

Неотразимый аргумент: Кто придумал фотосинтез

Елена Титова, кандидат биологических наук, Минск

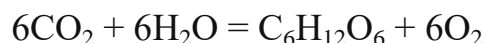
Все живые организмы нуждаются в питании, а по сути, в получении энергии и определенных ингредиентов, которые необходимы для многочисленных клеточных процессов, таких, например, как биосинтез веществ (то есть их ферментативное образование), транспорт различных соединений, деление клетки; а в специализированных клетках это может быть мышечное сокращение или проведение нервных импульсов. Поступающие в клетку органические вещества являются источником строительных блоков для создания различных клеточных структур и источником энергии, когда в результате их окисления (этот процесс называется клеточным дыханием), главным образом сахара глюкозы, высвобождается энергия, которая запасается в химических связях нуклеотида под названием АТФ (аденозинтрифосфат). Клеточные процессы, идущие с использованием энергии, способны воспринимать практически только эту ее форму, хотя в некоторых синтезах могут участвовать и другие нуклеотиды, несущие значительное количество энергии. В живой клетке АТФ – фактически универсальный источник и аккумулятор энергии, поставляющий ее в результате собственного распада в той части клетки, где возникают энергетические потребности.

Первоисточником энергии для живых существ является ее неисчерпаемый ресурс – Солнце. Однако организм не может напрямую использовать солнечное излучение (кванты света) для клеточных нужд, а только после того, как световая энергия будет поглощена зелеными растениями в ходе удивительнейшего процесса под названием фотосинтез (от греч. φῶς — свет и σύνθεσις — соединение, связывание) и будет преобразована в химическую энергию органических веществ. Окислительное расщепление этих веществ, еще раз подчеркнем, сопровождается синтезом энергетической валюты клетки – АТФ.

Таким образом, растения пищу создают себе сами, а животные и человек – используют готовую. Для травоядных животных – это растения, для плотоядных – другие животные. Человек употребляет растительную и мясо-молочную пищу.

Итак, фотосинтез – грандиозный, невероятно сложный, во многом загадочный процесс в живой природе, без которого жизнь на Земле была бы невозможной. ЮНЕСКО провозгласила 16 мая ежегодным Международным днем света, том числе в признание высочайшей значимости этого процесса как источника жизни на самом фундаментальном уровне.

Формально химическую формулу фотосинтеза представляют так:



Из исходных веществ – шести молекул углекислого газа (или по-другому диоксид углерода) CO_2 и шести молекул воды H_2O с участием солнечного света миниатюрная химическая лаборатория в зеленом листе, задействуя зеленый пигмент хлорофилл (от греч. χλωρός — зелёный и φύλλον — лист), производит продукты реакции – одну молекулу глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ и шесть молекул кислорода O_2 . Это крайне упрощенная формула. Углекислый газ и вода напрямую между собой не взаимодействуют. Механизм фотосинтеза невероятно сложен и включает множество фотохимических и биохимических реакций.



Рис. 1. Растения словно бы созданы, чтобы давать пищу и кислород человеку и животным

Уже при этом беглом взгляде на фотосинтез и пищевые цепочки мы видим, что растения словно бы созданы для того, чтобы создавать пищу и восполнять запасы кислорода для дыхания человека, животных, микроорганизмов. Учтем также, что растения поставляют человеку и животным необходимые им витамины, минералы, микроэлементы, вещества целительного свойства, а человеку растения приносят еще и эстетическое наслаждение богатством красок, форм, ароматов. Животные, в свою очередь, дают то, что необходимо растениям, участвуя, к примеру, в опылении цветков и распространении семян, причем часто поразительными и хитроумными способами, свидетельствующими о гениальных инженерных решениях в природе. Это никак не укладывается в эволюционную парадигму о постепенном развитии органического мира от простого уровня к сложному. Взаимозависимое существование растений и животных вовсе не выглядит результатом эволюционной борьбы за место под Солнцем и продуктом случайных событий. И более того, кажется, что все в живой природе подчинено одной цели – все ради человека и удовлетворения его потребностей.

Значение фотосинтеза, кроме как для питания и обеспечения кислородом живых существ, в планетарном масштабе состоит еще и вот в чем. С помощью фотосинтеза поддерживается газовый состав атмосферы (примерно 0,035% углекислого газа и 20,95% кислорода): не создается выраженный парниковый эффект (растения поглощают излишки CO_2 , выдыхаемого и поступающего в атмосферу в результате работы фабрик и заводов); сохраняется уровень кислорода (растения выделяют O_2 взамен поглощенного живыми организмами); поддерживается озоновый слой атмосферы для защиты от жесткого ультрафиолетового излучения. Фотосинтез, по сути, обеспечил нас энергоносителями: преобразованная солнечная энергия хранится в полезных ископаемых – залежах каменного угля, нефти, газа.

Из общего количества солнечного излучения, направленного на Землю, около половины достигает ее поверхности, при этом около половины может участвовать в фотосинтезе. Однако растения используют только 0,5% этой энергии. Вероятно, большая часть фотосинтетической активности приходится на фотосинтезирующие организмы, живущие в морях и океанах, и меньшая часть – на наземные растения. О масштабе этой активности можно судить по таким данным: годовая фиксация углерода на Земле составляет $\approx 75 \cdot 10^{12}$ кг, продукция кислорода – $\approx 95 \cdot 10^{12}$ кг.

К фотосинтезу способны все высшие растения, а также водоросли: многоклеточные (такие как зеленые, бурые, красные) и одноклеточные (к примеру, эвгленовые, диатомовые). У некоторых бактерий также есть фотосинтетический аппарат. Это цианобактерии (по-другому их называют сине-зелеными водорослями), они выделяют кислород. А вот зеленые и пурпурные бактерии выделяют не кислород, а чистую серу, поскольку в фотосинтезе разлагают не воду, а сероводород H_2S .

Интересно, что у многих растений есть защитные приспособления к избытку или недостатку солнечного света. Например, поверхность листа имеет особенности, способствующие отражению лучей: блестящая, будто лакированная, как у магнолии; покрытая светлым восковым налетом, как у агавы; имеющая густое опушение, как у эдельвейсов; ребристая поверхность, создающая тень, как у кактусов. Иногда в клетках покровной ткани листа обнаруживаются кристаллические включения, играющие роль экрана для световых лучей. Приспособления у растений к недостатку света – это широкие и тонкие листовые пластинки темно-зеленого цвета (для увеличения площади поглощения света), листовая мозаика (когда листья не перекрывают друг друга), как у клена. Разве это не свидетельствует в пользу замысла и проектирования таких великолепных инженерных решений?



Рис. 2. Приспособления листьев растений к солнечному свету: восковой налет, опушение, ребристая поверхность, гляцевая поверхность, листовая мозаика

Прежде чем перейти к знакомству со структурой фотосинтетического аппарата, механизмом и стадиями фотосинтеза, остановимся вкратце на том, каким долгим путем шло человечество к постижению этого изумительного процесса. Многие поколения ученых бились над разгадкой фотосинтеза.

Все началось с эксперимента в 1600 г. голландского ученого Яна ван Гельмонта (1580-1644), показавшего, что за 5 лет масса саженца ивы увеличилась на 74 кг, а масса почвы – всего на 60 г, из чего в те времена сложилось ошибочное представление о том, что источником строительного материала для роста и развития растений является вода. С этим, однако, не согласился великий М.В. Ломоносов. Спустя более чем полтора столетия британский ученый-священник Джозеф Пристли (1733-1804) обнаружил факт «исправления» воздуха растениями в закрытой банке (с предварительным удалением кислорода зажженной свечой): мыши, помещенные в такую банку вместе с растениями, не погибали от удушья. И далее отметим поэтапно:

- показано, что выделяют кислород только зеленые части растений и только на свету (Ян Ингенгауз, 1779 г.), а поглощаемый зелеными растениями углекислый газ является для них источником питания (Жан Сенебье, 1782 г.);

- открыт зеленый пигмент растений хлорофилл (Жозеф Каванту и Пьер Пельтье, 1818 г.), установлена роль в фотосинтезе хлорофилла и отдельных участков светового спектра (К.А. Тимирязев, 1871 г.);

- установлено участие воды в производстве органической массы (Жан Буссенго, 1840 г.); доказано преобразование растениями солнечной энергии в химическую (Юлиус Майер, 1842 г.) и продемонстрировано образование крахмала при фотосинтезе (Юлиус Сакс, 1864 г.);

- доказано существование быстрой световой (то есть зависящей от света) и медленной темновой стадий фотосинтеза (Фредерик Блэкман, 1905 г.), расшифровано строение хлорофилла (Рихард Вильштеттер, 1913 г., Нобелевская премия в 1915 г.);

- установлено происхождение кислорода из воды при фотосинтезе (Корнелиус ван Ниль, 1931 г.), открыты две системы фотосинтеза (Роберт Эмерсон, 1932 г.) и доказано протекание в них окислительно-восстановительных реакций (Роберт Хилл, 1937 г.);

- открыт биохимический путь превращения углерода при фотосинтезе (Мэлвин Кальвин, 1956 г., Нобелевская премия в 1961 г.);

- установлены образование АТФ и механизм световых стадий при фотосинтезе (Даниель Арнон, 1957 г.), определены молекулярная организация и механизм действия фермента, синтезирующего АТФ (Пол Бойер, Нобелевская премия в 1997 г.);

- синтезирована молекула хлорофилла (Роберт Вудворд, 1960 г., Нобелевская премия в 1965 г.).

Почти 250-летнее изучение фотосинтеза позволило создать в настоящее время достаточно стройные представления об этом процессе – уникальном и исключительно важном для жизни на Земле.

Основной фотосинтезирующий орган у растений – лист, хотя фотосинтез идет во всех зеленых частях растения. Строение листа прекрасно приспособлено для всех нужд, связанных с фотосинтезом: углекислый газ поступает из атмосферы (а кислород выводится в атмосферу) в основном через специализированные поры на обеих сторонах листовой пластинки (или только на нижней или верхней стороне). Поры называются устьицами, могут открываться и закрываться и служат как для газо-, так и парообмена. Разветвленная система жилок листа обеспечивает поступление в клетки воды и минеральных веществ из почвы и отвод синтезированных органических веществ из листа к другим органам растений.

Сам процесс фотосинтеза протекает в специализированных органоидах – хлоропластах (от греч. *χλωρός* — зелёный и *πλαστός* — вылепленный). Их число на клетку сильно варьируется (от одного-двух до сотни и больше) и зависит от множества факторов: вида растения, его возраста, условий, в которых оно находится. Хлоропласт окружен двойной мембраной. Это довольно крупный органоид; в среднем 5 микрон (микрон – одна миллионная часть метра). Он подвижен и может устремляться в сторону источника света.

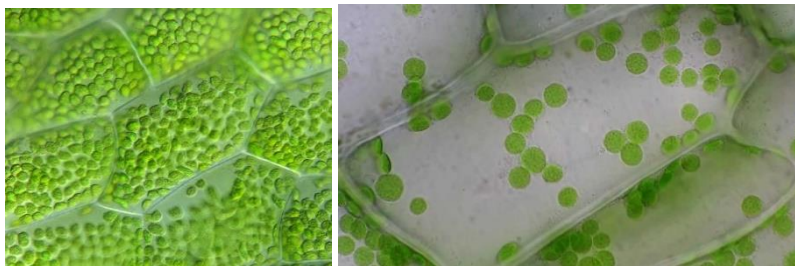


Рис. 3. Хлоропласты в клетке под световым микроскопом

Внутри хлоропласта, в его полужидком содержимом, которое называется стромой (от греч. στρώμα — подстилка), находится сложно устроенная система мембран. Она состоит из множества уплощенных мешочков под названием тилакоиды (от греч. τάριτος — мешочек), которые по 10-20 уложены в стопки (граны) наподобие стопок монет. Отдельные тилакоиды вытянуты в пластинки и пронизывают хлоропласт, соединяя граны между собой. У высших растений такая разветвленная система мембран совершенно необходима для эффективного фотосинтеза. А вот у фотосинтезирующих бактерий фотосинтетические мембраны не организованы в хлоропласты, а просто разбросаны в клеточном содержимом.

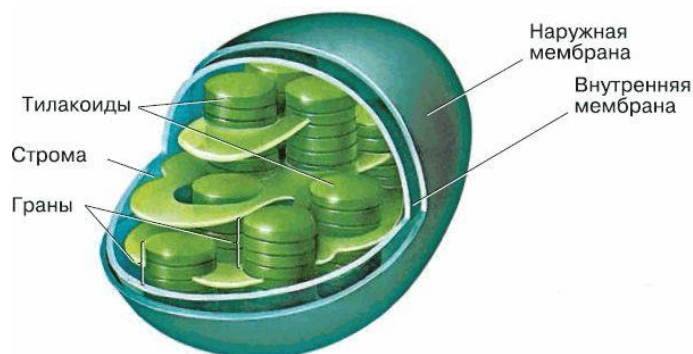


Рис. 4. Строение хлоропласта

У хлоропластов есть интересная особенность: они содержат ДНК и белоксинтезирующий аппарат (рибосомы) и действительно могут синтезировать собственные белки, а также способны автономно воспроизводиться.

Прежде чем понять работу фотосинтетического аппарата, познакомимся прежде с пигментами фотосинтеза, которые у высших растений подразделяются на хлорофиллы (Хл) и каротиноиды (от лат. carota — морковь). Они служат для поглощения световой энергии. Электромагнитное излучение Солнца несет энергию отдельными порциями — квантами. Свет — это область электромагнитного спектра, видимая для человеческого глаза. Световые кванты называются фотонами (от греч. φῶς — свет). Их энергия зависит от длины волны излучения: чем больше длина волны, тем меньше количество энергии на квант. Видимый спектр охватывает область от 380 нм до 740 нм и включает 7 радужных цветов от фиолетового до красного, что отражено ниже в таблице (нм — нанометр, одна миллиардная часть метра):

Цвет	Диапазон длин волн, нм
Фиолетовый	380—440
Синий	440—485
Голубой	485—500
Зелёный	500—565
Жёлтый	565—590
Оранжевый	590—625
Красный	625—740

Область ультрафиолетового излучения (250-380 нм), мощного энергетически, рвет химические связи в белках и нуклеиновых кислотах. Его поглощение в озоновом слое атмосферы уберегает живые существа от смертоносного воздействия. Область спектра от 740 нм до 1 мм называют инфракрасным или тепловым.

Хлорофилл поглощает в основном красный и сине-фиолетовый свет. Зеленый свет им отражается, что придает растениям зеленую окраску.

В состав молекулы хлорофилла входит плоская «голова» из четырех кольцевых структур с атомом магния в центре, а также длинный «хвост». «Хвост» гидрофобный, то есть отталкивает воду; «голова» же, наоборот, гидрофильная (смачивается водой). Именно «голова» поглощает свет (в этом процессе участвует магний), а «хвост» служит якорем для закрепления молекулы хлорофилла в гидрофобной части мембраны.

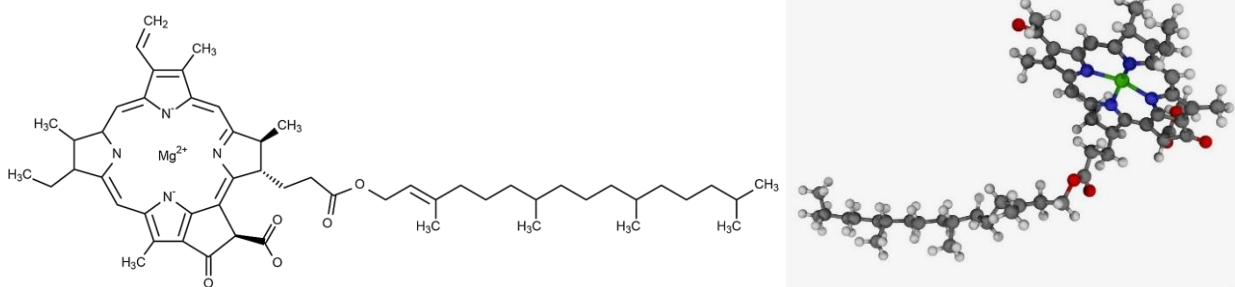


Рис. 5. Строение и модель пространственной структуры хлорофилла

Известно более 10 химически различных форм хлорофилла: они различаются боковыми группами у «головы». У высших растений две формы хлорофилла – Хл *a* и Хл *b* (последнего в три раза меньше). Все формы хлорофилла избирательно поглощают в своей области спектра. Кроме того, что очень важно, в живой клетке молекулы химически одной и той же формы хлорофилла в комплексе с белками, липидами и друг с другом образуют целую серию спектрально различных форм с максимумами поглощения в разных областях спектра. Для хлорофилла *a*, например, известны 10 таких форм. Этим увеличивается диапазон поглощаемого света, создается мощная светособирающая система. Хлорофиллы поглощают фотоны в области 400-480 нм (сине-фиолетовый свет) и 560-700 нм (желто-красный). Так называемый «зеленый провал» (в этой области хлорофиллы почти не поглощают) у высших растений частично закрывается каротиноидами, а у сине-зеленых и красных водорослей зеленую область поглощения захватывают дополнительные пигменты – фикобилины.

У некоторых водорослей есть еще вспомогательные хлорофиллы: *c* и *d*, а у бактерий присутствуют бактериохлорофиллы (*a*, *b*, *c* и *d*). Недавно был открыт хлорофилл *f* с пиком поглощения в области, близкой к инфракрасной; однако его роль не ясна.

Каротиноиды (каротины и ксантофиллы) – это большая группа желтых, оранжевых и красных пигментов, поглощающих коротковолновые фотоны в синей и зелено-голубой области (400-550 нм). Каротиноиды есть у всех фотосинтезирующих организмов. Они играют важную роль: антенную – как дополнительные сборщики солнечной энергии, защитную – как тушители активных форм кислорода и свободных радикалов. А в условиях высоких интенсивностей света берут на себя сброс излишек энергии.

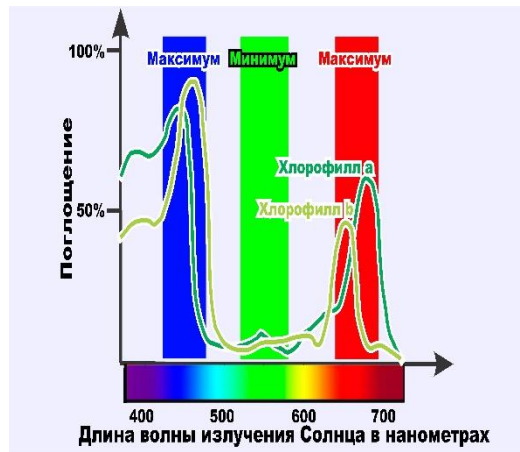


Рис. 5. Максимумы поглощения хлорофилла а (при 429 нм и 660 нм) и хлорофилла в (при 453 нм и 642 нм) в растворе

Для четкости представлений в дальнейшем фотосинтетический аппарат будем рассматривать на примере высших растений. Он включает две фотосистемы: так называемые фотосистему 1 (ФС1) и фотосистему 2 (ФС2). Обе состоят из пигмент-ловушек, иначе называемых реакционными центрами, и пигмент-сборщиков, которые передают поглощенную энергию квантов на конечный пункт – пигмент-ловушку. Только эти ловушки участвуют в трансформировании световой энергии в химическую.

В ФС1 реакционным центром является особая форма хлорофилла а с максимумом поглощения в области 700 нм (обозначается Пигмент 700 или P₇₀₀), причем работает димер, то есть связка двух таких молекул. В ФС2 реакционный центр представлен димером хлорофилла а с пиком поглощения в области 680 нм (P₆₈₀). На долю ловушек приходится около 1 % от всех фотосинтетических пигментов. Остальные 99 % – это светособирающие (антенные) пигменты. Все пигменты связаны с определенными белками в тилакоидной мембране.

Каждый реакционный центр обслуживается примерно 200-300 молекулами-сборщиками, которые входят в составы центрального (ближе к реакционному центру) и периферического светособирающих комплексов (ССК). Дополнительные пигменты Хл в и каротиноиды сосредоточены в периферическом ССК. Передача энергии происходит так: квант света поглощается молекулой пигмента и переводит ее в возбужденное состояние. Это означает, что один из электронов, получивший дополнительную энергию, поднимается, как говорят, на более высокий энергетический уровень. Такое состояние очень нестабильно, оно длится одну триллионную долю секунды (10⁻¹² с). Его можно сравнить с подброшенным вверх предметом, который при этом получает дополнительную (потенциальную) энергию, а при падении теряет ее. Так и электрон: он возвращается на свое обычное место, потеряв энергию в виде излучения, при этом излучается фотон меньшей энергетической ценности, поскольку часть энергии теряется в виде тепла. Этот фотон поглощается другим сборщиком и так далее от каротиноидов к хлорофиллу, от одной молекулы хлорофилла к другой, например, в таком ряду:



Заметим, что передача энергии происходит от пигментов, поглощающих свет меньшей длины волны, к пигментам, поглощающим свет большей длины волны. Поэтому последовательно передаваемые кванты становятся более мелкими, несущими меньшую энергию, а пигменты-ловушки поглощают энергию самых длинноволновых квантов.

Перенос энергии в обратном направлении невозможен, как невозможна самопроизвольная передача тепла от холодного тела к горячему.

Для эффективной передачи фотонов от молекулы к молекуле пигменты должны располагаться на очень малых расстояниях друг от друга, не более 3 нм, в определенном порядке, быть определенным образом пространственно ориентированными, что достигается их фиксацией в тилакоидной мембране на своем белковом носителе (для хлорофиллов в их агрегировании участвуют также атомы магния).

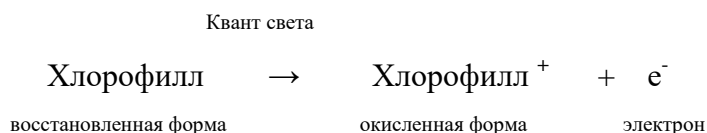


Рис. 6. Схема строения фотосистемы

Вооружившись этими знаниями, можно теперь переходить к знакомству с самим процессом фотосинтеза, с его двумя, как уже упоминалось, стадиями – световой и темновой.

Подчеркнем, в чем суть и смысл фотосинтеза – восстановить сильно окисленное соединение диоксид углерода CO_2 до сахара с помощью энергии световых квантов и электронов от воды H_2O .

Квант света от сборщиков или значительно реже напрямую поглощается реакционным центром (P_{700} или P_{680}) и переводит его молекулу в возбужденное состояние. Один из электронов, получивший дополнительную энергию, перескакивает на более высокий энергетический уровень и уходит на другую молекулу, которая называется акцептором электрона. Происходит разделение зарядов: поскольку электрон отрицательно заряжен, то после его ухода из реакционного центра в хлорофилле образуется положительно заряженная «дырка»:



Процесс отдачи электрона называется окислением, процесс получения его – восстановлением. Другими словами, хлорофилл отдает электрон и окисляется, в этом случае молекула хлорофилла называется донором; а другая молекула, которая получила электрон, является акцептором и восстанавливается. Далее этот акцептор, в свою очередь, становится донором, окисляется, отдав электрон следующему акцептору, который восстанавливается и так далее. Весь процесс называется окислительно-

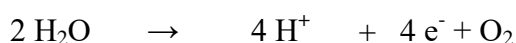
восстановительным. Электрон от хлорофилла перескакивает с переносчика на переносчик, теряя энергию. Переносчики расположены в мембране тилакоидов или на поверхности мембраны в строго определенном порядке в соответствии со способностью принимать и отдавать электроны.

Обе фотосистемы работают вместе и согласованно. Однако следует отметить, что ФС1 и ФС2 пространственно разделены в хлоропласте: ФС2 локализована в основном в районе гран, а ФС1 – в основном в одиночных тилакоидах, соединяющих граны. Это необходимо для эффективной работы фотосистем и цепи переносчиков.

Итак, какие же события происходят в световой фазе фотосинтеза?

В ФС2 квант света выбивает электрон из хлорофилла *a* реакционного центра P_{680} . Возникает окисленный P_{680}^+ . Это мощнейший в биологическом мире окислитель, настолько мощный, что может отнять электроны у молекулы воды. В этом процессе (он называется фотоокислением воды) участвует специализированная белковая структура – водоокисляющий комплекс с четырьмя атомами марганца в составе: от двух молекул воды отнимаются 4 электрона, которые по очереди закрывают «дырки» в P_{680}^+ и далее уходят в цепь переносчиков при попадании в реакционный центр очередного фотона. Оставшиеся от воды два атома кислорода соединяются, образуя молекулу кислорода O_2 , а 4 протона ($4 H^+$) пополняют их запас внутри тилакоида:

Квант света



В цепи переносчиков от ФС2 к ФС1 участвуют три пула разных переносчиков, поставляя электроны в ФС1 и закрывая там «дырку» в окисленном реакционном центре P_{700}^+ . Некоторые переносчики одновременно с электронами переносят в полость тилакоида протоны. Это очень важный момент. Дело в том, что для синтеза АТФ используется накопленный внутри тилакоида запас протонов, который возникает также за счет фотоокисления воды. Создается так называемый протонный градиент, богатый энергией. Поскольку любая система стремится к равновесию, запертые во внутритилакоидном пространстве протоны стремятся вырваться из тилакоида наружу. И вот тут в действие вступает фермент АТФ-синтаза, которая использует энергию протонного градиента для синтеза АТФ. Фермент имеет вращающуюся часть и локализован в мембране. Протоны проходят через специальный канал АТФ-синтазы и раскручивают ее вращающуюся часть. Именно эта механическая энергия вращения используется ферментом для перевода ее в химическую энергию, при этом активируется каталитический участок фермента и к веществу под названием АДФ (аденозиндифосфат) присоединяется остаток фосфорной кислоты. Образуется АТФ с богатой энергией химической связью. Для наглядности можно привести пример с гидроэлектростанцией: падающая вода крутит турбину, и эта механическая энергия вращения преобразуется в электрическую энергию.

На примере устройства электрон-транспортной цепи и АТФ-синтазы ярко прослеживается принцип несократимой сложности, выдвинутый в конце 20 века американским биохимиком Майклом Бихи в описании ряда молекулярных механизмов. Чтобы какая-то биологическая система работала должным образом, необходимо наличие всех входящих в нее компонентов и безупречная согласованность в их работе. А значит, молекулярная машина фотосинтетического аппарата не могла создаваться шаг за шагом и по частям. В незавершенном виде она бы просто не функционировала.

При поглощении фотона молекулой реакционного центра ФС1 (P_{700}) выбитый электрон попадает на свои переносчики – это пулы железосерных белков и железосодержащих белков. Пройдя по ним, электроны восстанавливают особое вещество с очень длинным названием, поэтому приведем только его сокращенный вариант НАДФ. Для этого восстановления требуются еще два протона, они берутся из воды. В итоге получается НАДФН₂ – восстановитель, необходимый для темновой стадии фотосинтеза.

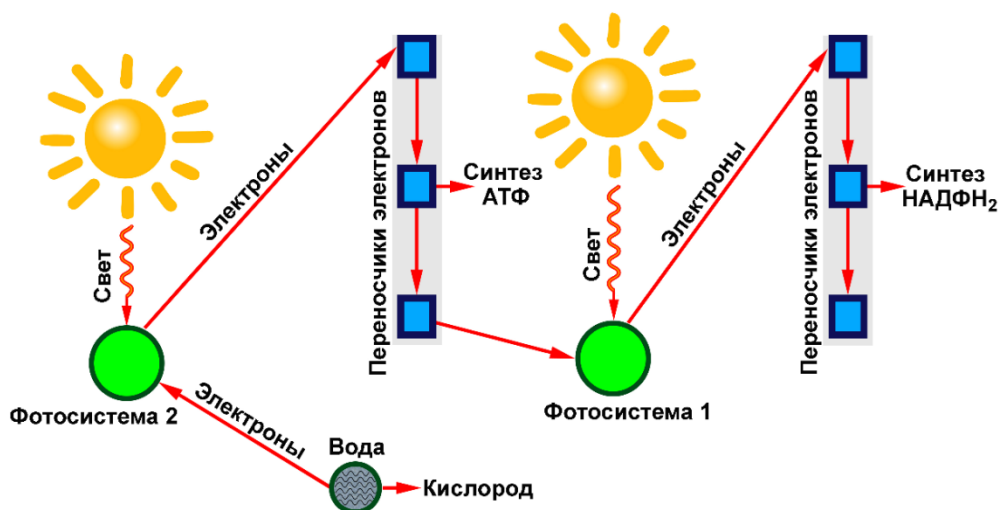


Рис. 7. Световая стадия фотосинтеза

Итак, продукты световой фазы фотосинтеза – это источник энергии АТФ и источник водорода НАДФН₂. Они используются для восстановления углекислого газа СО₂ до сахара в каскаде ферментативных биохимических превращений, протекающих в строме хлоропластов на темновой стадии фотосинтеза. Конечно, процесс не идет так, что шесть молекул углекислого газа объединяются с водородом. На самом деле молекулы СО₂ присоединяются по одной к уже готовому пятиуглеродному (5С-) сахару. Образующийся шестиуглеродный (6С-) продукт нестабилен и мгновенно распадается на две молекулы трехуглеродной кислоты (фосфоглицериновой). Это, по сути, первый продукт фотосинтеза. Энергия АТФ и водород НАДФН₂ используются для восстановления данной кислоты, в результате чего получается трехуглеродный сахар (3С-) с большим запасом химической энергии. Большая часть 3С-сахара идет на регенерацию исходного 5С-сахара, который вновь связывает молекулы углекислого газа. Меньшая часть 3С-сахара идет далее на образование глюкозы, фруктозы, сахарозы, крахмала, жиров, аминокислот и других продуктов. На фиксацию трех молекул СО₂ и синтез одной молекулы 3С-сахара требуется 6 молекул НАДФН₂ и 9 молекул АТФ.

Это основной путь фиксации (восстановления) СО₂ в растительном мире. У ряда тропических растений углекислый газ присоединяется сначала, например, к 3С-кислоте, а первичным продуктом фотосинтеза является четырехуглеродная (4С-) кислота (щавелевоуксусная).

Как мы убедились, фотосинтез – гениальное инженерное решение, невероятно сложный и потрясающе красивый механизм по обеспечению жизни на Земле, удовлетворению потребностей всего живого в кислороде, питании и энергии. Для

реализации этого изумительного механизма требуется всего лишь: неиссякаемый источник световой энергии Солнце и простые неорганические вещества – углекислый газ и вода, имеющиеся в изобилии на Земле.

Можно добавить, что для малой группы организмов (некоторых видов бактерий) синтез органических веществ из CO_2 и H_2O осуществляется не с использованием энергии света, а за счет энергии окисления неорганических веществ. Это так называемый хемосинтез. Например, серобактерии окисляют сероводород до серы или серной кислоты, нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак до азотной кислоты, железобактерии окисляют соли железа и марганца. Хемосинтезирующие бактерии способствуют накоплению в почве минеральных веществ, улучшают ее плодородие. Если учесть, что зеленые растения получают минералы через корневую систему, логично рассматривать хемосинтез как чудесный инженерный проект в природе, своего рода «приложение» к удивительному феномену взаимозависимого существования всех живых существ.

Еще раз отметим: проект фотосинтеза настолько великолепен, настолько химически совершенен (при том, что эффективность превращения энергии поглощенных фотонов в энергию разделенных зарядов составляет 100%), что ученые в своих лабораториях не могут ни позаимствовать напрямую природные системы фотосинтеза в технологических устройствах преобразования энергии Солнца, ни создать искусственный фотосинтез, взяв в качестве прообраза отдельные реакции.

Хотя ученые бьются над этими задачами, пытаясь, например, расщепить воду на кислород и водород, но для этого требуется приложить большое количество энергии, найти эффективный катализатор. Ведутся поиски подходящих катализаторов, чтобы с их помощью осуществить реакцию восстановления CO_2 . Понятно, что ни эти разработки, ни уже существующие кремниевые солнечные панели для перевода солнечной энергии в электрическую не могут претендовать на заимствование механизма фотосинтеза. Как и попытки создать так называемый «искусственный лист» – гибрид полупроводников (для генерирования электрического тока с использованием светового излучения) и бактерий (для восстановления с помощью электронов CO_2 до метана, этанола и др.).

Непредвзято мыслящий человек, несомненно, увидит, что непревзойденный проект под названием фотосинтез не мог возникнуть случайно без цели и плана, путем эволюции некой неспособной к фотосинтезу протоклетки до растительных и животных организмов. Никакая протоклетка не может существовать без поступления органических (питательных) веществ, необходимых как для образования в ходе их окисления АТФ (универсального носителя энергии в биологических системах), так и для образования строительных, ферментативных, транспортных и других структур в клетке. Но питательная органика (и АТФ для ее получения) не могут образоваться вне фотосинтеза. Можно ли представить эволюцию фотосинтеза без поступления энергии и вещества? Некоторые сторонники эволюционной гипотезы полагают, что фотосинтез развился из хемосинтеза, который когда-то поставлял клеткам энергию и органику, преобразуя энергию окисления неорганических веществ. Никаких доказательств этому нет. Вопрос все равно остается – как эволюционировал хемосинтез, весь его ферментативный аппарат для образования АТФ и НАДФН₂ без энергии и вещества и как при этом появлялась движущая сила эволюции – «полезные» мутации? Безграничные знания и необъятный разум Творца – гораздо более правдоподобное объяснение такому восхитительному шедевру как фотосинтез.

Отметим еще вот какой момент. Хлоропластная мембрана содержит порядка 60 разных белков, вовлеченных в процесс фотосинтеза. Все они закодированы в ДНК, а их синтез, как и декодирующий механизм требуют энергетического обеспечения в виде АТФ. В то же время белки синтеза АТФ сами закодированы в ДНК и нуждаются в энергии. Иначе говоря, взаимозависимость этапов образования ДНК, белков и АТФ указывает на изначальную завершенность и отлаженность этих процессов, на абсолютную невозможность эволюционного совершенствования.

Обратим внимание также на удивительную схожесть процессов фотосинтеза и уже упоминавшегося клеточного дыхания. Они идут в противоположных направлениях (соответственно запасание энергии и ее высвобождение при окислении в основном глюкозы). В первом случае энергия запасается в форме АТФ (для синтеза глюкозы), а во втором – высвобождаемая энергия также идет на образование АТФ (для нужд клетки). Так вот, оба процесса синтеза АТФ имеют много общего: протекают в мембранах, сходны переносчики электронов, работает АТФ-синтаза, используется протонный градиент. Кислород (для клеточного дыхания) поставляется в клетки (человека, позвоночных и ряда беспозвоночных животных) с помощью гемоглобина крови, у которого химическая группа под названием гем очень сильно напоминает по структуре хлорофилл, но имеет вместо атома магния атом железа. Такое сходство этих двух разнонаправленных процессов, поражающее идеальной завершенностью и слаженностью, разве могло быть продуктом случайных событий, да к тому же в разных системах – хлоропластах и органоидах, которые называются митохондриями? Разве это не свидетельствует о едином замысле величайшего Конструктора в создании тщательно продуманных инженерных решений?

Появление фотосинтеза и мира живых существ, разделенного на растения и животных, их взаимозависимое существование становятся абсолютно ясными и непреложными в свете 6-дневного божественного творения. Животные и растения должны были появиться во времени недалеко друг от друга: растения – на 3-й день, животные и человек – на 5-6-й день. И еще. С этих позиций абсолютно несостоятельны попытки теистических эволюционистов приписать дням творения периоды в миллионы лет. Ведь зеленые растения создаются до появления Солнца. Как бы они существовали без солнечного света так долго?

Вся эта непостижимая технология фотосинтеза структурно и биохимически должна была возникнуть в законченном виде, в полном составе и согласованности составляющих ее компонентов, чтобы еще в Едеме люди (и животные) получили все необходимое для здоровья и физического совершенства. *«И сказал Бог: вот, Я дал вам всякую траву, сеющую семя, какая есть на всей земле, и всякое дерево, у которого плод древесный, сеющий семя; - вам сие будет в пищу; а всем зверям земным, и всем птицам небесным, и всякому пресмыкающемуся по земле, в котором душа живая, дал Я всю зелень травную в пищу. И стало так»* (Быт. 1:29,30).

Литература

1. Зитге П., Вайлер Э.В., Кадерайт Й.В. и др. *Ботаника. т.2. Физиология растений.* М., 2008
2. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. *Биология. т.1. Ботаника.* М., 2019
3. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. *Физиология растений.* М., 2006
4. Чиркин А.А., Данченко Е.О. *Биохимия.* М., 2010.
5. Гитт В. *В начале была информация.* Симферополь, 2008.