

**Лекция 10.
Метаболизм
клетки**

Метаболизм

Анаболизм

Катаболизм

Пластический обмен

Энергетический обмен

Ассимиляция

Диссимиляция

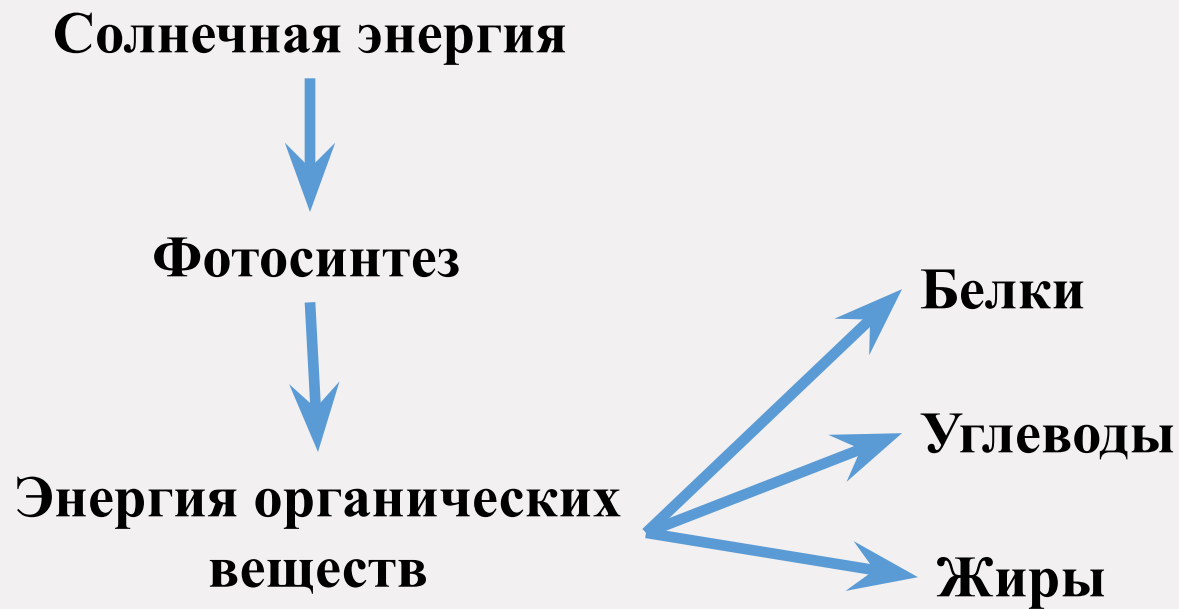


2. Фотосинтез. Общие понятия

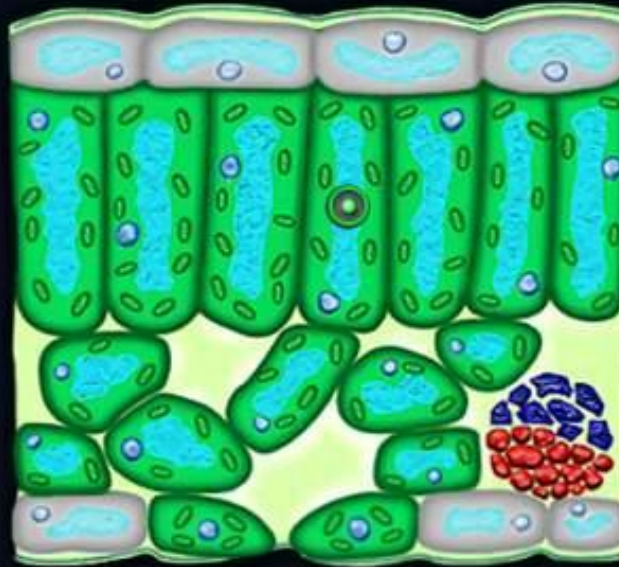
Фотосинтез – процесс превращения углекислого газа и воды в углеводы и кислород под действием энергии солнечного света. Образующиеся углеводы используются в качестве пищи, а кислород поступает в атмосферу.

***Фотосинтез** – совокупность физических и химических процессов, в ходе которых происходит преобразование энергии света в энергию химических связей органических веществ*

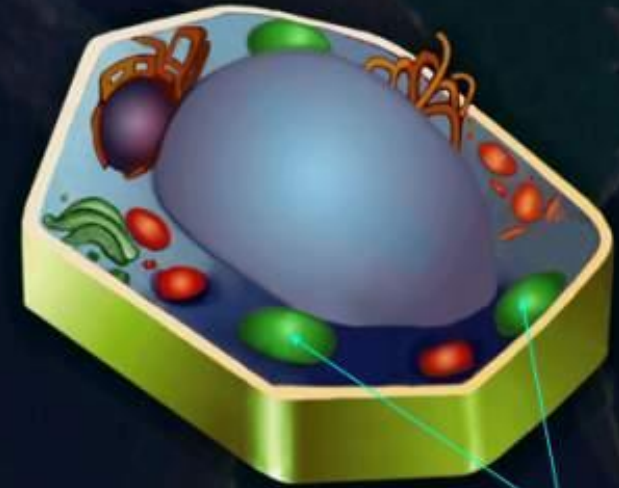
В современной физиологии растений под фотосинтезом чаще понимается фотоавтотрофная функция - совокупность процессов поглощения, превращения и использования энергии квантов света в реакциях превращения углекислого газа в органические вещества.



Где происходит фотосинтез



Внутреннее строение листа



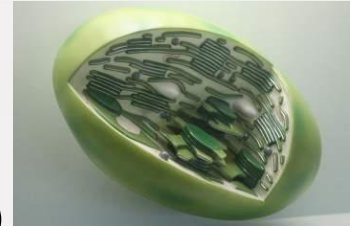
Растительная клетка

Хлоропласт

Фотосинтез происходит в клетках, содержащих зелёный пигмент – хлорофилл. Это вещество способно поглощать и трансформировать солнечную энергию. У растений хлорофилл содержится в специальных органеллах – хлоропластах.

Хлоропласты

- Зелёные пластиды, которые встречаются в клетках растений и водорослей.
- С их помощью происходит фотосинтез.
- Хлоропласты содержат хлорофилл.
- Являются двумембранными органеллами (органоидами).
- 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.
- **Ламеллы** - одиночные тилакоиды - соединяют граны. У высших растений эллиптической формы. В зависимости от освещенности меняют свое положение.
- Пространство между оболочкой хлоропласта и тилакоидами называется **стромой**.
- В строме содержатся хлоропластные молекулы РНК, ДНК, рибосомы, крахмальные зёрна.



Строение хлоропластов

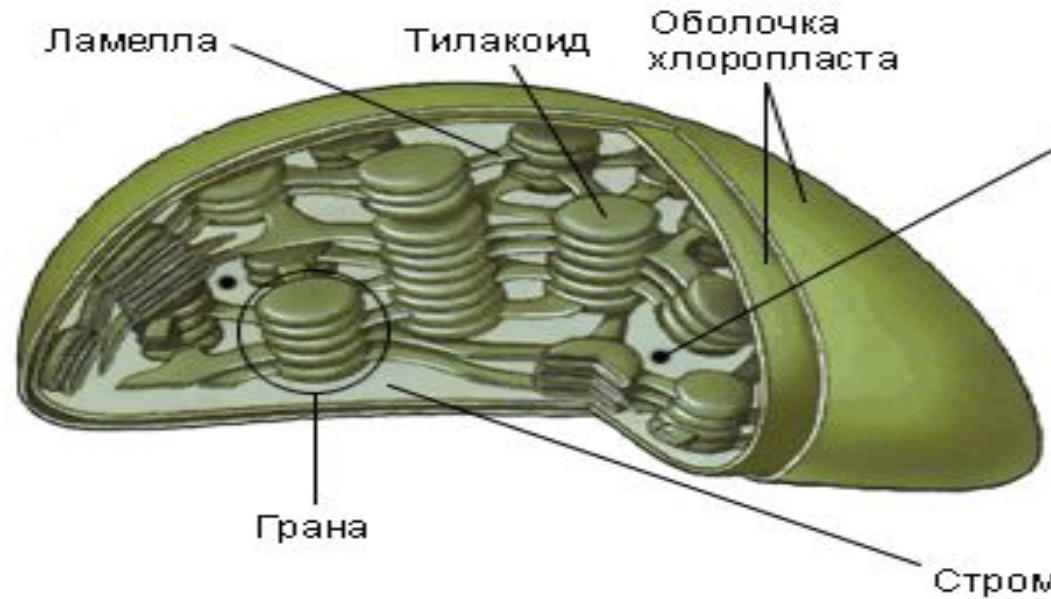
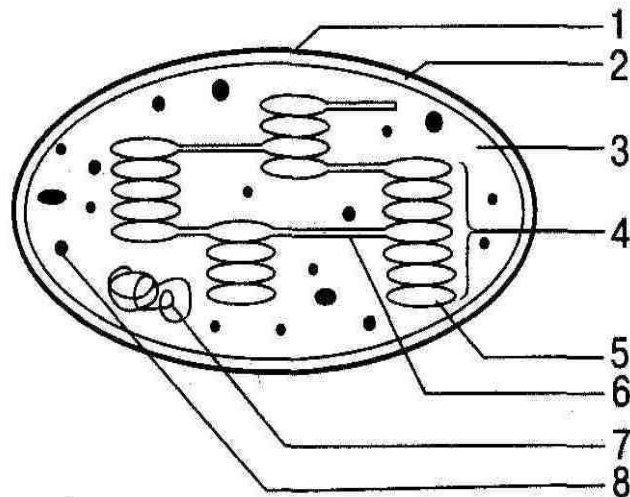
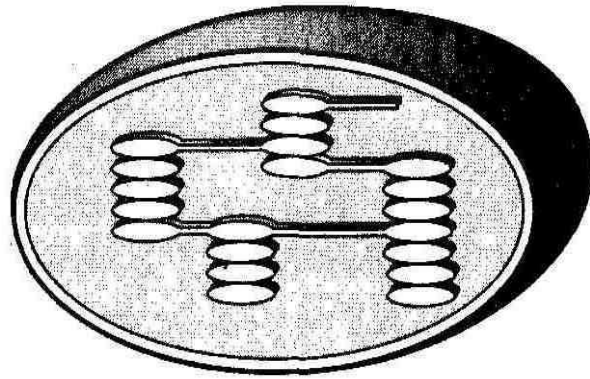
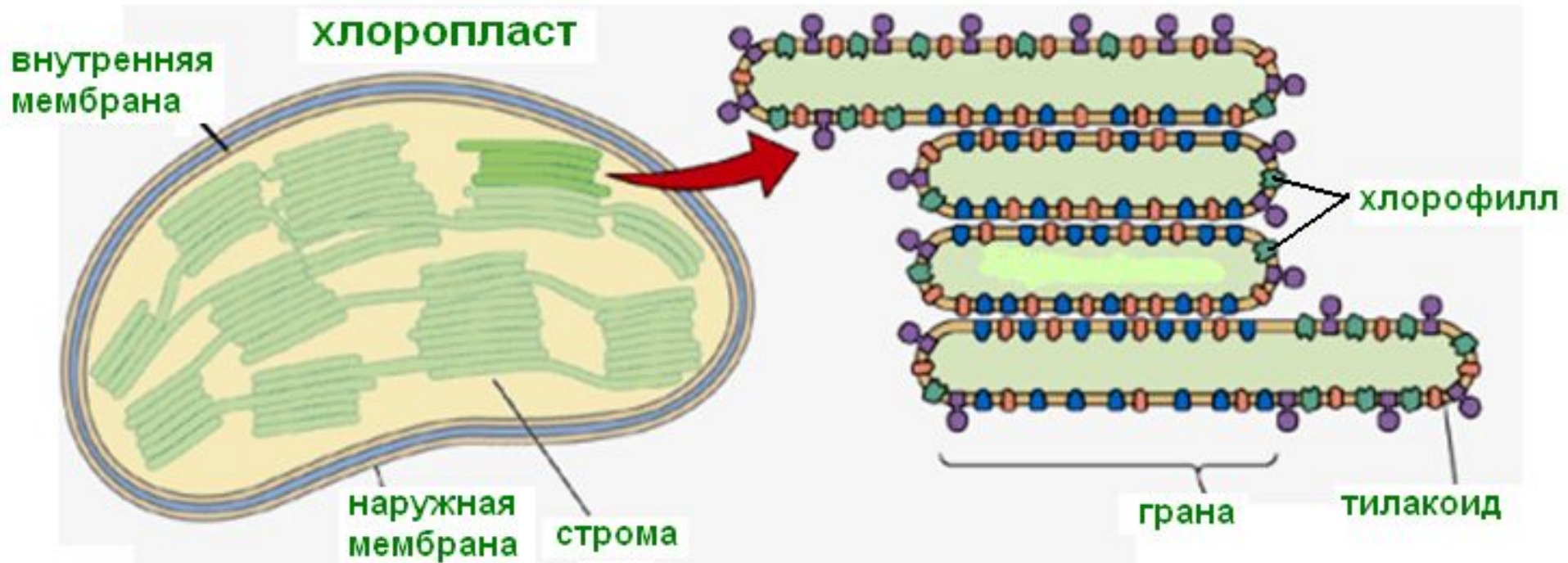


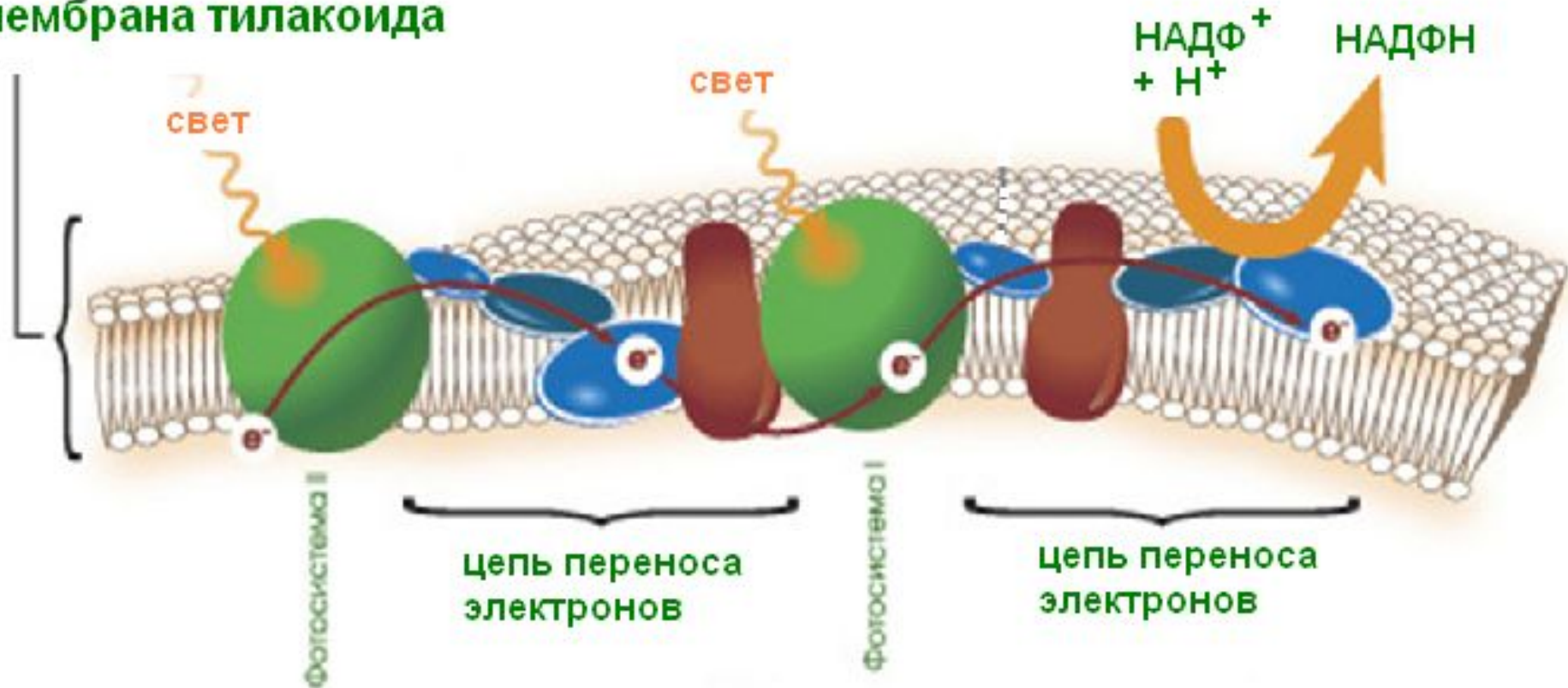
Рис. 8. Строение хлоропластов. А — объемная схема;
Б — плоская схема строения: 1 — наружная мембрана;
2 — внутренняя мембрана; 3 — строма; 4 — граны; 5 — тила-
коид; 6 — ламелла; 7 — ДНК; 8 — рибосомы

Строение хлоропласта



Строение тилакоида

мембрана тилакоида

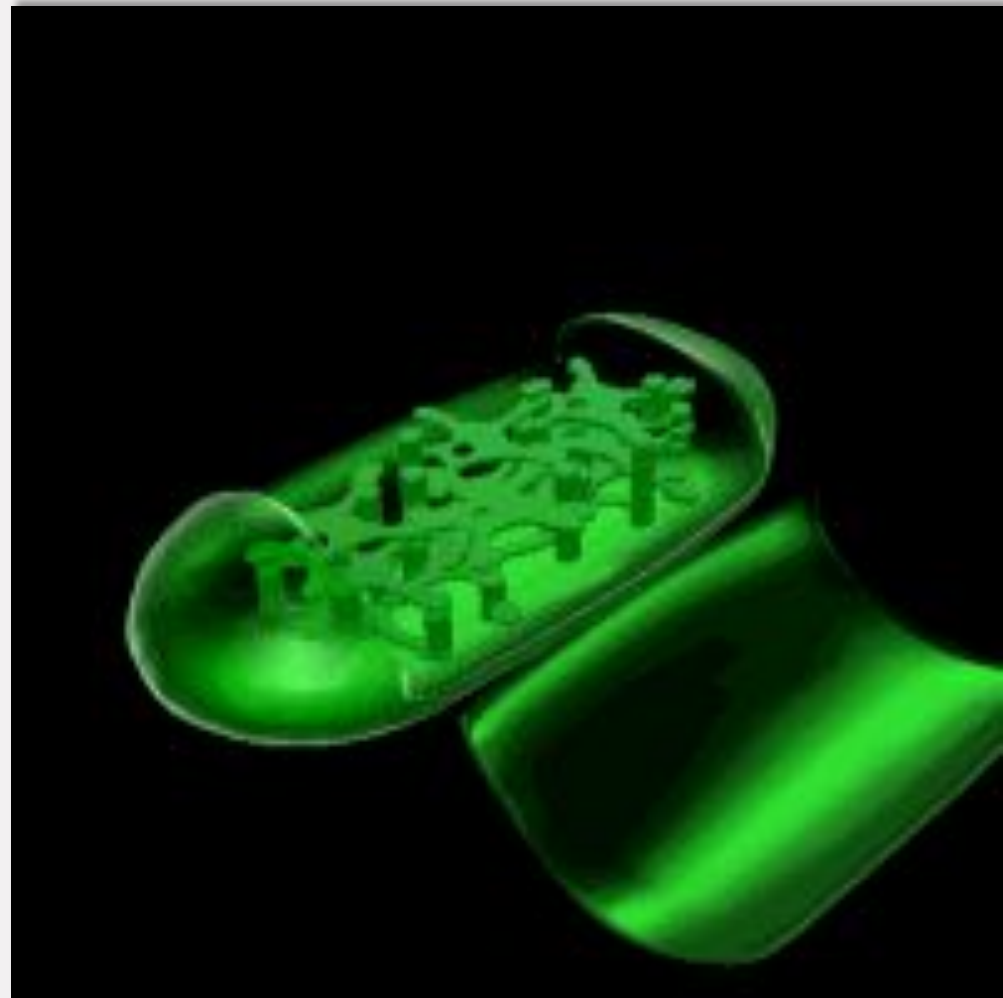


Площадь хлоропластов листа



S листьев 1 дерева = 120 кв м

S хлоропл. листа = 1800 кв. м



Виды хлорофилла

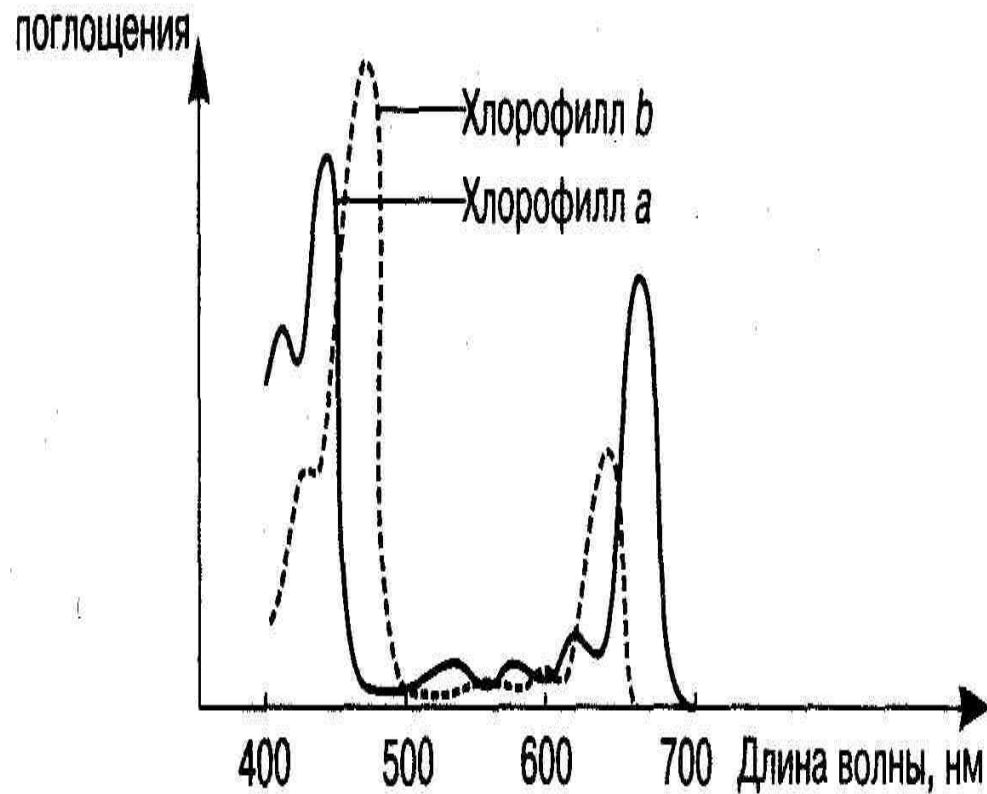


Рис. 9. Спектры поглощения и интенсивность фотосинтеза у разных видов хлорофилла

- Наиболее распространены хлорофиллы a, b, c
- Хлорофилл a — желто-зеленая окраска, поглощает свет наиболее интенсивно в красном и ультрафиолетовом спектрах. Имеется у всех растений.
- Хлорофилл b — синезеленого цвета поглощает энергию в фиолетовом спектре, значительно меньше в красном. Встречается у высших растений и зеленых водорослей.
- Хлорофилл c — зеленой окраски есть у бурых и некоторых одноклеточных водорослей.

4. Механизм фотосинтеза

2 фазы фотосинтеза:

- Световая фаза (светозависимая). Световые реакции территориально привязана к пространству, ограниченному тилакоидами.
- Темновая фаза (не зависящая от света). Проходит в строме хлоропласта.



ФОТОСИНТЕЗ



СВЕТОВАЯ ФАЗА

Молекулы пигментов поглощают фотоны, передают поглощенную энергию молекулам хлорофилла, происходит трансформация энергии света в химическую энергию АТФ и восстановленного НАДФ*Н, выделяется кислород в результате фоторазложения воды. Эти процессы происходят на мембранах хлоропластов.

ТЕМНОВАЯ ФАЗА

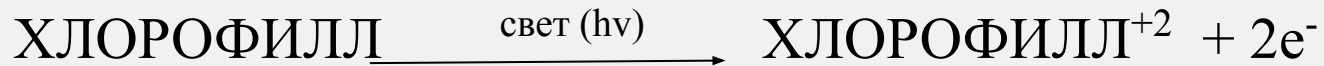
В строме хлоропластов восстанавливается поглощенный CO_2 с образованием углеводов и других органических соединений.

Световая фаза

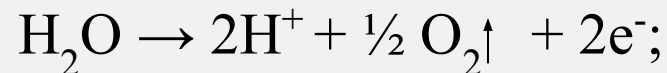
Первая фаза фотосинтеза носит название световой, так как она протекает только под действием солнечной энергии. Реакции световой фазы происходят на мембранах тилакоидов, где располагается фотосинтезирующий пигмент хлорофилл.

В световую фазу происходит несколько процессов:

1. возбуждение хлорофилла квантами света и перемещение возбужденных электронов



2. фотолиз воды под действием света, образование кислорода и протонов водорода

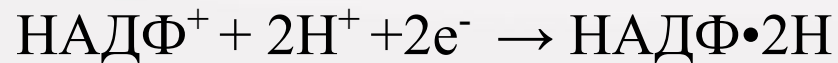


3. синтез молекул АТФ за счет энергии возбужденных электронов



Световая фаза

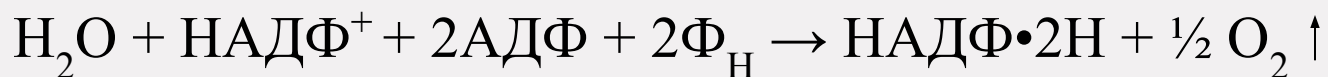
4. соединение водорода с переносчиком НАДФ⁺ и образование НАДФ•2Н.



Синтез АТФ и НАДФ•2Н протекает на мембранах тилакоидов и сопряжен с переносом возбужденных электронов по электронно-транспортной цепи.

Таким образом, энергия солнца преобразуется в энергию возбужденных электронов, а далее запасается в процессе синтеза в молекулах АТФ и НАДФ•2Н.

Суммарное уравнение реакций световой фазы:



Темновая фаза

Глюкоза непосредственно синтезируется в темновую фазу фотосинтеза.

Эту фазу иначе ещё называют **фиксацией углекислого газа**, так как здесь происходит усвоение углекислого газа и его восстановление.

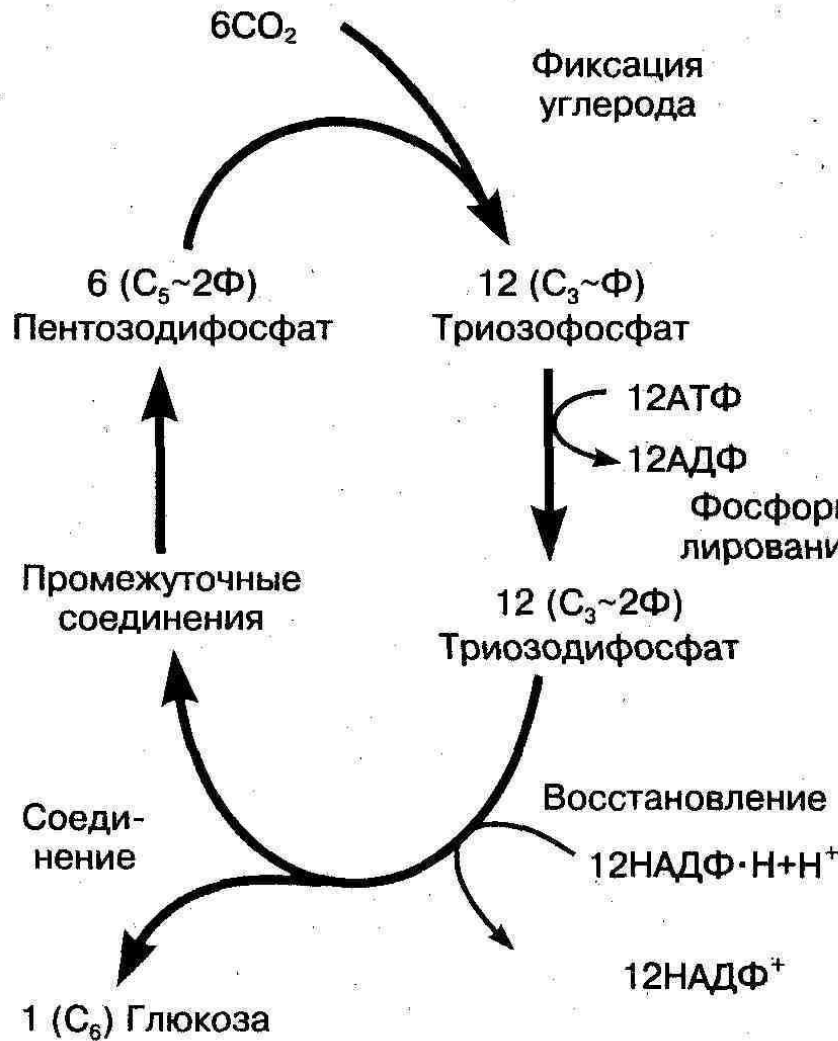
Реакции темновой фазы протекают в строме хлоропластов, куда поступают молекулы АТФ и НАДФ•2Н, синтезируемые в световую фазу, и углекислый газ из атмосферы. Здесь происходит связывание молекул CO_2 , активирование соединений за счет АТФ (фосфорилирование), восстановление углерода водородом из НАДФ•2Н и синтез глюкозы.

1. В строме хлоропласта постоянно присутствует пятиуглеродный углевод (пентоза), связанный с двумя остатками фосфорной кислоты – рибулозодифосфат. Это вещество как бы начинает цикл. Происходит фиксация неорганического углерода.
2. Образующееся шестиуглеродное соединение неустойчиво и сразу же распадается на два триозофосфата.

Темновая фаза

3. Далее происходит активирование этих веществ молекулами АДФ и образуются две молекулы триозодифосфата.
4. После этого происходит восстановление триозодифосфатов молекулами НАДФ•2Н;
5. Две молекулы триозы соединяются между собой, и образуется глюкоза, которая может в дальнейшем превращаться в сахарозу, крахмал и другие полисахариды.
6. Часть молекул триоз может использоваться для синтеза аминокислот, глицерина, высших жирных кислот.
7. Частично триозы продолжают участвовать в циклических реакциях и превращаются вновь в пентозу, которая замыкают цикл.
8. В реакциях участвуют одновременно шесть молекул каждого вещества. Для синтеза одной молекулы глюкозы цикл должен повториться шесть раз.
9. Освобожденные молекулы АДФ и НАДФ⁺ вновь возвращаются к мембранам тилакоидов для участия в световых реакциях.

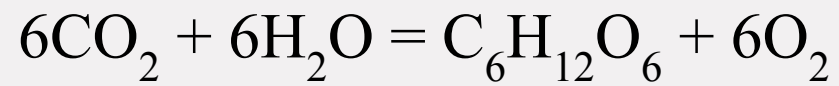
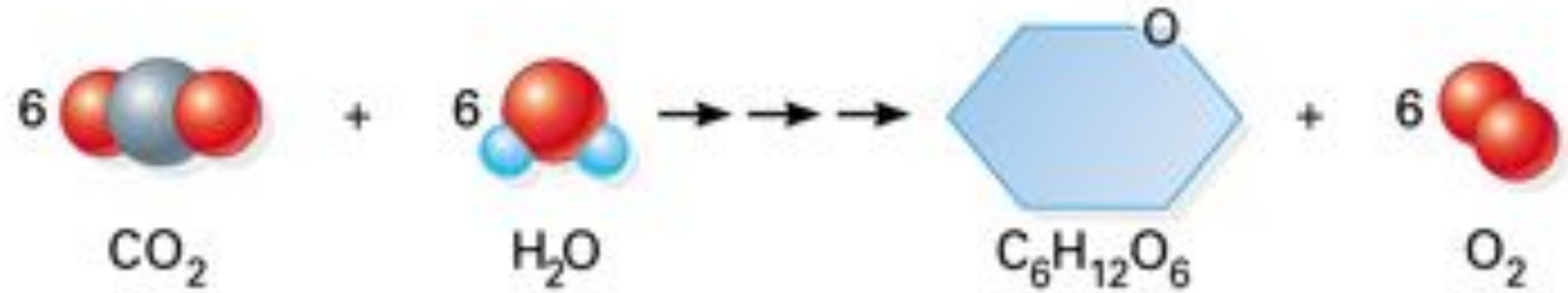
ТЕМНОВАЯ ФАЗА



На образование $C_6H_{12}O_6$ необходимо 6 оборотов цикла Кальвина:
 $6CO_2, 12H, 18ATP$

Рис. 13. Общая схема темновых реакций фотосинтеза. Цикл Кальвина

Суммарное уравнение фотосинтеза



«Сравнение световой и темновой фаз фотосинтеза»

<i>Критерии для сравнения</i>	<i>Световая фаза</i>	<i>Темновая фаза</i>
<i>Локализация</i>	Мембрана тилакоидов	Строма хлоропласта
<i>Основные процессы</i>	Фотолиз воды Восстановление НАДФ ⁺ до НАДФ* Н ₂ Синтез АТФ	Окисление НАДФ* Н ₂ Распад АТФ до АДФ и Ф. Фиксация СО ₂ Цикл Кальвина
<i>Исходные вещества</i>	Вода, АДФ, Ф, НАДФ ⁺	АТФ, НАДФ*Н ₂ , рибулёзомонофосфат
<i>Образующиеся продукты</i>	НАДФ* Н ₂ , АТФ	Глюкоза, аминокислоты и т.п.
<i>Источник энергии</i>	Световая энергия	Энергия АТФ

5. Значение фотосинтеза



1. Зелёные растения синтезируют *450 млрд. т органических веществ*; усваивают *150 млрд. т CO₂*; выделяют *120 млрд. т O₂*
2. Обеспечивают круговорот веществ в биосфере
3. Поддерживают постоянный газовый состав атмосферы.
4. Накопление кислорода в ходе эволюции привело к появлению аэробного дыхания.

■ Выделяется кислорода при фотосинтезе в 20-30 раз больше, чем поглощается при дыхании.

■ Без фотосинтеза запас кислорода был бы израсходован в течение 3 000 лет.

Используется 1% падающей энергии, продуктивность около 1 г на 1 м₂.

6. Растения неспособные к фотосинтезу

РОСЯНКА



Венерина мухоловка (*Dionaea muscipula*) - насекомоядное растение, способное питаться с помощью фотосинтеза, встречается в районах песчаных кустарниковых болот в прибрежной части Северной и Южной Каролины. Частые в этих местах пожары уничтожают конкурирующие с мухоловкой растения и приводят к дефициту азота в почве.



А венерина мухоловка, обладая уникальным приспособлением для ловли насекомых, получает дополнительный источник

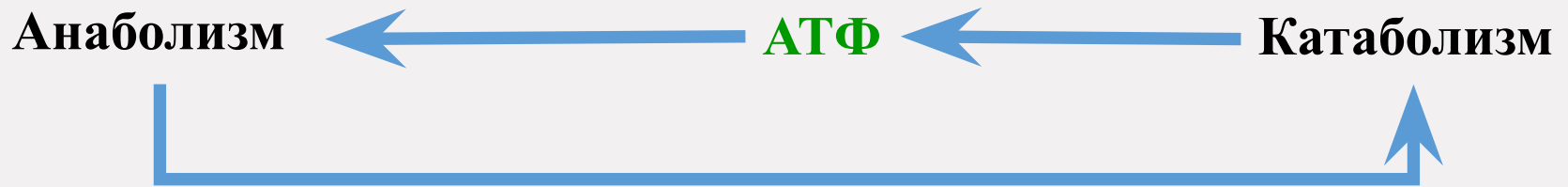
незаменимых питательных веществ (главным образом азота и фосфора), которых лишены растения, добывающие их из почвы.



HELLBENDER

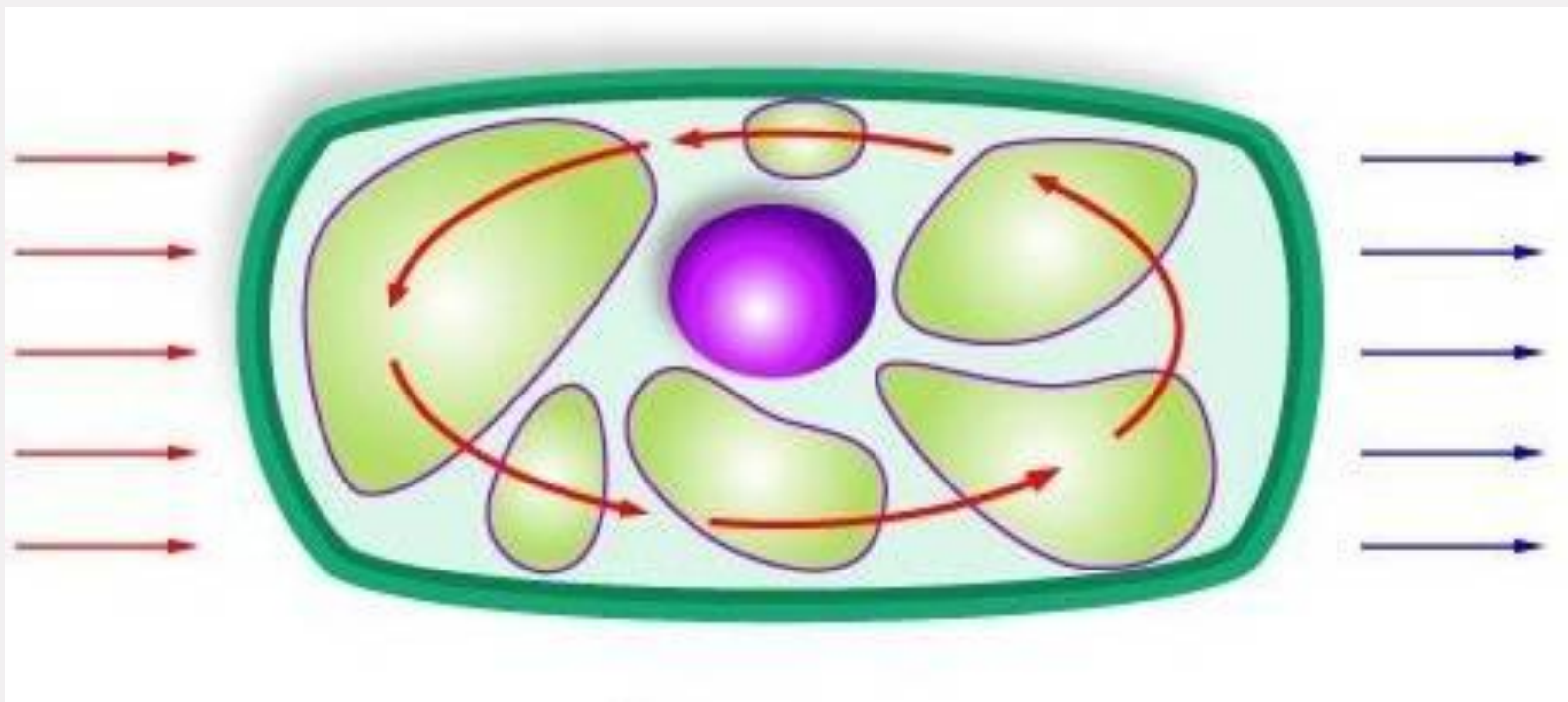
Взаимосвязь анаболизма и катаболизма

Метаболизм



6. Энергетический обмен

Энергетический обмен — совокупность реакций окисления органических веществ в клетке и синтеза богатых энергией молекул АТФ. Энергетический обмен – часть общего метаболизма клетки. Главную роль в нём играют митохондрии.



Этапы энергетического обмена

- **Подготовительный:**

расщепление громоздких молекул биополимеров до небольших молекул исходных мономеров, - происходит на организменном и клеточном уровне

- **Бескислородный (гликолиз):**

расщепление без участия кислорода молекулы глюкозы на две молекулы молочной кислоты

- **Кислородный (клеточное дыхание):**

расщепление в присутствии кислорода молекул молочной кислоты до углекислого газа и воды

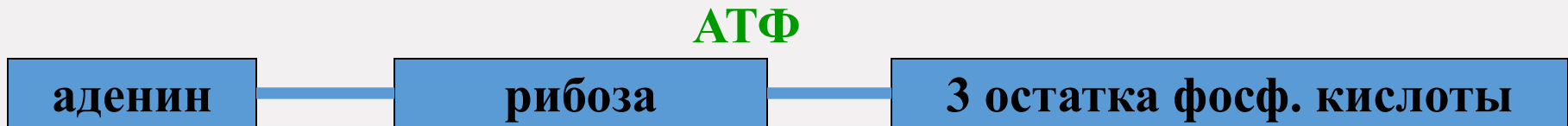
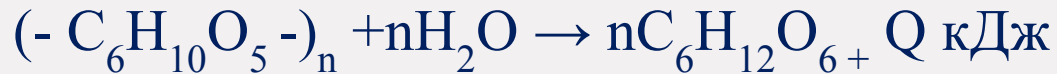
Первый этап. Подготовительный этап:

Белки → аминокислоты

Липиды → глицерин + жирные кислоты

Углеводы → глюкоза

Расщепление в лизосомах полисахаридов до моносахаридов, жиров до глицерина и жирных кислот, белков до аминокислот, нуклеиновых кислот до нуклеотидов. Рассеивание в виде тепла небольшого количества освобождаемой при этом энергии:



азотистое
основание

углевод



Стадии аэробного дыхания

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

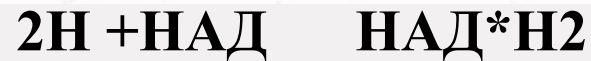
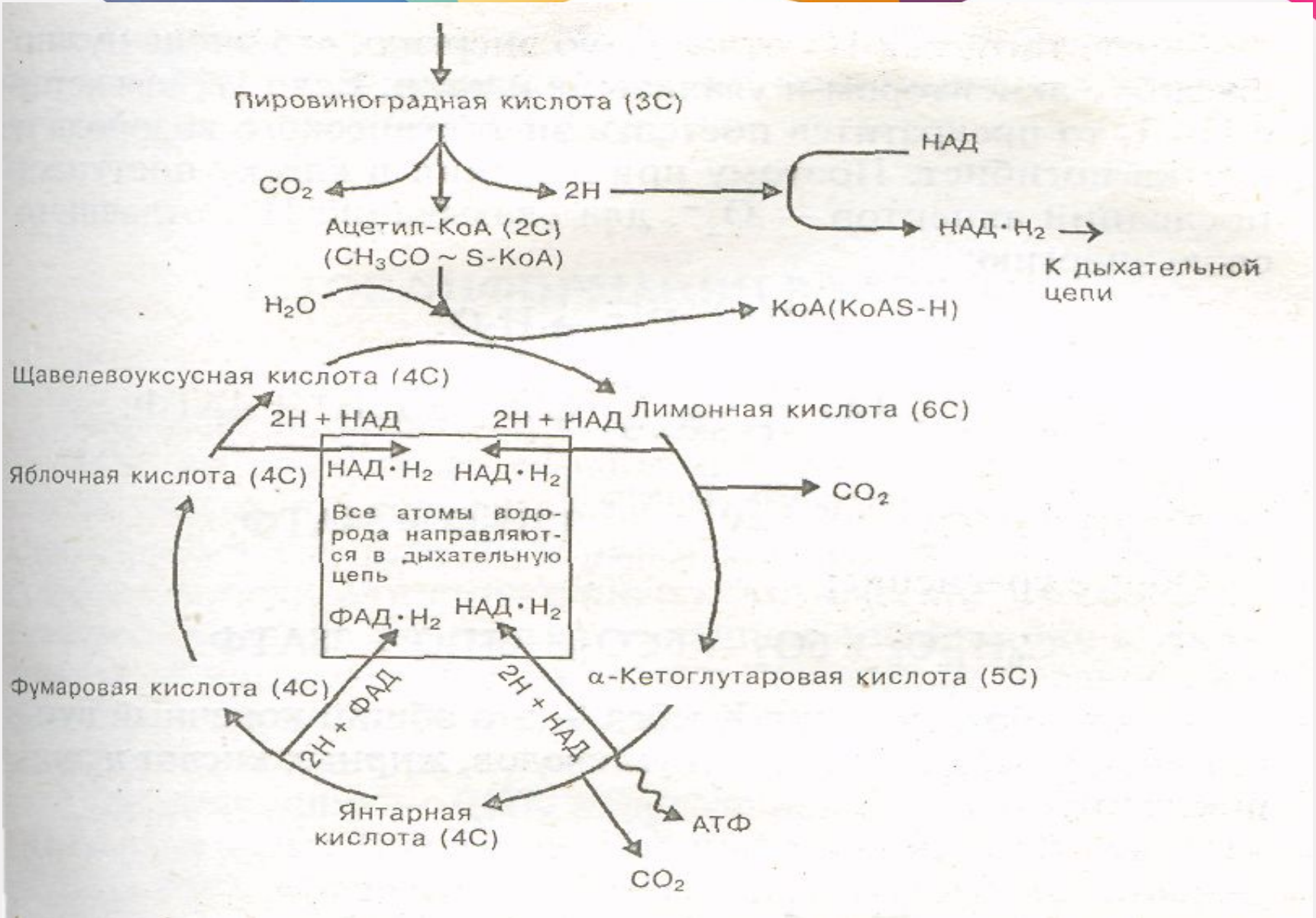
1. Окислительное декарбоксилирование



ПВК – пировиноградная кислота

КоА - кофермент

2. Цикл Кребса



Второй этап. Бескислородный этап (анаэробный)

- Гликолиз
- Неполное расщепление
- Анаэробное дыхание
- Брожение
- Окисление веществ без участия кислорода до более простых, синтез за счет освобождаемой энергии двух молекул АТФ. Осуществление процесса на внешних мембранах митохондрий при участии ферментов

Гликолиз



Молочная кислота

Энергия



60% выделяется в виде тепла

40% идет на синтез АТФ

Третий этап. Кислородный (аэробный)

- Гидролиз
- Аэробное дыхание

Окисление кислородом воздуха простых органических веществ до углекислого газа и воды, образование при этом 36 молекул АТФ.

Окисление веществ при участии ферментов, расположенных на кристах митохондрий:



Условия

- Участие ферментов
- Участие молекул-переносчиков
- Наличие кислорода
- Целостность митохондриальных мембран

Выделение энергии

2600 кДж - на 2 моля



```
graph TD; A[2600 кДж - на 2 моля C3H6O3] --> B[45% Рассеивается в виде тепла]; A --> C[55% Сберегается в виде АТФ];
```

45% Рассеивается
в виде тепла

55% Сберегается
в виде АТФ

Кислородное расщепление



Суммарное уравнение




Сравнительная таблица

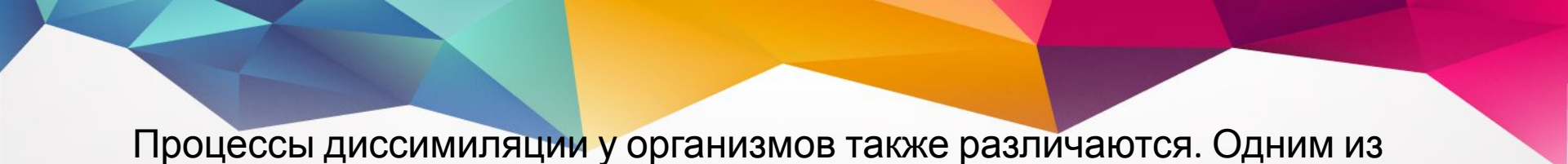
Признаки	Пластический обмен	Энергетический обмен
1.Значения в клетке	Для построения клетки	Выработка энергии
2.Энергия	Поглощение	Освобождается
3.Питательные вещества	Усваивание	Распадаются
4.Место в клетке	Рибосомы	Митохондрии



Типы обмена веществ.


- Факторы внешней среды имеют различное значение для разных организмов. Растениям для роста и развития необходимы свет, вода и углекислый газ, минеральные вещества. Животным и грибам такие условия недостаточны. Им необходимы питательные органические вещества. По способу питания, источнику получения органических веществ и энергии все организмы делятся на автотрофные и гетеротрофные.

- 
- **Автотрофные организмы** синтезируют органические вещества в процессе фотосинтеза из неорганических (углекислого газа, воды, минеральных солей), используя энергию солнечного света. К ним относятся все растительные организмы, фотосинтезирующие цианобактерии. К автотрофному питанию способны и хемосинтезирующие бактерии, использующие энергию, которая выделяется при окислении неорганических веществ: серы, железа, азота.
 - Процесс автотрофной ассимиляции осуществляется за счет энергии солнечного света или окисления неорганических веществ, а органические вещества синтезируются при этом из неорганических. В зависимости от поглощения неорганического вещества различают ассимиляцию углерода, ассимиляцию азота, ассимиляцию серы и других минеральных веществ. Автотрофная ассимиляция связана с процессами фотосинтеза и хемосинтеза и носит название **первичного синтеза органического вещества**.
 - **Гетеротрофные организмы** получают готовые органические вещества от автотрофов. Источником энергии для них является энергия, запасенная в органических веществах и выделяющаяся при химических реакциях распада и окисления этих веществ. К ним относятся животные, грибы, многие бактерии.
 - При гетеротрофной ассимиляции организм поглощает органические вещества в готовом виде и преобразует их в собственные органические вещества за счет энергии, содержащейся в поглощенных веществах. Гетеротрофная ассимиляция включает процессы потребления пищи, переваривания ее, усвоения и синтеза новых органических веществ. Этот процесс носит название **вторичного синтеза органических веществ**.




Процессы диссимиляции у организмов также различаются. Одним из них для жизнедеятельности необходим кислород – это **аэробные** организмы. Другим кислород не нужен, и процессы их жизнедеятельности могут протекать в бескислородной среде – это **анаэробные** организмы.

- 1. Большинство организмов являются аэробными. Это все растения, животные (за исключением некоторых паразитов), основная часть грибов и бактерий. Дыхание для них является главной формой диссимиляции. При дыхании богатые энергией органические вещества полностью окисляются до энергетически бедных веществ – углекислого газа и воды. В этих процессах используется молекулярный кислород, который образуется в процессе фотосинтеза, т. е. автотрофной ассимиляции. Этот процесс носит название **биологического окисления**.
- Различают внешнее дыхание и внутреннее. Газообмен между организмом и внешней средой, включающий в себя поглощение кислорода и выделение углекислого газа, а также транспорт этих веществ по организму к отдельным органам, тканям и клеткам, называется **внешним дыханием**. В этом процессе кислород не используется, а только транспортируется.
- **Внутреннее, или клеточное, дыхание** включает в себя биохимические процессы, которые приводят к усвоению кислорода, освобождению энергии и образованию воды и углекислого газа. Эти процессы протекают в цитоплазме и митохондриях эукариотных клеток или на специальных мембранах прокариотных клеток.
- Обобщенное уравнение процесса дыхания:
- $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$.

- 
- 2. Другой формой диссимиляции является **анаэробное**, или **бескислородное, окисление**. Процессы энергетического обмена в этом случае протекают по типу брожения. **Брожение** – это форма диссимиляции, при которой богатые энергией органические вещества расщепляются с освобождением энергии до менее богатых энергией, но тоже органических веществ.
 - В зависимости от конечных продуктов различают типы брожения: спиртовое, молочнокислое, уксуснокислое и т. д. Спиртовое брожение встречается у дрожжевых грибов, некоторых бактерий, а также протекает в некоторых растительных тканях. Молчнокислое брожение встречается у молочнокислых бактерий, а также протекает в мышечной ткани человека и животных при недостатке кислорода.
 - В эволюционном отношении брожение – более древний процесс. Но анаэробных организмов значительно меньше по сравнению с аэробными. К ним относятся многие микроорганизмы – бактерии и грибы, а также паразитические организмы, утратившие вторично способность к биологическому окислению в связи с образом жизни. Кислородный путь диссимиляции оказался более выгодным в энергетическом отношении.

Взаимосвязь реакций обмена веществ у автотрофных и гетеротрофных организмов. Через процессы обмена веществ автотрофные и гетеротрофные организмы в природе связаны между собой



A decorative border at the top of the slide consists of a series of overlapping, semi-transparent geometric shapes (polygons) in various colors including blue, teal, yellow, orange, and magenta. The shapes are arranged in a jagged, wave-like pattern.

**Благодарю за
внимание!**