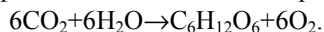


Биохимия. Занятие 8.

Тема: Углеводы.

Фотосинтез.

Фотосинтезом называют процесс синтеза органических соединений за счет энергии солнечного излучения. Суммарное уравнение фотосинтеза большинства растений имеет вид:



Однако общее уравнение фотосинтеза выглядит таким образом: $2\text{H}_2\text{D} + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{CH}_2\text{O}) + \text{H}_2\text{O} + 2\text{D}$, где H_2D - донор водорода, а D - окисленная форма этого донора. Роль H_2D могут играть вода (H_2O), сероводород (H_2S), лактат ($\text{CH}_3\text{-HC(OH)-COOH}$), изопропанол ($\text{CH}_3\text{-HC(OH)-CH}_3$) и некоторые другие органические соединения.

Воду в качестве донора водорода для восстановления двуокиси углерода используют зеленые клетки высших растений и цианобактерии. Зеленые серные бактерии используют H_2S . Другие фотосинтезирующие бактерии используют в качестве доноров водорода органические соединения.

Фотосинтез зеленых растений протекает в две стадии: световую и темновую. Реакции темновой стадии могут идти как в темноте, так и на свету. В ходе световых реакций, протекающих только на свету, образуется NADPH и трансмембранный градиент протонов, используемый затем для синтеза АТФ (с помощью АТФ-синтазы) и выделяется кислород. В темновых реакциях образовавшиеся на свету NADPH и АТФ используются для синтеза глюкозы из CO_2 и H_2O (последовательность этих реакций получила название цикла Кальвина-Бенсона).

Фотосинтез растений протекает в хлоропластах, внутри которых есть отделенные мембраной компартменты- тилакоиды (собранные в граны), на мембране которых и происходят световые реакции фотосинтеза. Тилакоиды окружены внутренней средой хлоропласта- стромой- в которой находится большинство ферментов, участвующих в темновых реакциях фотосинтеза.

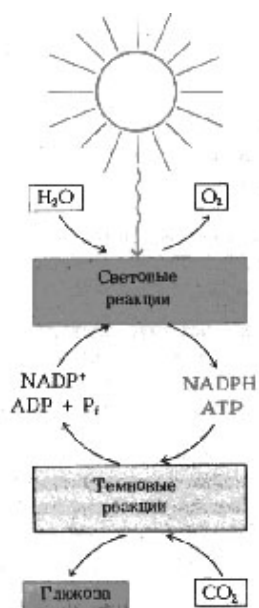


Рис. 23-5. В световых реакциях за счет солнечной энергии образуются высокоэнергетические соединения – NADPH и АТФ. Эти соединения используются в темновых реакциях для восстановления CO_2 , приводящего к образованию глюкозы.

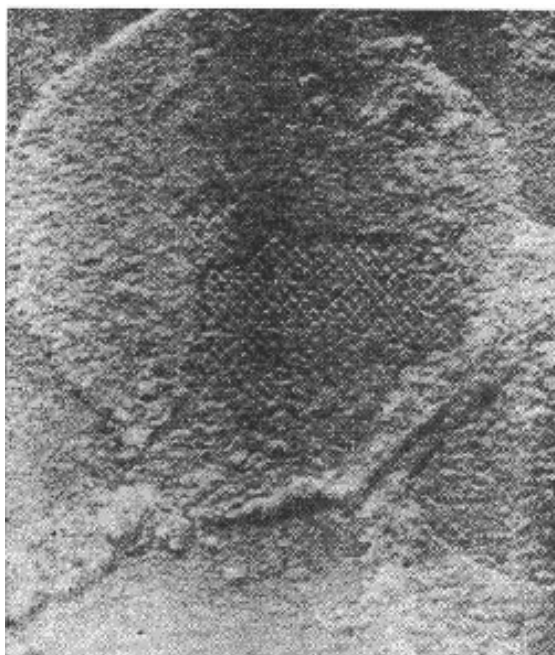


Рис. 74. Вид тилакоида под электронным микроскопом. (На части тилакоидной мембраны видна упаковка в нем квантосом)

Реакции световой стадии фотосинтеза представляют собой цепь переноса электронов, сопряженного с переносом протонов через мембрану. Электроны переносятся от молекул воды (окисляющихся до O_2) к молекулам NADP^+ , которые при этом восстанавливаются до NADPH. Однако для осуществления такого переноса необходима энергия, поскольку окислительно-восстановительный потенциал пары $\text{NADP}^+/\text{NADPH}$ (-0.32 В) меньше окислительно-восстановительного потенциала пары $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ (+0.82 В). Эта энергия приходит с квантами света, передающими свою энергию различным светопоглощающим пигментам (хлорофиллам, каротиноидам, фикобилинам).

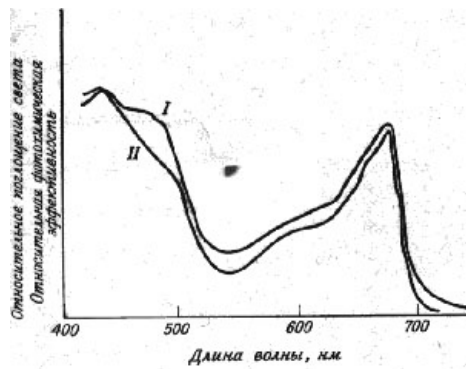


Рис 24. Спектры поглощения фотосистем I и II.

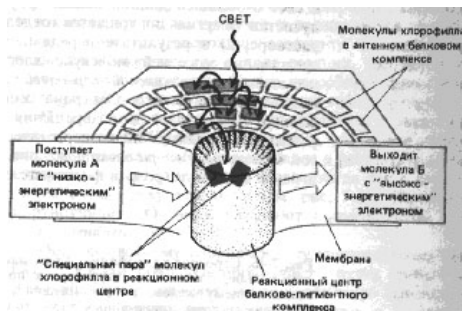


Рис 25. Структура антенного комплекса.

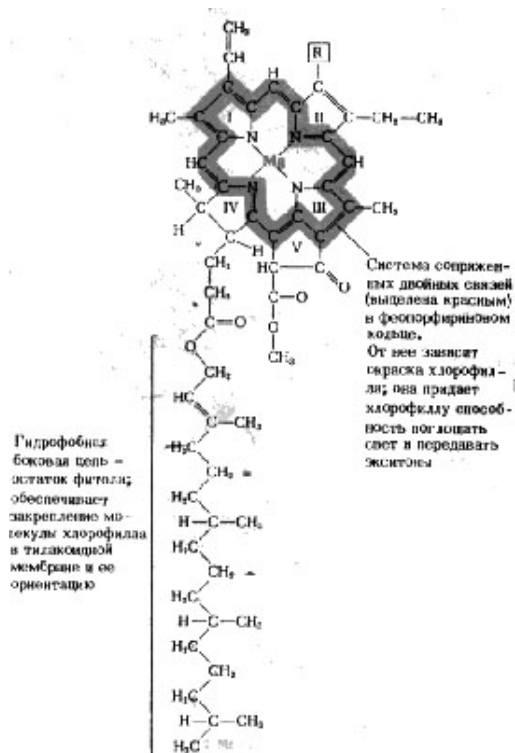


Рис 26. Строение молекулы хлорофилла.

На мембране тилакоида расположены два типа фотосистем, фотосистема I и фотосистема II. Каждая из фотосистем состоит из антенного комплекса и реакционного центра с системой переносчиков электронов. Энергия квантов света переводит электроны светопоглощающих пигментов антенного комплекса в возбужденное состояние. Эта энергия может передаваться в резонансной форме от одной молекулы пигмента к другой, пока не достигнет реакционного центра. Молекула хлорофилла реакционного центра способна отдавать высокоэнергетический электрон на молекулу следующего переносчика.

Две фотосистемы взаимосвязаны, поскольку фотосистема II, получающая электроны от воды, передает их фотосистеме I, которая, в свою очередь, передает их NADP^+ . При переносе электронов от фотосистемы I к фотосистеме II происходит одновременный транспорт протонов через мембрану (в комплексе цитохромов b_6-f).

Когда клетке не требуется NADPH, но нужен АТФ, фотосистема I может работать отдельно в циклическом режиме, осуществляя только перенос протонов без синтеза NADPH. Такой путь электронов называют циклическим фосфорилированием.

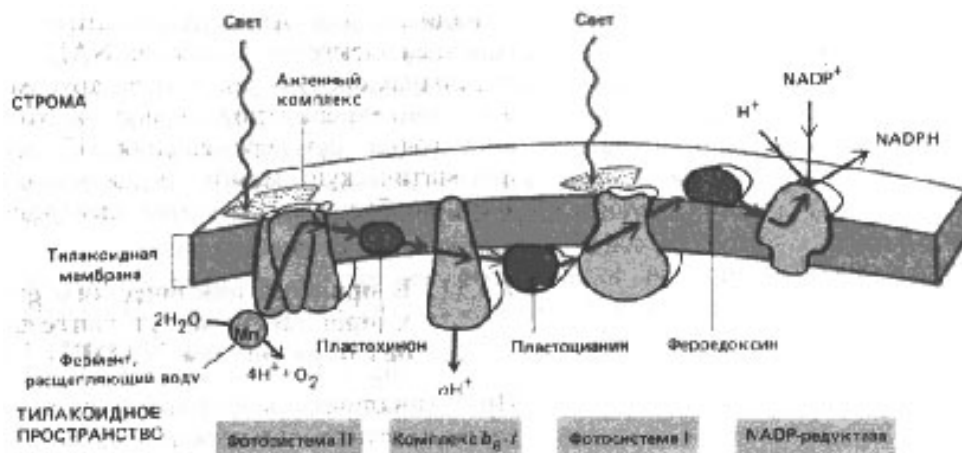


Рис 27. Схема электронтранспортной цепи мембраны тилакоида.

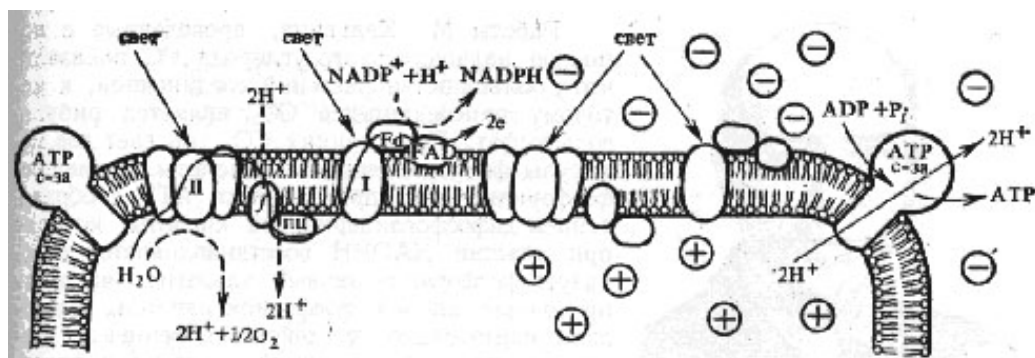


Рис. 77. Схема структуры мембраны тилакоида:
АТФ-за — АТФ-синтаза; I — фотосистема I; II — фотосистема II; ПХ — пластохинон; f — цитохром f; ПЦ — пластоцианин; Fd — ферредоксин; ⊕ — положительные заряды; ⊖ — отрицательные заряды

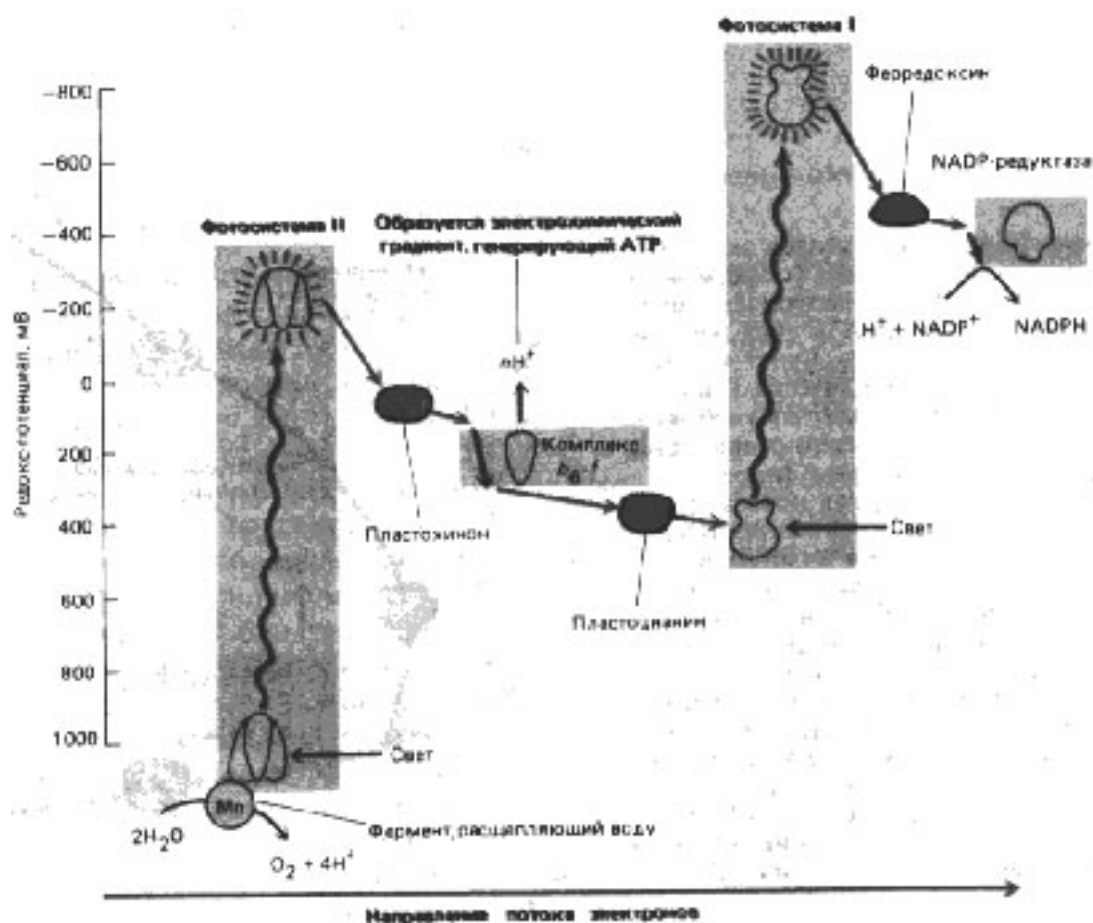


Рис 78. Окислительно-восстановительные потенциалы для элементов электронтранспортной цепи мембраны тилакоида.

Темновые процессы можно разбить на 3 этапа. Первый этап- включение CO_2 в углеродный скелет сахара (рибулозо-дифосфат-карбоксилаза). Эта реакция является специфической реакцией фотосинтеза. Второй этап- превращение глицеральдегид-3-фосфата (образующегося в ходе присоединения CO_2 и H_2O к рибулозо-дифосфату и последующего распада образовавшегося промежуточного соединения) в глюкозу по пути реакций, сходных с аналогичными реакциями при глюконеогенезе. И третий этап- регенерация затраченной молекулы рибулозо-дифосфата, в основном сходный с пентозофосфатным шунтом.

