

постоянно поступала от Солнца и терялась в земной атмосфере в виде тепла. Но и той энергии, которая еще остается в Солнце, достаточно, чтобы процесс фотосинтеза продолжался в течение грядущих миллионов лет.

1.3. Превращения энергии и эффективность фотосинтеза

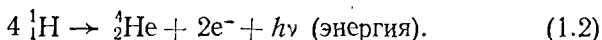
Солнечная энергия, достигающая в течение года атмосферы Земли, составляет примерно $56 \cdot 10^{23}$ Дж. Около половины этой энергии отражается облаками и газами в верхних слоях атмосферы и не попадает на Землю. Из той энергии, которая достигает поверхности Земли, лишь 50% приходится на спектральный диапазон, соответствующий видимому излучению, которое способно вызвать фотосинтез, а другая половина — это инфракрасное излучение. Таким образом, годовое поступление энергии в виде фотосинтетически активной радиации, т. е. в виде света от фиолетового до красного, составляет в масштабах всей Земли около $15 \cdot 10^{23}$ Дж. Однако примерно 40% этой энергии отражается поверхностью океанов, попадает в пустыни и т. п., и лишь оставшаяся доля может быть поглощена наземными и водными растениями. Согласно приведенным в последнее время данным, автотрофные растения производят за год примерно $2 \cdot 10^{11}$ тонн биомассы, что эквивалентно энергии $3 \cdot 10^{21}$ Дж. Около 40% этого органического материала синтезируется фитопланктоном, мельчайшими растениями, обитающими вблизи поверхности океанов. Ежегодное потребление продуктов питания всем населением Земли (если считать численность населения равной 4,3 млрд. человек) составляет около 800 млн. тонн, или $13 \cdot 10^{18}$ Дж. Таким образом, получается, что средний коэффициент использования фотосинтетически активной радиации всей флорой нашей планеты составляет всего лишь 0,2% ($3 \cdot 10^{21} / 15 \cdot 10^{23}$), но и из той энергии, которая была поглощена в процессе фотосинтеза, человечество потребляет в виде энергии питательных веществ менее 0,5% ($13 \cdot 10^{18} / 3 \cdot 10^{21}$). Интересно отметить, что в 1976 г. потребление энергии в мировом масштабе составило $3 \cdot 10^{20}$ Дж, или одну десятую долю энергии, запасенной за год благодаря фотосинтезу! По сути дела, энергия,

содержащаяся в биомассе, имеющейся на сегодняшний день на поверхности Земли (90% этой биомассы составляют деревья), эквивалентна всем нашим разведанным запасам ископаемого топлива, т. е. угля, нефти и газа; а эти запасы по запасенной в них энергии приблизительно соответствуют чистой продукции фотосинтеза всего лишь за 100 лет.

1.4. Спектр солнечного излучения

Свет — это один из видов электромагнитного излучения. Любое электромагнитное излучение имеет волновые свойства и распространяется (в пустоте) с одной и той же скоростью, равной $3 \cdot 10^8$ м/с (скорость света обозначается буквой c). При этом разные виды электромагнитного излучения различаются по длине волны, т. е. по расстоянию между ее соседними максимумами. Длины волн, соответствующие гамма-излучению и рентгеновским лучам, очень малы (меньше 10^{-11} м), в то время как длины радиоволн могут составлять сотни метров. Длины волн видимого света принято выражать в нанометрах. Один нанометр — это одна миллиардная часть метра ($1 \text{ нм} = 10^{-9}$ м). Со времен Исаака Ньютона известно, что, пропуская белый свет через призму, можно разложить его в спектр, напоминающий радугу. Видимый участок спектра простирается от фиолетовых лучей с длиной волны около 380 нм до красных лучей с длинами волн до 750 нм (рис. 1.2).

Атмосфера Солнца состоит в основном из водорода. Энергия, излучаемая Солнцем, выделяется при слиянии четырех ядер водорода с образованием одного ядра гелия:



Эта энергия, высвобождающаяся при слиянии ядер, поддерживает температуру поверхности Солнца на уровне около 6000 К. Электромагнитное излучение Солнца охватывает очень широкий диапазон. Но атмосфера Земли прозрачна лишь для небольшой его части — она пропускает часть ультрафиолетового, часть инфракрасного излучения и весь видимый свет. Ультрафиолетовое излучение, длины волн которого несколько меньше, чем у