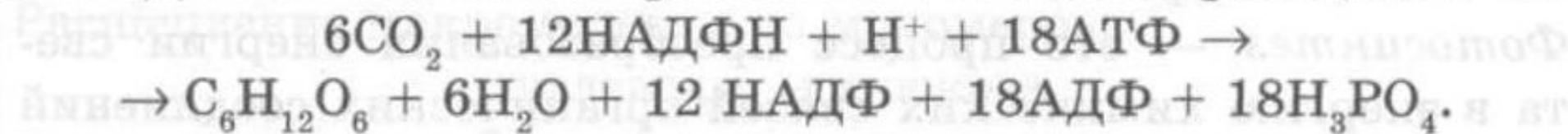


Скорость темновых реакций, напротив, возрастает с повышением температуры, однако по достижении температурного порога в 30 °С этот рост прекращается, что свидетельствует о ферментативном характере этих превращений, происходящих в строме.

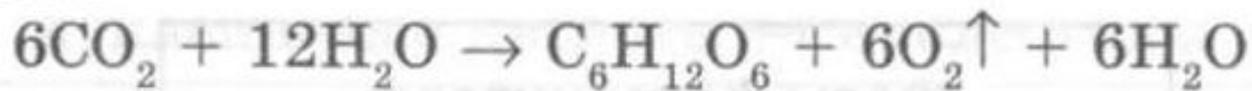
### Темновая фаза



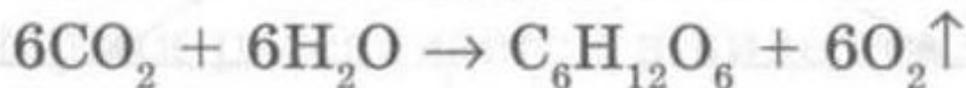
В ходе темновых реакций фотосинтеза происходит связывание молекул  $\text{CO}_2$ , на которое расходуются молекулы АТФ и НАДФН +  $\text{H}^+$ , синтезированные в световых реакциях:



Суммарное уравнение фотосинтеза можно записать следующим образом:



или



Реакции световой и темновой фаз фотосинтеза взаимосвязаны, так как увеличение скорости одной группы реакций влияет на интенсивность всего процесса фотосинтеза только до определенного момента, пока вторая группа реакций не выступит в роли лимитирующего фактора, и возникает потребность в ускорении реакций второй группы для того, чтобы первые происходили без ограничений

## Космическая роль фотосинтеза

Синтез огромного количества ( $4 \cdot 10^7$  т в год) органических соединений

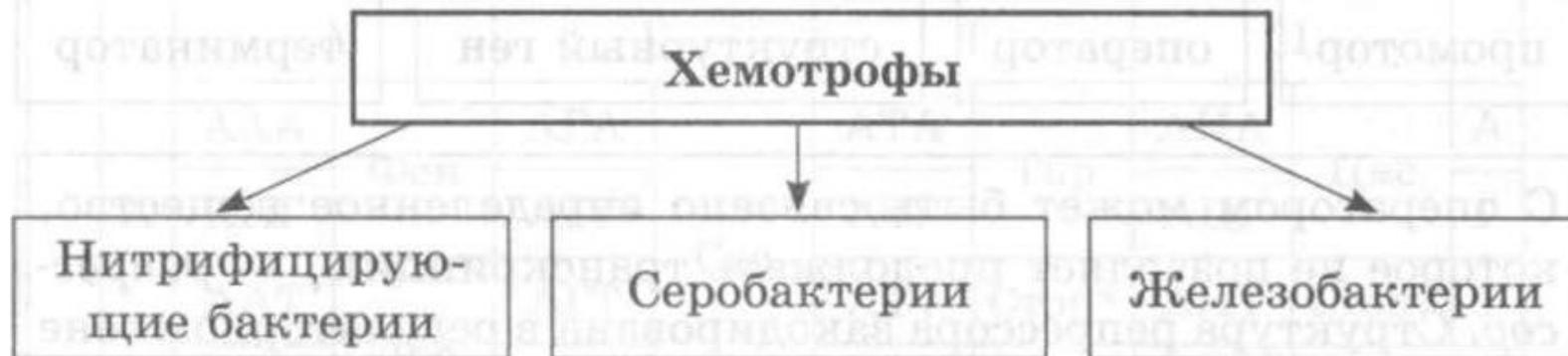
Накопление в атмосфере кислорода, необходимого для поддержания жизнедеятельности аэробных организмов

Образование озона, защищающего организмы от ультрафиолетового солнечного излучения

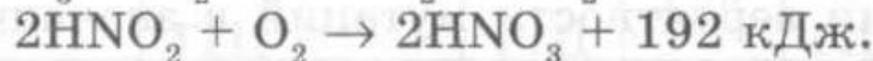
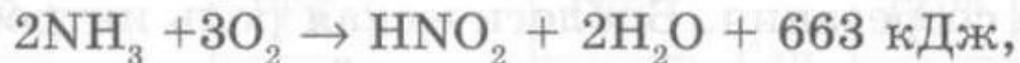
Поглощение из атмосферы огромного количества ( $1,7 \cdot 10^8$  т в год) углекислого газа

Накопление запасов солнечной энергии в виде каменного и бурого угля, нефти, газа, торфа и т. д.

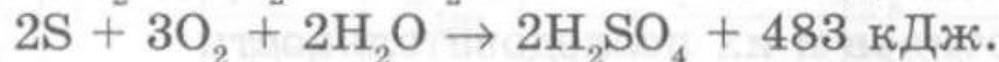
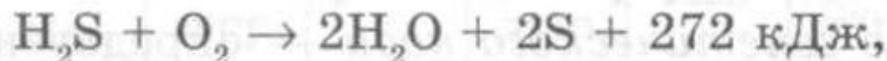
*Хемосинтез* — это процесс синтеза органических соединений за счет энергии окислительно-восстановительных реакций неорганических соединений



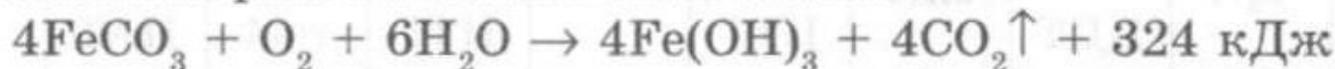
Нитрифицирующие бактерии окисляют образованный из атмосферного азота азотфиксирующими бактериями аммиак до нитритов и нитратов:



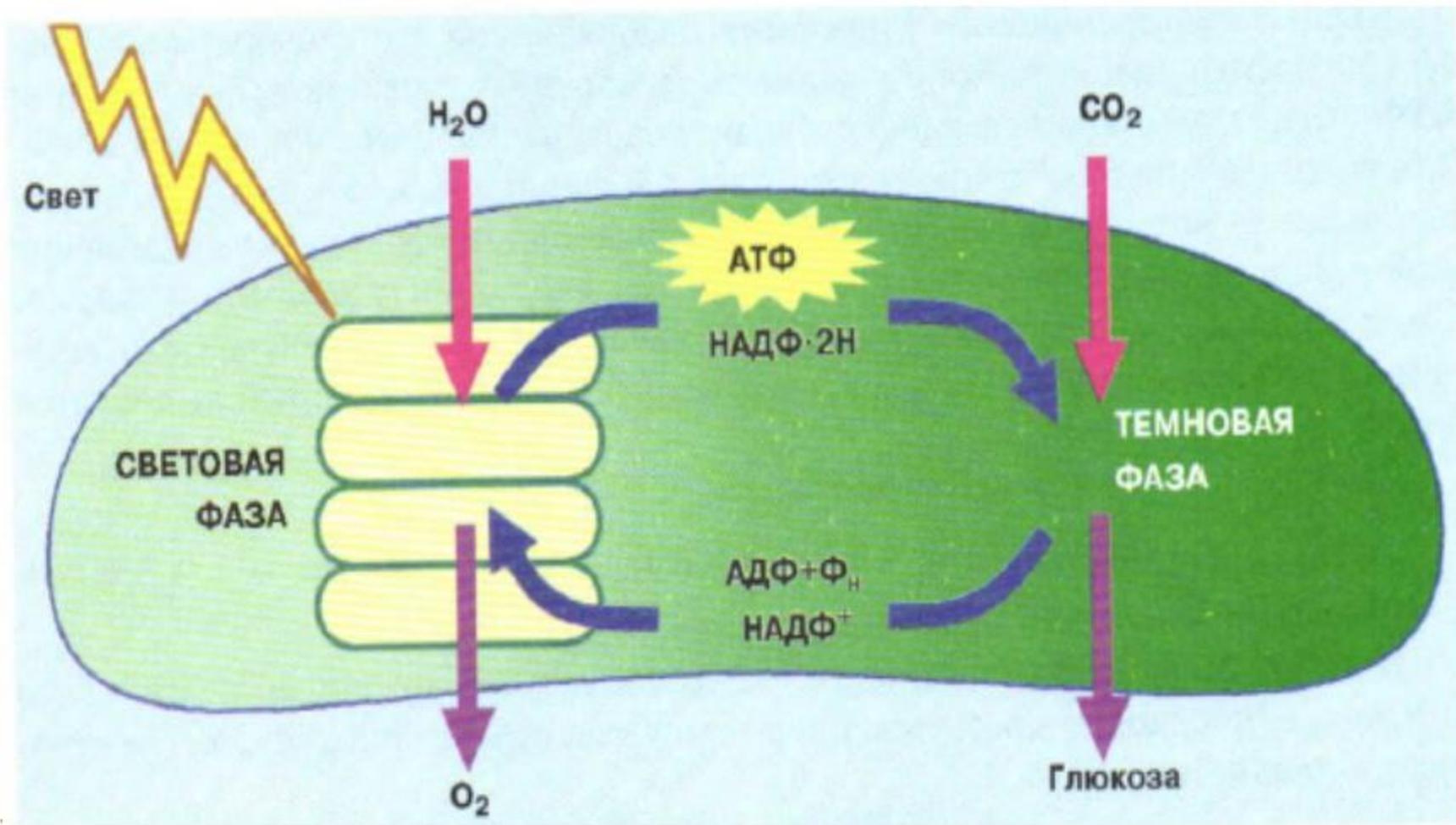
Серобактерии окисляют сероводород до серы, а в некоторых случаях и до серной кислоты:

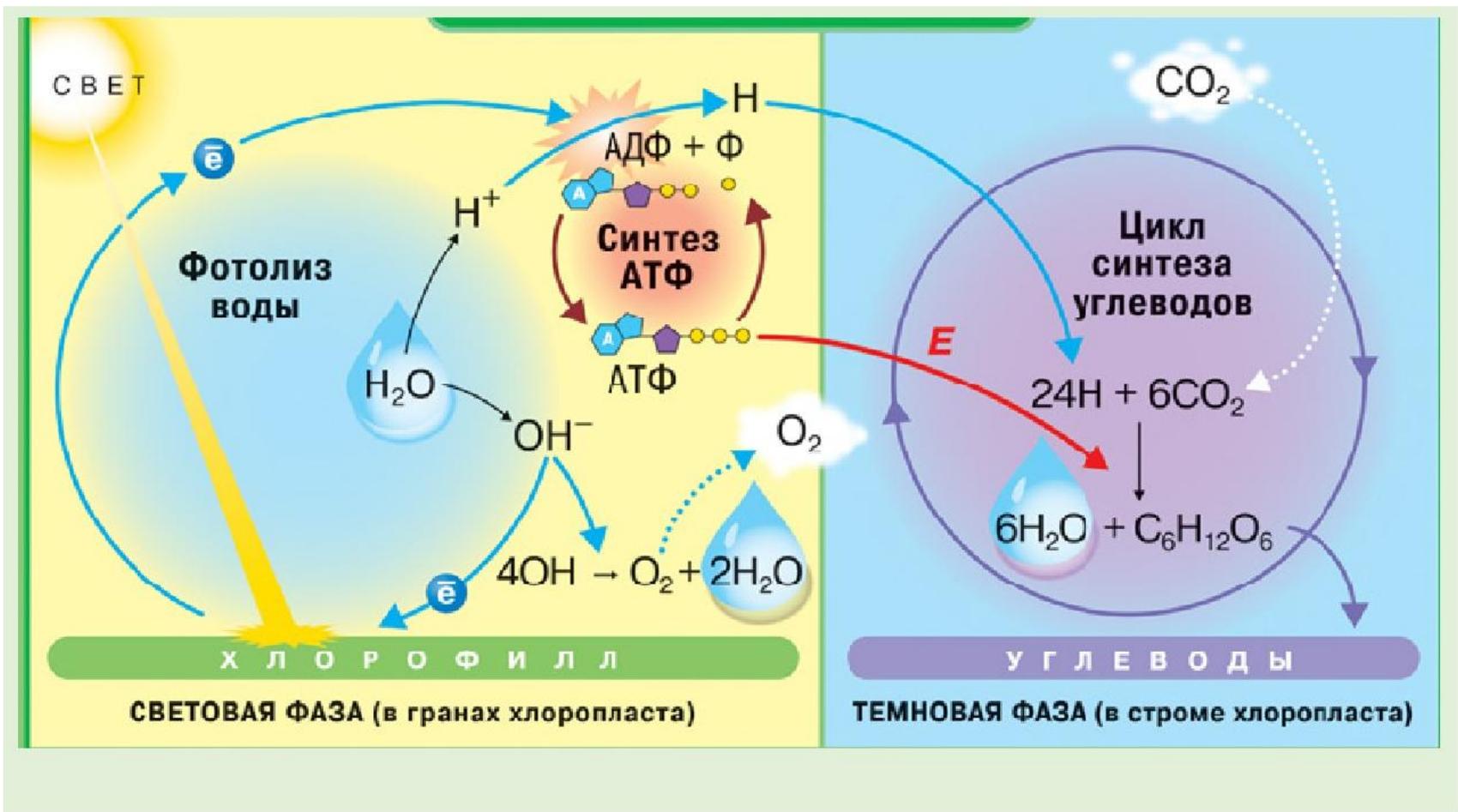


Железобактерии окисляют соли железа:

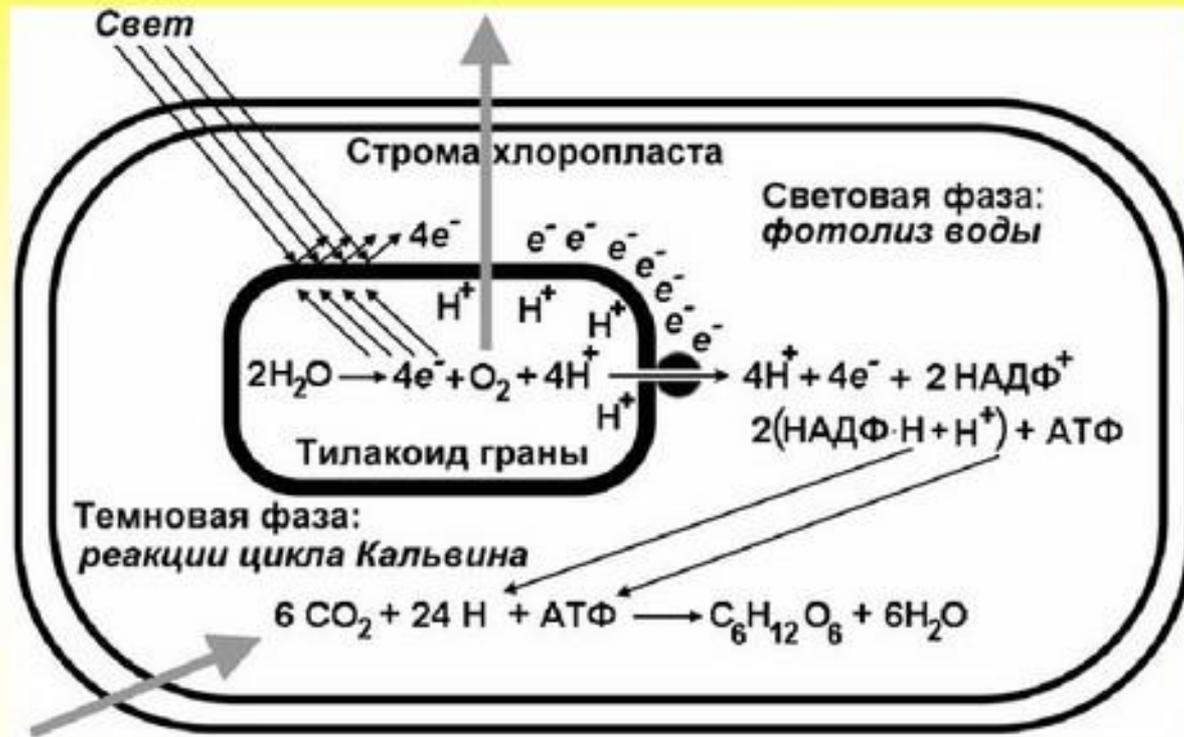


# Фазы фотосинтеза





## Темновая фаза фотосинтеза



**Мелвин Кальвин**, лауреат Нобелевской премии, показал, как происходит образование углеводов в темновую фазу фотосинтеза. Происходит поглощение  $\text{CO}_2$  и карбоксилирование пятиуглеродного сахара **рибулозобисфосфата** с образованием 6-углеродного соединения. Затем происходит **цикл реакций Кальвина**, в которых через ряд промежуточных продуктов происходит образование глюкозы.

# Сравнительная характеристика фаз фотосинтеза

Признаки сравнения	СВЕТОВАЯ ФАЗА	ТЕМНОВАЯ ФАЗА
Место протекания в хлоропластах	На гранах хлоропластов	В строме хлоропластов
Условия реакций	Наличие света, воды	Свет не нужен
Источник энергии	Солнечный свет	НАДФ <sup>+</sup> Н, АТФ
Исходные вещества	Вода	Углекислый газ
Продукты реакции	НАДФ <sup>+</sup> , АТФ, кислород	Глюкоза
Основные процессы	Фотолиз воды Синтез АТФ	Фиксация углерода Синтез углеводов Цикл Кальвина

**Хлоропласты** (от греч. χλωρός — «зелёный» и от πλαστός — *вылепленный*) — зелёные пластиды, которые встречаются в клетках фотосинтезирующих эукариот. С их помощью происходит фотосинтез. Хлоропласты содержат хлорофилл. У зелёных растений являются двумембранными органеллами. Под двойной мембраной имеются тилакоиды (мембранные образования, в которых находится электронтранспортная цепь хлоропластов). Тилакоиды высших растений группируются в граны, которые представляют собой стопки сплюснутых и тесно прижатых друг к другу тилакоидов, имеющих форму дисков. Соединяются граны с помощью ламелл. Пространство между оболочкой хлоропласта и тилакоидами называется стромой. В строме содержатся хлоропластные молекулы РНК, пластидная ДНК, рибосомы, крахмальные зёрна,

**Никотинамидадениндинуклеотидфосфат** (НАДФ, NADP) — широко распространённый в природе кофермент некоторых дегидрогеназ — ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции в живых клетках. НАДФ принимает на себя водород и электроны окисляемого соединения и передаёт их на другие вещества.

В хлоропластах растительных клеток НАДФ восстанавливается при световых реакциях фотосинтеза и затем обеспечивает водородом синтез углеводов при темновых реакциях. НАДФ, — кофермент, отличающийся от НАД содержанием ещё одного остатка фосфорной кислоты, присоединённого к гидроксилу одного из остатков D-рибозы, обнаружен во всех типах клеток.