

Тема 11. Клеточный метаболизм

1. Общая характеристика метаболизма
2. Анаболизм. Фотосинтез. Хемосинтез
3. Катаболизм. Клеточное дыхание

1. Общая характеристика метаболизма

Метаболизм или *обмен веществ* (греч. перемена, превращение) это превращение материи и энергии в клетке. Метаболизм представляет собой совокупность реакций протекающих в клетке обеспечивающих расщепление сложных соединений так и их синтез и взаимопревращение. Метаболизм обеспечивает рост, жизнедеятельность, воспроизведение, постоянный контакт организмов с окружающей средой.

Совокупность реакций метаболизма приводящие к биосинтезу сложных соединений из более простых называется *анаболизмом*. В растительных клетках органические вещества образуются из CO_2 и H_2O и солей (*автотрофы*). Животные поедая пищу получают органические соединения в готовом виде (*гетеротрофы*).

Ферментативные расщепления сложных соединений на более простые составляют совокупность процессов *катаболизма* (*гидролиз, окисление*). Энергия органических соединений при их окислении превращается в энергию АТФ (Аденозинтрифосфат), при этом выделяется CO_2 и H_2O .

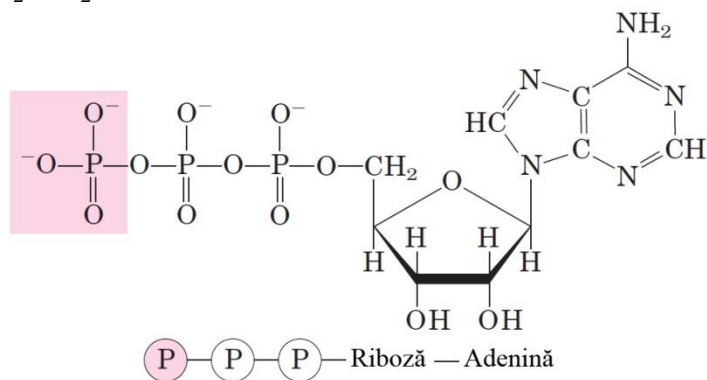
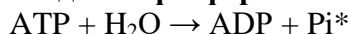


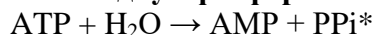
Рис. 1. Строение АТФ

Энергия запасаемая в АТФ может быть использована двумя способами:
гидролитическим расщеплением одного фосфорного остатка АТФ



* PO_4^{3-} , H_2PO_4^- или HPO_4^{2-} — анионы ортофосфорной кислоты, фосфат или ортофосфат неорганический, англ. *phosphate inorganic*

или гидролитическим расщеплением двух фосфорных остатков АТФ



* $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ — анион пиродифосфорной кислоты, пиродифосфат неорганический, англ. *pyrophosphate inorganic*

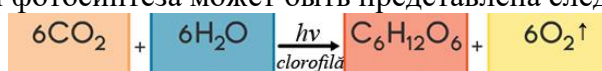
Горение органических веществ (дрова, нефть, газ) также сопровождается образованием CO_2 и H_2O , но почти вся энергия выделяется в виде теплоты.

2. Анаболизм. Фотосинтез. Хемосинтез

Автотрофные организмы (зеленые растения и цианобактерии) могут осуществлять первичный синтез органических соединений из CO_2 с использованием энергии солнечного света. Этот процесс называется фотосинтезом. Клетки зелёных растений и цианобактерий имеют специальные структуры и комплексы химических веществ, которые позволяют им

улавливать энергию света. У зеленых растений это *хлоропласты, хлорофилл и ферменты* необходимые для синтеза глюкозы.

Суммарная реакция фотосинтеза может быть представлена следующим образом:



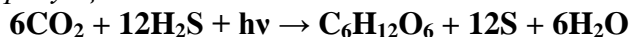
Таким образом, с химической точки зрения, фотосинтез представляет собой окислительно-восстановительный процесс, происходящий в хлоропластах, в котором вода окисляется, а углекислый газ восстанавливается.

Фотосинтез включает реакцию *световой фазы*, в которой происходит абсорбция света молекулами пигмента хлорофилла и превращение солнечной энергии в химическую с образованием АТФ и других молекул носителей энергии, а также выделение O_2 .

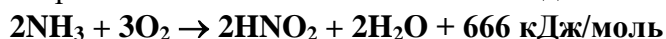
В реакциях *темновой фазы* происходит фиксация CO_2 первичным акцептором *рибулозо-1,5-дифосфатом (5-углеродный сахар)*, с участием ферментов хлоропластов и за счет энергии АТФ синтезируются органические вещества, в первую очередь углеводы. Важнейшим путем фиксации CO_2 и синтеза углеводов является *цикл Кальвина*.

Фототрофные (фотосинтезирующие) бактерии (зеленые и пурпурные) содержат специфический пигмент – *бактериохлорофилл*, способный использовать солнечную энергию. Под воздействием солнечной энергии H_2S разлагается и отдает один атом водорода для синтеза органических веществ (у растений донором водорода при фотосинтезе является вода).

Бактериальный фотосинтез протекает без образования атомного кислорода и поэтому называется *фоторедукцией*:



Некоторые автотрофные организмы могут осуществлять первичный синтез органических соединений из неорганических (H_2S , H_2 , NH_3 , Fe_2CO_3) за счет их окисления (только в аэробных условиях). Этот процесс называется *хемосинтезом*. Первые синтезированные вещества в этом процессе – углеводы и первый акцептор CO_2 – *рибулозо-1,5-дифосфат*, как и при фотосинтезе. *Хемотрофными* (хемосинтезирующими) являются *нитрифицирующие бактерии, железобактерии, серобактерии, водородные бактерии*. Нитрифицирующие бактерии *Nitrosomonas* окисляют NH_3 , который образуется при гниении белков, с образованием азотистой кислоты и воды:

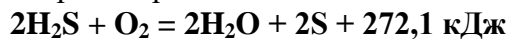


Нитрифицирующие бактерии *Nitrobacter* окисляют азотистую кислоту с образованием азотной кислоты:

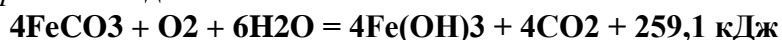


Процесс нитрификации приводит к образованию нитратов (NO_3^-), которые ассимилируются растениями.

Серобактерии окисляют сероводород:



Железобактерии – Fe^{2+} до Fe^{3+}



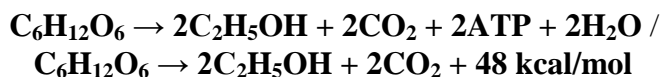
Водородные бактерии окисляют H_2 с образованием воды:



3. Катаболизм. Клеточное дыхание

Клеточное дыхание это главная форма катаболизма у живых организмов и представляет собой процесс распада сложных органических соединений до промежуточных соединений или неорганических соединений (CO_2 , H_2O). Клеточное дыхание может быть анаэробным и аэробным.

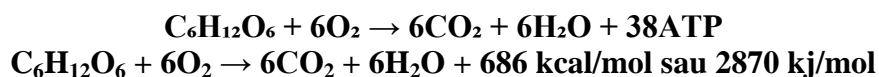
Анаэробное дыхание это процесс при котором распад органических соединений является неполным и осуществляется в отсутствии кислорода, с частичным выделением энергии. При анаэробном дыхании образуются промежуточные химические вещества и углекислый газ:



Анаэробное дыхание было выявлено у бактерий, грибов, в тканях высших растений, в мышечной ткани у животных. У некоторых бактерий и грибов анаэробное дыхание называется ферментацией (брожением). Суммарное уравнение кисломолочного брожения:



Аэробное дыхание это процесс при котором распад органических соединений богатых энергией (углеводы, белки, липиды) является полным и осуществляется в присутствии кислорода, с образованием неорганических веществ и выделением большого количества энергии:



Таб. 1. Сравнительная характеристика аэробного клеточного дыхания и фотосинтеза

Характеристика	Дыхание	Фотосинтез
Суммарное уравнение	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
Метаболизм	Реакции распада органических соединений	Реакции синтеза органических соединений из неорганических
Исходные продукты	Углеводы, белки, липиды	CO_2 и H_2O
Конечные продукты	CO_2 , H_2O и АТФ	Углеводы и O_2
Место протекания реакций	Цитоплазма и митохондрии	Хлоропласты