

ВЛИЯНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФОТООКИСЛЕННОГО БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛА ОТ ПЕРВИЧНОГО ХИНОНА В РЕАКЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ *Rhodobacter sphaeroides*

© 2002 г. П.М. Красильников, П.П. Нокс, В.З. Пашенко, Г. Ренгер*, А.Б. Рубин

Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Воробьевы горы;

**Институт Макса Фольмера, Технический университет, Берлин, Д-10623, Германия*

Поступила в редакцию 26.11.01 г.

Исследована температурная зависимость времени темновой рекомбинации τ_e зарядов между фотоокисленным бактериохлорофиллом и восстановленным первичным хинонным акцептором в фотосинтетических реакционных центрах пурпурных бактерий *Rhodobacter sphaeroides* в диапазоне температур 140 – 320 К. Зависимость τ_e от температуры имеет колоколообразную форму: при нагревании реакционных центров от 140 до ~290 К τ_e увеличивается от 40 до 100 мс; при дальнейшем росте температуры до 320 К τ_e уменьшается до 80 мс. Замена H_2O на D_2O приводит к ускорению процесса рекомбинации в области физиологических температур, однако немонотонный характер температурной зависимости $\tau_e(T)$ сохраняется. Теоретическая интерпретация результатов выполнена на основе механизма туннельного переноса электрона в среде с локализованными состояниями в рамках теории электрон-фононного взаимодействия с учетом внутримолекулярных релаксационных процессов.

Ключевые слова: фотосинтетический реакционный центр, рекомбинация зарядов, релаксационные процессы, фононы.

При изучении физических механизмов начальных этапов трансформации световой энергии в фотосинтетических реакционных центрах (РЦ) информативным является анализ температурных зависимостей скорости конкретных стадий электронного переноса. В этом отношении большой интерес представляет реакция обратного темнового переноса фотомобилизованного электрона от восстановленного первичного хинонного акцептора Q_A^- к окисленному димеру бактериохлорофилла P^+ в условиях, когда блокирован переход электрона от Q_A^- к вторичному хинону Q_B . Проводившиеся ранее измерения [1] показали, что время этой темновой рекомбинации τ_e монотонно увеличивается в диапазоне 130–290 К по мере возрастания температуры. Такой аномальный характер температурной зависимости времени рекомбинации объяснялся, в частности, тепловым расширени-

ем белка [1] и переходами РЦ между конформационными состояниями с разными фиксированными значениями скорости переноса электрона [1–3]. Наши исследования показали, однако, что при нагревании образцов выше 290 К монотонный характер изменения времени рекомбинации нарушается – скорость реакции снова начинает возрастать [4]. Кривая температурной зависимости $\tau_e(T)$ в диапазоне 130–320 К принимает колоколообразный вид с максимумом в области комнатных температур (рис. 1). Обнаруженный температурный эффект полностью обратим.

Теоретические подходы, применяемые в настоящее время для описания первичных стадий фотосинтетического переноса электрона (см., например, [3,5–8] и цитируемую там литературу), не предсказывают подобный (немонотонный) характер температурной зависимости процессов ни для прямых, ни для обратных реакций. В работе [4] мы высказали предположение, что «колоколообразный» характер температурной зависимости времени рекомбинации, уве-

Сокращения: РЦ – реакционный центр, ЛДАО – лаурилдиметиламинноксид.