

Неэкономный фермент

RuBisCO

is a shorter form of

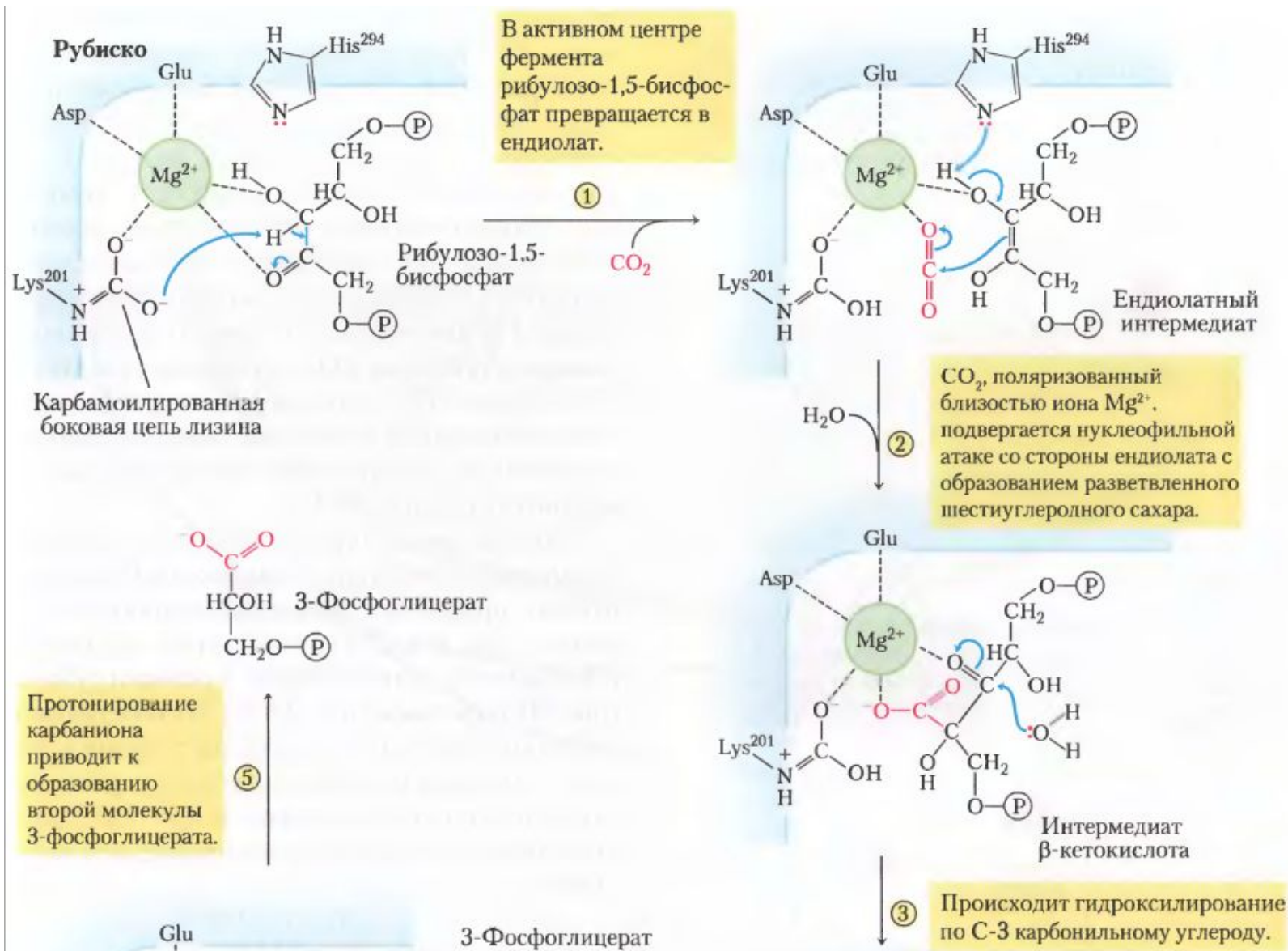
Ribulose Biphosphate
Carboxylase/oxygenase



by Шаповалова Евгения
«Титановое копыто»



Механизм катализа



Эволюция РУБИСКО

2

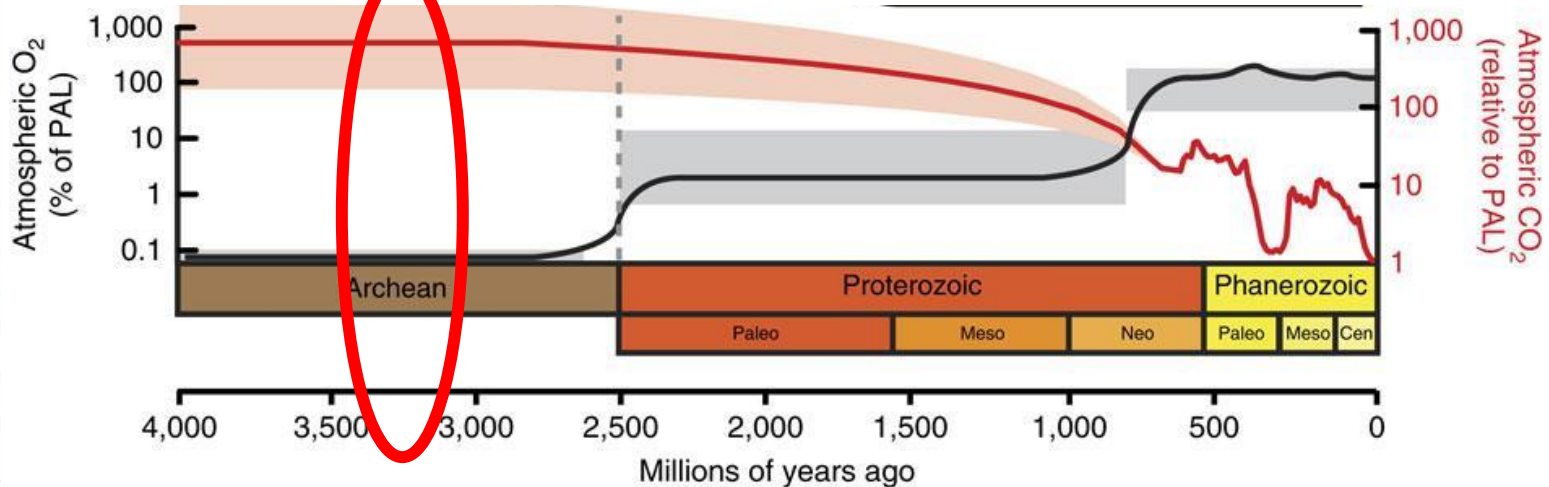
Константа Михаэлиса для $\text{CO}_2 = 9$ мкМ, для $\text{O}_2 = 350$ мкМ.

В нашей атмосфере около 20% O_2 и только 0,035% CO_2 .



В воде концентрация газов составляет: 250 мкМ O_2 и 11 мкМ

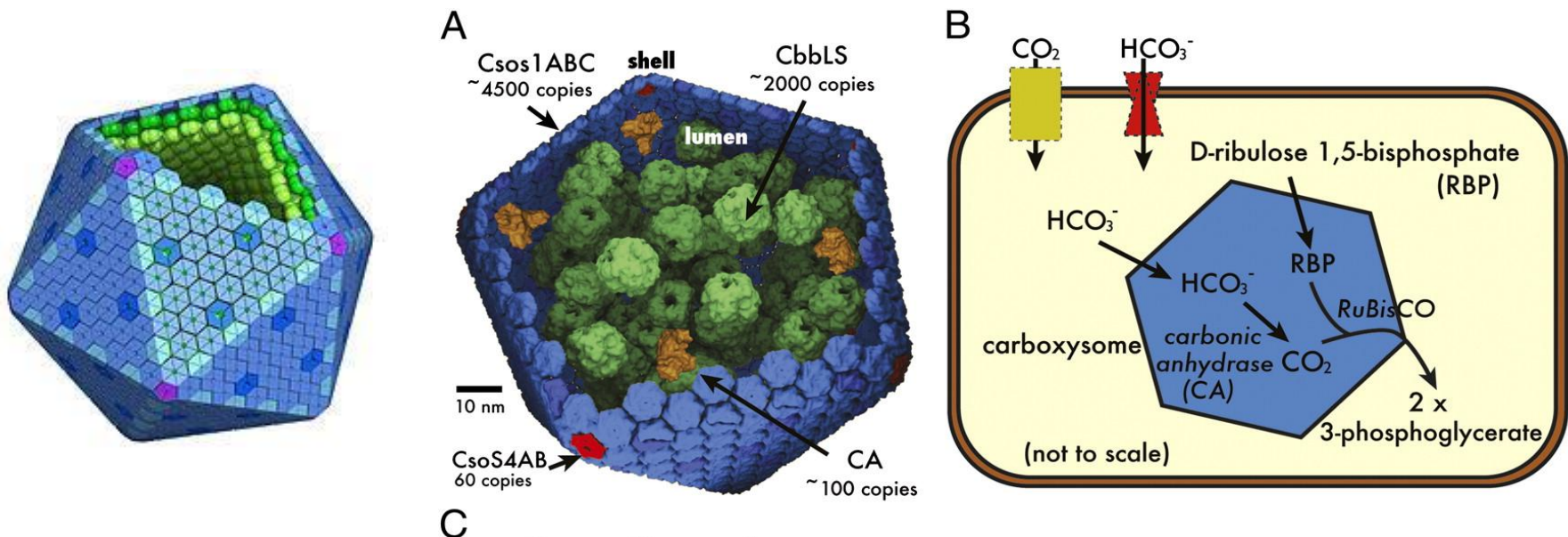
CO_2



Эон	Эра	Период
Фанерозой	Кайнозой	Четвертичный
		Неоген
		Палеоген
	Мезозой	Мел
		Юра
		Триас
	Палеозой	Пермь
		Карбон
		Девон
		Силур
Протерозой	Неопротерозой	Ордовик
		Кембрий
		Эдиакарий
	Мезопротерозой	Криогений
		Тоний
Доркембрий	Палеопротерозой	Стений
		Эктазий
		Калимий
	Неоархей	Статерий
		Орозирий
Архей	Мезоархей	Риасий
		Сидерий
		Неоархей
	Палеоархей	Эоархей
		Катархей

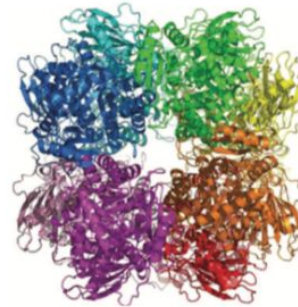
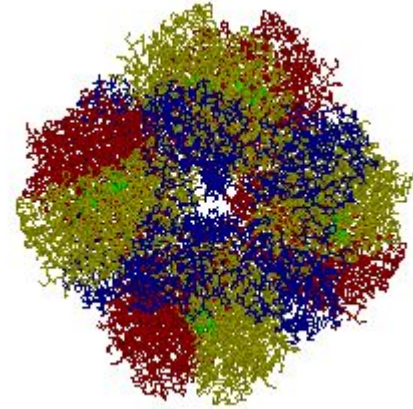
Карбоксисомы

Карбоксисомы — микрокомпарменты в клетках бактерий, содержащие фиксирующие углерод ферменты. Они являются основной частью механизма концентрирования CO_2 , что помогает преодолеть неэффективность РУБИСКО. Эти органеллы обнаружены во всех цианобактериях и многих хемотрофных бактериях, фиксирующих CO_2 .

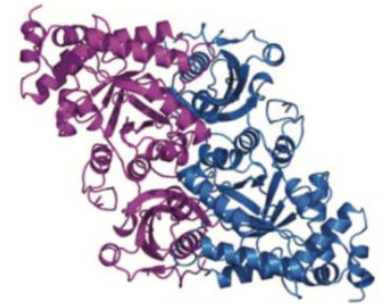


4 формы РУБИСКО

- I форма встречается у эукариот и бактерий;
- II форма распространена у многих прокариот;
- III форма встречается только у некоторых археи;
- IV форма – РУБИСКО-подобный белок.



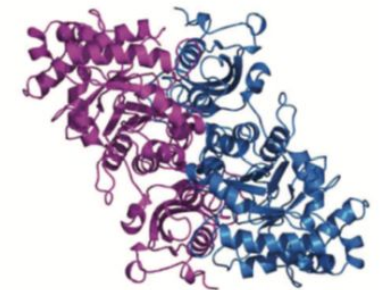
Form I



Form II



Form III



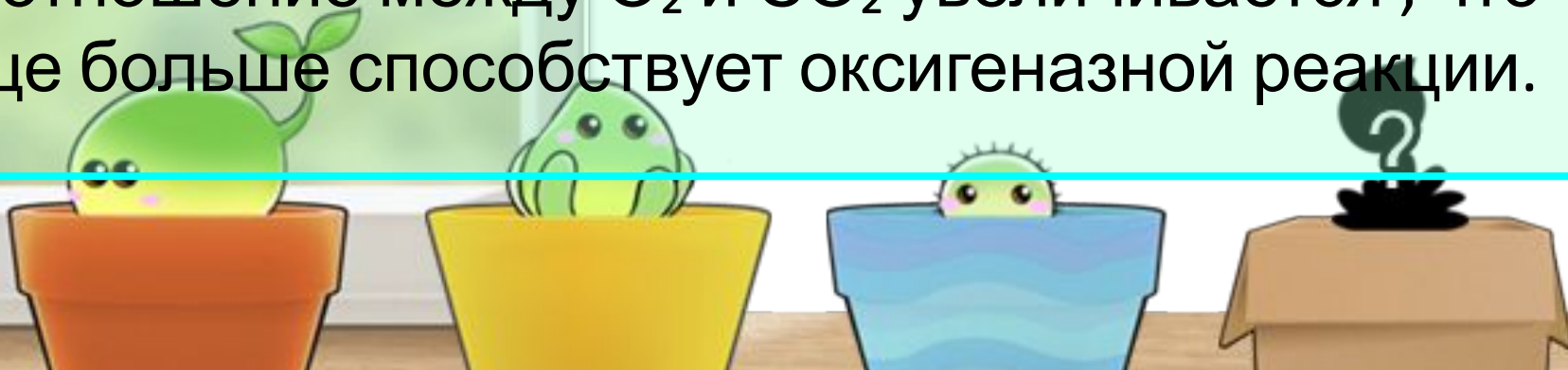
Form IV

Почему происходит «сбой»?

Температурная зависимость относительной растворимости O_2 к CO_2 в воде возрастает при высоких температурах.

Сродство CO_2 с РУБИСКО уменьшается с увеличением температуры → увеличивается вероятность оксигеназной реакции.

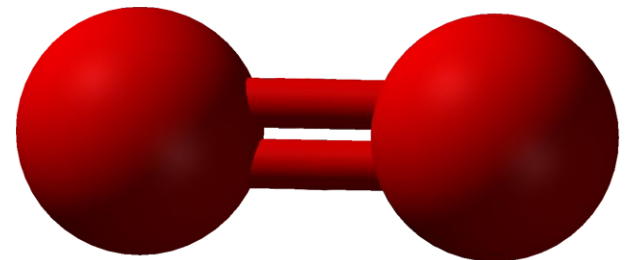
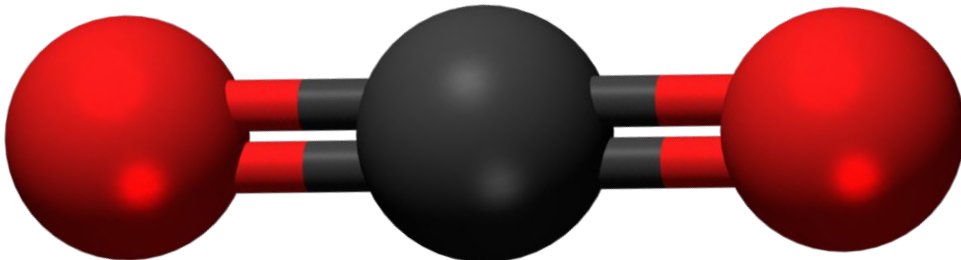
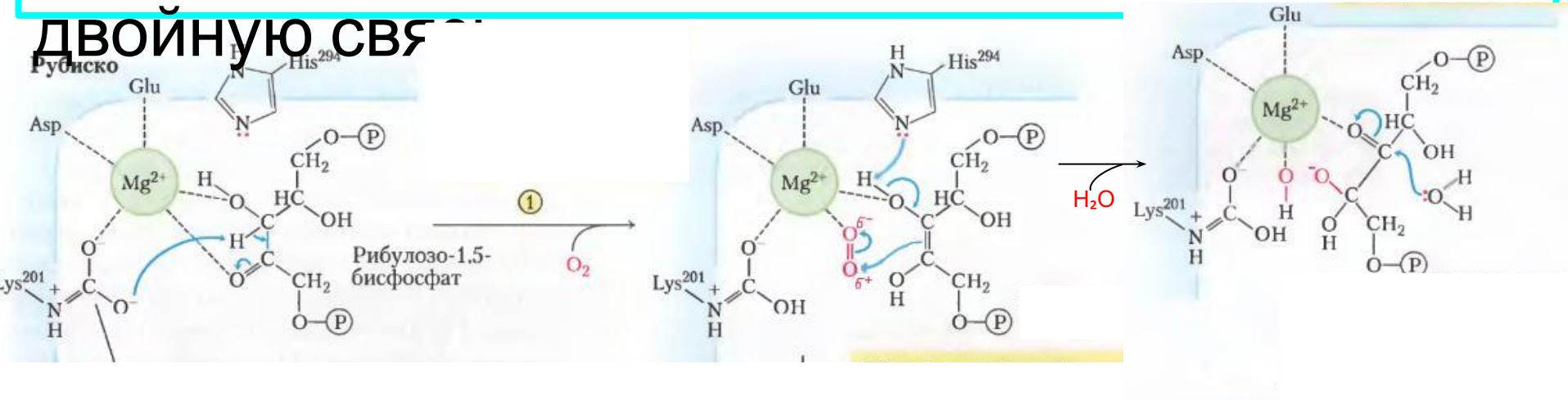
А так как CO_2 потребляется в реакция ассимиляции, соотношение между O_2 и CO_2 увеличивается, что еще больше способствует оксигеназной реакции.



Строение O_2 и CO_2

CO_2 имеет двойную связь и при реакции катализа углекислый газ будет конкурировать с любыми малыми молекулами имеющими

двойную связь

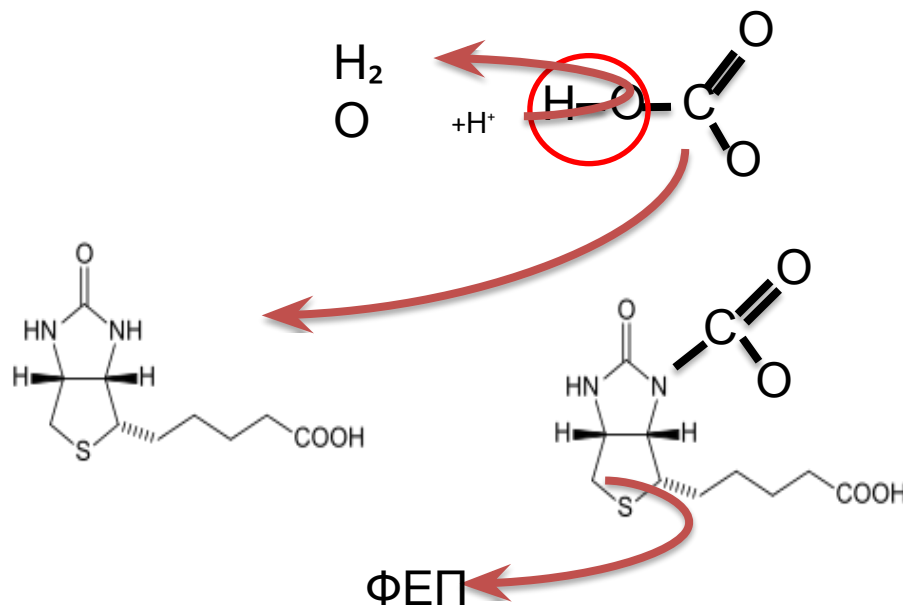
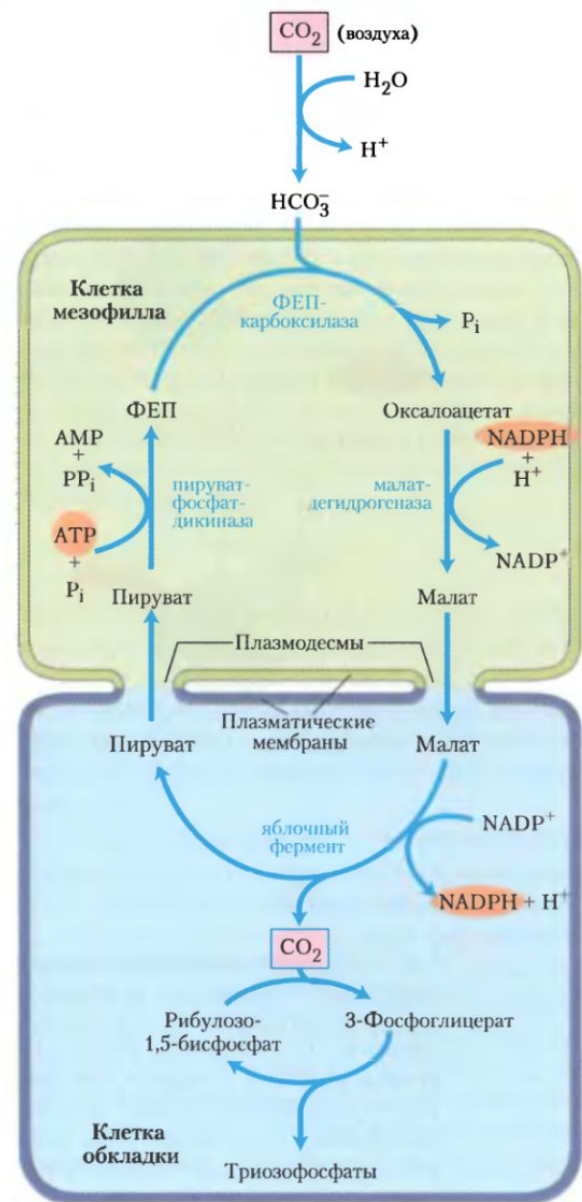


C₄- и САМ-растения

Разделены процессы начального захвата CO₂ и его фиксации РУБИСКО.

Пространственно.

Во времени.



Избыток кислорода

Клетка использует кислород не только на дыхание, но и на различные реакции окисления:

- В окислительном фосфорилировании;
- В прямом гидроксилировании;
- Реакции митохондриального окисления;
- Окисление органических веществ в пероксисомах.

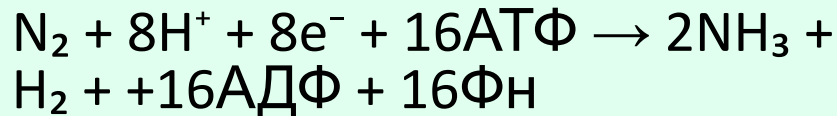


Содержание кислорода в клетке стремится к минимуму.

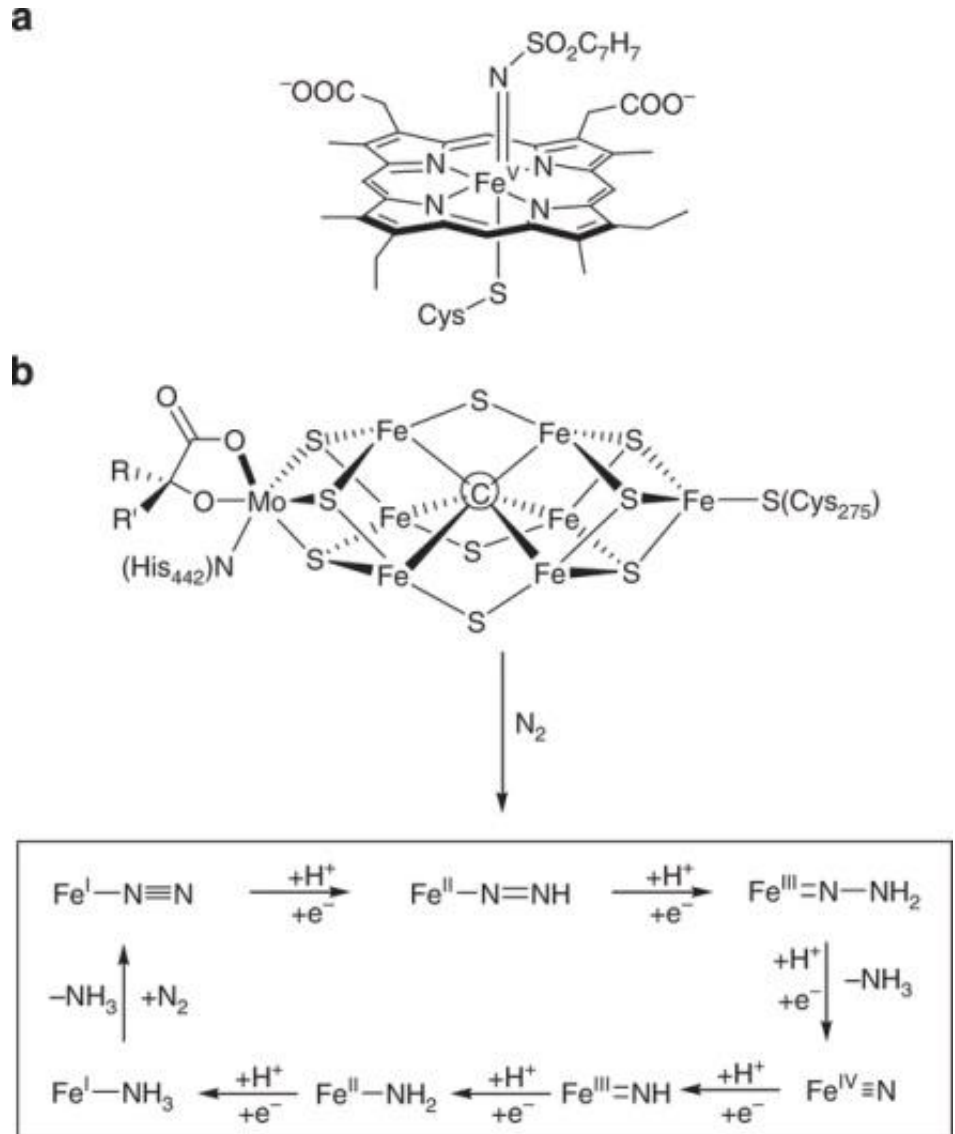
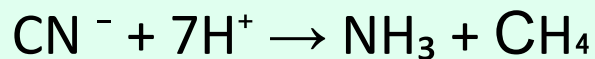
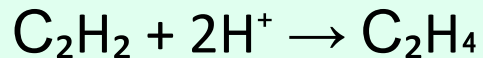
Нитрогеназа

Нитрогеназа — комплекс ферментов, осуществляющий процесс фиксации атмосферного азота. Широко распространён у бактерий и архей.

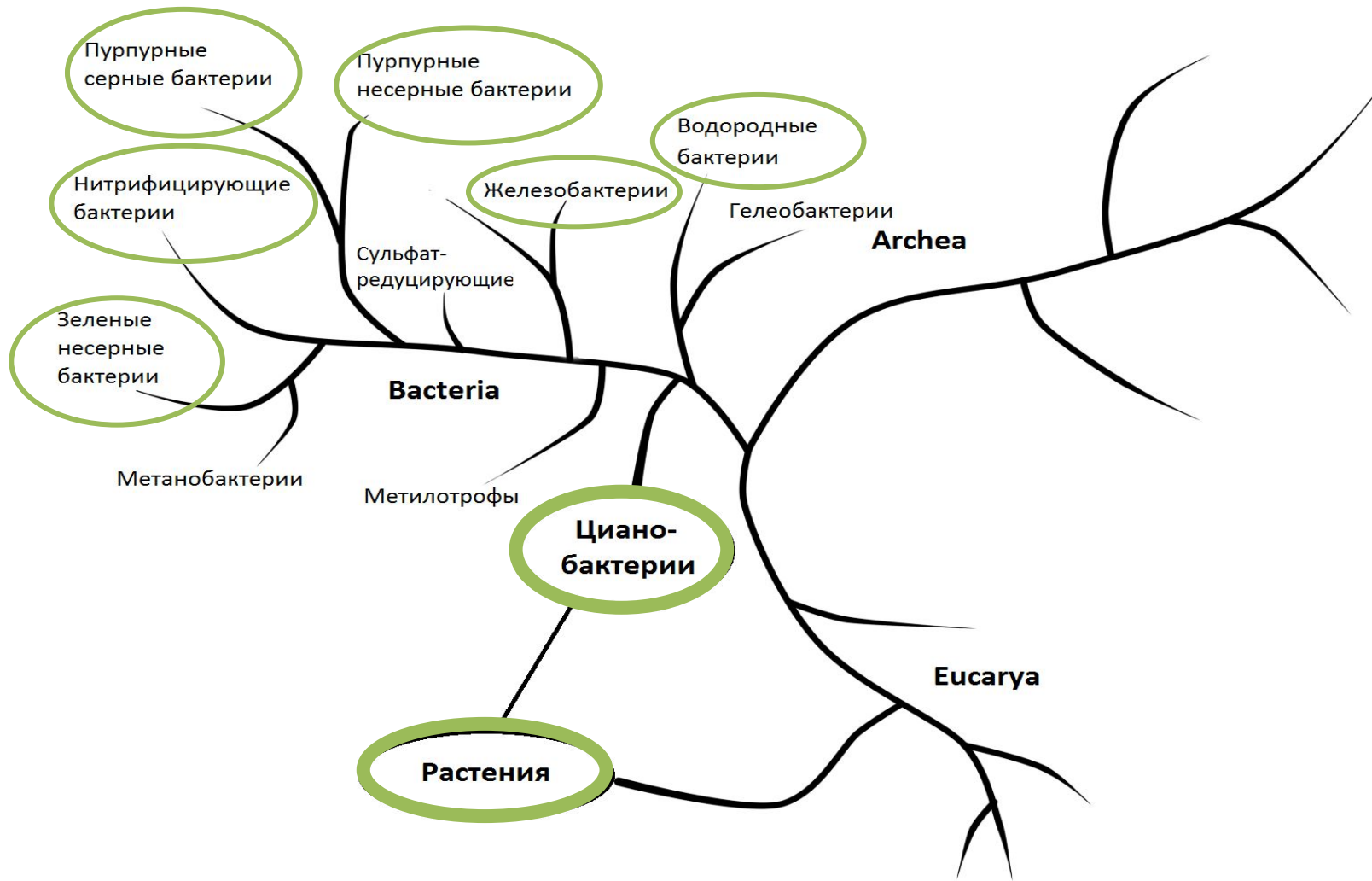
Реакция, катализируемая нитрогеназой:



Нитрогеназа обладает низкой субстратной специфичностью и вместо азота может восстанавливать другие соединения с тройной связью:



Эволюция РУБИСКО



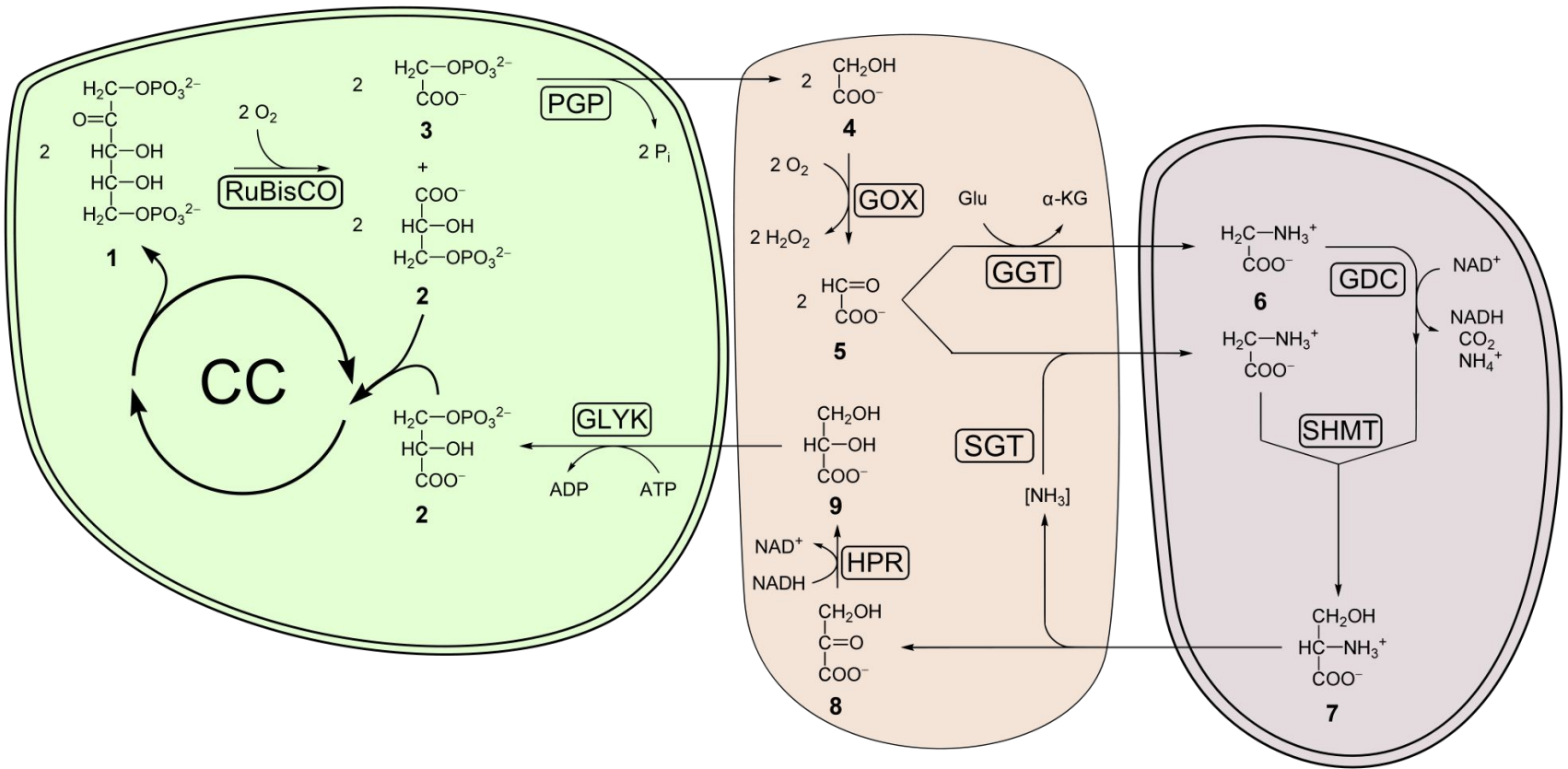
Выводы

- «Проблема» РУБИСКО появилась с увеличением концентрации кислорода в воздухе;
- «Проблема» существует только у наземных растений, так как концентрация кислорода в атмосфере больше, чем в воде;
- Сбой происходит из-за того, что принцип реакции построен на донорно-акцепторной связи CO^- с Mg^{2+} в активном центре РУБИСКО;
- Эволюция идет принципом «надстройки», поэтому проще добавить дополнительные реакции, чем изменить уже специализированный фермент.
- Растения используют фотодыхание для утилизации C_2 -молекулы. Фотодыхание очень значимый процесс, так как во время реакций образуются аминокислоты и другие важные вещества.
- В период Карбона, когда возрастает температура и увеличивается концентрация O_2 в атмосфере, появляются C_4 - и САМ-растения, которые приспособились ассимилировать CO_2 без сбоев.

Спасибо за внимание!

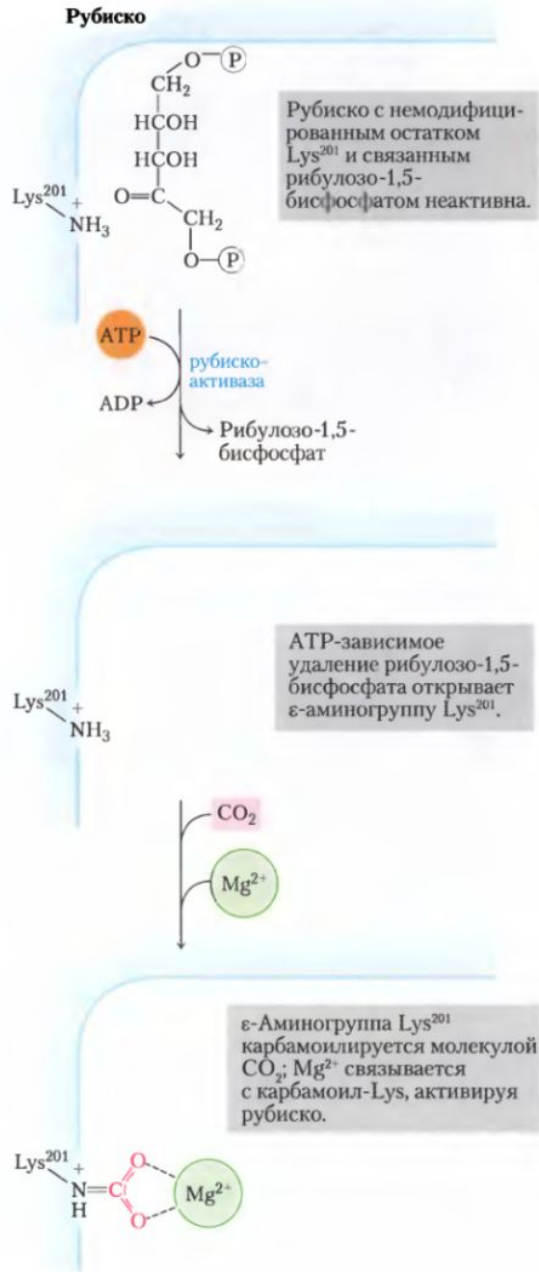


Фотодыхание



Цикл Кальвина

активаза



Когда субстрат рибулозо-1,5-бисфосфат связан с активным сайтом, Лиз 201 не доступен. Рубиско-активаза гидролизует АТФ и выталкивает сахарофосфат, таким образом экспонируя Лиз 201 наружу для неферментативного карбамоилирования с помощью CO_2 .

Строение рубиско

- Центральную роль играет карбамоилированная боковая цепь Lys и связанный с ней Магний.
- Для работы фермента необходимы ионы Mg^{2+} , которые размещаются в активном центре и способствуют присоединению CO_2 к остатку лизина, в ходе чего образуется карбамат.

