

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОТОНОВ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ НА СКОРОСТЬ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНА В ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ РЕАКЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ

© 2008 г. П.М. Красильников, П.А. Мамонов, П.П. Нокс, А.Б. Рубин

Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,
119899, Москва, Воробьевы горы
E-mail: krapam@mail.ru

Поступила в редакцию 18.12.06 г.

После доработки 10.05.07 г.

Представлен теоретический анализ температурной зависимости скорости реакции темновой рекомбинации фотоокисленного бактериохлорофилла и первичного хинонного акцептора в препаратах реакционных центров *Rhodobacter sphaeroides*. Показано, что учет энергии взаимодействия протонов водородных связей с избыточным электроном позволяет качественно описать немонотонный характер этой температурной зависимости. Рассмотрена молекулярная модель первичного хинонного акцептора Q_A в реакционных центрах *Rhodobacter sphaeroides*. Эта модель включает помимо молекулы хинона два фрагмента ближайшего белкового окружения, с которыми молекула Q_A образует водородные связи. Один фрагмент – это гистидин (M219), а другой – дипептид Асн(M259)-Ала(M260). Характерное время туннельного переноса электрона для данной реакции рекомбинации рассчитано в рамках двухцентрового приближения с учетом электрон-фононного взаимодействия. Энергия излучаемого/поглощаемого фотона при туннелировании электрона определяется относительным сдвигом энергетических уровней донора и акцептора – расстройкой уровней. Показано, что в случае двухъямного профиля поверхности потенциальной энергии вдоль линий водородных связей величина расстройки немонотонным образом зависит от температуры. Температурная зависимость характерного времени (скорости) реакции рекомбинации является параметрической. Получен немонотонный характер этой зависимости, качественно согласующийся с экспериментальной кривой.

Ключевые слова: фотосинтетический реакционный центр, туннельный перенос электрона, водородная связь, туннельный перенос протона.

Мембранные белково-пигментные комплексы фотосинтетических реакционных центров (РЦ) являются уникальными природными макромолекулярными объектами для изучения процессов электронного транспорта в биосистемах. Важным структурным компонентом макромолекулярных комплексов РЦ являются водородные связи. Их состояние, как ранее нами было показано экспериментально, может оказывать существенное влияние на процессы миграции энергии, разделения и стабилизации зарядов в РЦ пурпурных бактерий. Мы наблюдали заметное замедление этих процессов в результате модификации водородных связей РЦ криоразтворителями, а также при изотопном замещении H_2O на D_2O [1–3]. Механизм влияния состояния водородных связей на скорости этих процессов, возможно, обуславливается их высокой чувствительностью к перераспределению электронной плотности молекулярной системы, что

проявляется, например, в изменении профиля поверхности потенциальной энергии системы вдоль линий водородных связей. В работе [4] численными методами квантовой химии нами была исследована модель первичного хинонного акцептора Q_A в РЦ *Rhodobacter sphaeroides*, включавшая помимо молекулы хинона два фрагмента его ближайшего белкового окружения, образующие с ним водородные связи. Один фрагмент – гистидин (M219), а другой – дипептид Асн(M259)-Ала(M260) (рис. 1). Было показано, что профили поверхности потенциальной энергии вдоль линий этих водородных связей существенно меняются при восстановлении хинона – из одноямных они трансформируются в двухъямные потенциалы (рис. 2).

Подобная трансформация профилей поверхности потенциальной энергии вдоль линий водородных связей является, по нашему мнению, ключевым моментом для понимания механизмов влияния на кинетику электронного транс-

Сокращение: РЦ – реакционные центры.