

## СИСТЕМА ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ РЕАКЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ *Rhodobacter sphaeroides* КАК РЕГУЛЯТОРНЫЙ ФАКТОР ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ РЕКОМБИНАЦИИ ФОТООКИСЛЕННОГО БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛА И ПЕРВИЧНОГО ХИНОННОГО АКЦЕПТОРА

© 2004 г. П.М. Красильников, Д. Баштовий\*, П.П. Нокс, В.З. Пащенко

Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 119992, Москва,  
Воробьевы горы

\*Институт биофизики, Центр биологических исследований, 6701, Сегед, Венгрия  
E-mail: kramat@mail.ru

Поступила в редакцию 09.01.04 г.

После доработки 29.03.04 г.

Характерное время темновой рекомбинации фотоокисленного бактериохлорофилла (Р) и восстановленного первичного хинонного акцептора ( $Q_A$ ) в фотосинтетических реакционных центрах пурпурных бактерий *Rhodobacter sphaeroides* имеет колоколообразную зависимость от температуры. Составляя около 100 мс в области 270–300 К, оно падает как при уменьшении, так и при увеличении температуры за пределы этого диапазона. Согласно литературным данным, колоколообразный ход в зависимости от температуры является характерным для термодинамической стабильности многих белков в растворе. Наблюдаемая в эксперименте немонотонная температурная зависимость скорости рекомбинации  $P^+$  и  $Q_A^-$  в реакционных центрах *Rb. sphaeroides* обсуждается на основе общих термодинамических подходов. При этом динамические свойства системы водородных связей, участвующих в релаксационных процессах, связанных с электронным транспортом, и их зависимость от температуры рассматриваются в качестве регулирующего фактора электронного переноса.

**Ключевые слова:** фотосинтетический реакционный центр, пурпурные бактерии, транспорт электронов, водородные связи.

Мембранные белково-пигментные комплексы фотосинтетических реакционных центров (РЦ) являются уникальными природными макромолекулярными структурами для изучения механизмов высокоэффективного переноса электронов в биосистемах и регуляции этих процессов. Эффективным экспериментальным подходом в изучении механизмов электронного переноса в биосистемах является исследование зависимости скорости этих процессов от температуры. Температурная зависимость реакции темнового восстановления фотоокисленного бактериохлорофилла (Р) от первичного хинонного акцептора ( $Q_A$ ) в РЦ пурпурных бактерий изучается давно. В РЦ *Rhodobacter sphaeroides* характерное время этой протекающей туннельным путем реакции, составляющее при 295 К

~0,1 с, сокращается по мере охлаждения до криогенных температур в 2,5–3 раза. Для объяснения такой аномальной зависимости от температуры внутрибелкового переноса электрона в бактериальных РЦ – уменьшение скорости процесса при нагревании образцов от 77 К до 295 К – в работе [1] была предложена модель теплового расширения глобулы РЦ. В работе [2] рассматривалась возможность переходов РЦ при варьировании температуры между конформационными состояниями, имеющими различные времена темновой рекомбинации между  $P^+$  и  $Q_A^-$ . Для описания уменьшения с ростом температуры скорости рекомбинации между  $P^+$  и  $Q_A^-$  также использовалась теория Маркуса-Джортнера [3,4]. Согласно этой теории в одномодовом приближении наблюдаемый ход температурной зависимости описывается безактивационным переносом электрона, при котором изменение свободной энергии равняется энергии реорганизации среды. Получаемое из

Сокращения: РЦ – реакционные центры, Р – фотоокисленный бактериохлорофилл,  $Q_A$  – первичный хинонный акцептор.