



Анаболизм
Автотрофное питание
Фотосинтез

II стадия фотосинтеза - темновая

- **1.** Все реакции темновой стадии фотосинтеза не нуждаются в присутствии света.
- **2.** Они идут в строме хлоропласта в любое время суток.
- **3.** Это собственно синтез углеводов (глюкозы). Для него необходимы энергия АТФ и восстановительная способность НАДФ·2Н, благодаря которым энергия АТФ и НАДФ·2Н преобразуется в энергию химических связей молекулы глюкозы.

II стадия фотосинтеза - темновая

- Первичным соединением, связывающим CO_2 является пятиуглеродный сахар – **рибулозо-1,5-дифосфат**, в результате чего образуется шестиуглеродное промежуточное короткоживущее соединение, которое вследствие гидролиза распадается на две трехуглеродные молекулы **фосфоглицериновой кислоты**. В этой реакции для связывания одной молекулы CO_2 затрачивается три молекулы АТФ и две молекулы НАДФ·Н.
- Группа ферментов катализирует ступенчатое образование из двух молекул фосфоглицериновой кислоты одной молекулы шестиуглеродного сахара – **фруктозо-6-фосфата**, который далее превращается в **глюкозу**.
- Поскольку глюкоза — шестиуглеродный сахар, то на ее синтез суммарно тратится шесть молекул CO_2 . При этом на синтез одной молекулы глюкозы требуется энергия **18 молекул АТФ** и **12 молекул НАДФ·2Н**.
- Фиксация CO_2 носит циклический характер, так как часть промежуточных углеводов претерпевает процесс конденсации и перестроек до **рибулозо-1,5-дифосфата** — первичного акцептора CO_2 , что обеспечивает непрерывную работу цикла. Впервые этот процесс подробно изучил американский биохимик Мэлвин Кальвин, лауреат Нобелевской премии (1961 г.), в честь которого цикл и получил название **цикла Кальвина**. У большинства растений первоначальное превращение углерода идет через трехуглеродные соединения, потому этот путь фиксации CO_2 называется **C_3 -путь фотосинтеза**.

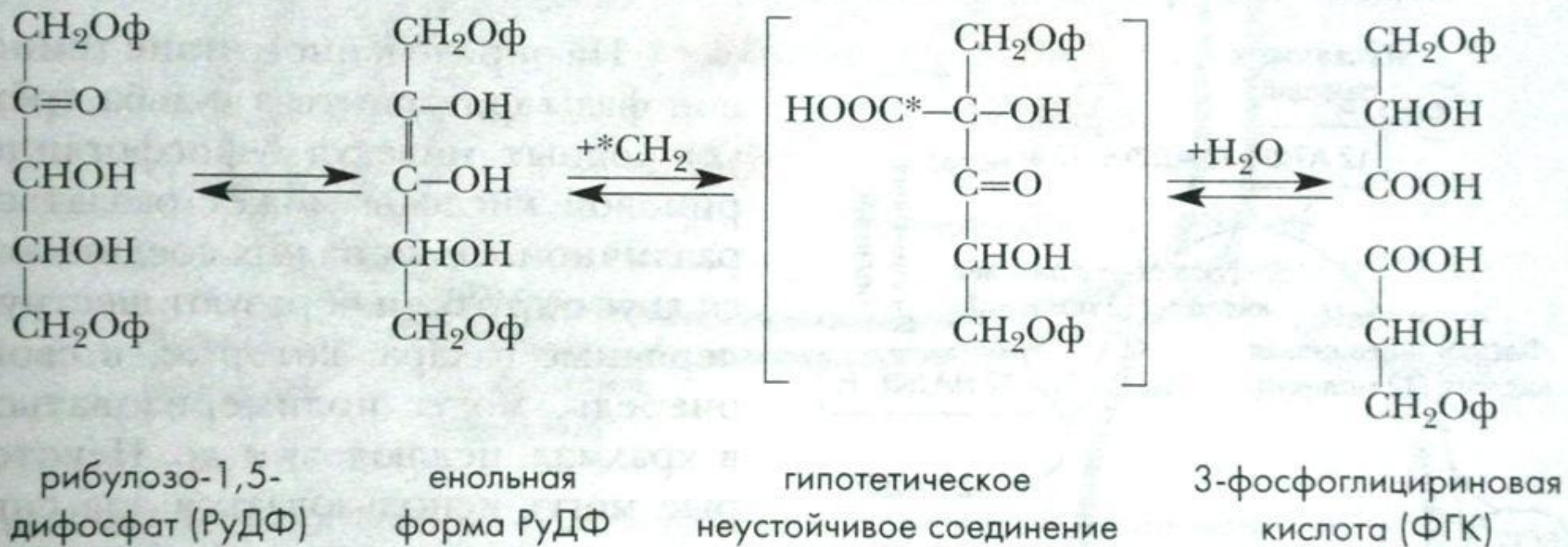
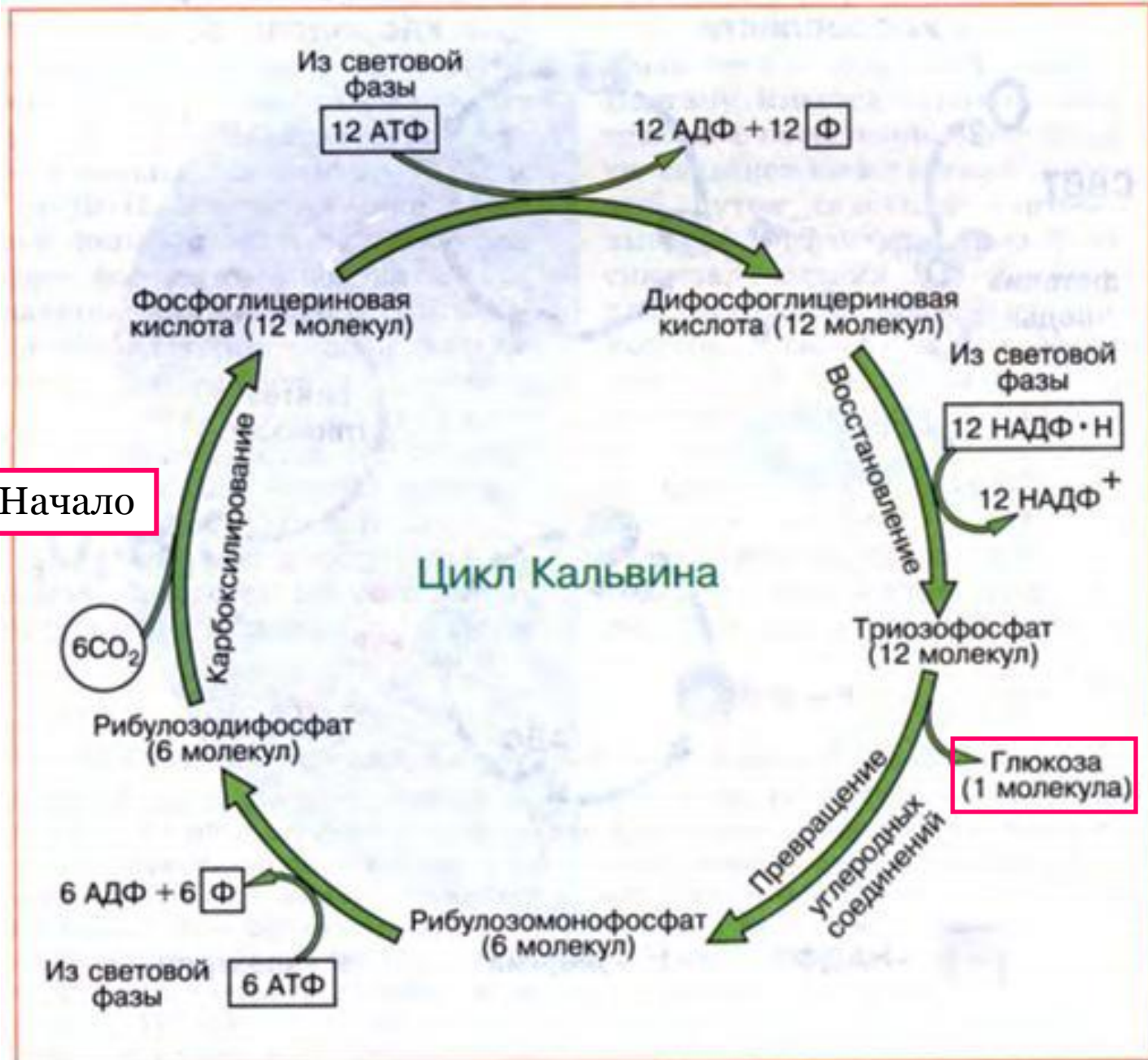


Рис. 184. Схема первичной фиксации CO₂



Начало



Этапы цикла Кальвина

- **1.1.** Карбоксилирование (рибулозодифосфат + $\text{CO}_2 \rightarrow$ фосфоглицериновая кислота);
- **1.2.** Фосфорилирование (фосфоглицериновая кислота \rightarrow дифосфоглицериновая кислота; 12 АТФ);
- **2.** Восстановление (дифосфоглицериновая кислота \rightarrow фосфоглицериновый альдегид (триозофосфат) \rightarrow а) на образование гексозы; б) 3 этап; в) синтез АМК, спиртов, карбоновых кислот и пр.; 12 НАДФ·Н);
- **3.** Превращение углеродных соединений (фосфоглицериновый альдегид (триозофосфат) \rightarrow рибулозо-1,5-дифосфат; 6 АТФ).

Другие пути восстановления CO_2 до углеводов

- При низких концентрациях CO_2 в атмосфере у растений жарких, засушливых и засоленных мест обитания (кукуруза, сорго, сахарный тростник, просо, амарант, лебеда, баклажан и др.) наблюдается **C_4 -путь** ассимиляции углерода при фотосинтезе. C_4 -растения экономно расходуют CO_2 , фотосинтез идет даже при слабо открытых устьицах. Первичным акцептором CO_2 является фосфоенолпироват.
- **CAM -путь** (crassula acid metabolism) осуществляют толстянки, каланхоэ, очитки, молочаи, некоторые кактусы. Фиксация CO_2 происходит ночью при открытых устьицах, он запасается в виде органических кислот. Акцептором CO_2 , как и при C_4 -пути, является фосфоенолпироват, при этом образуется яблочная кислота, подкисляющая вакуолярный сок.

- **Домашнее задание § 12
до хемосинтеза**