

ФЕМТОСЕКУНДНЫЙ ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ В ФИЗИЧЕСКИХ СТАДИЯХ ФОТОСИНТЕЗА

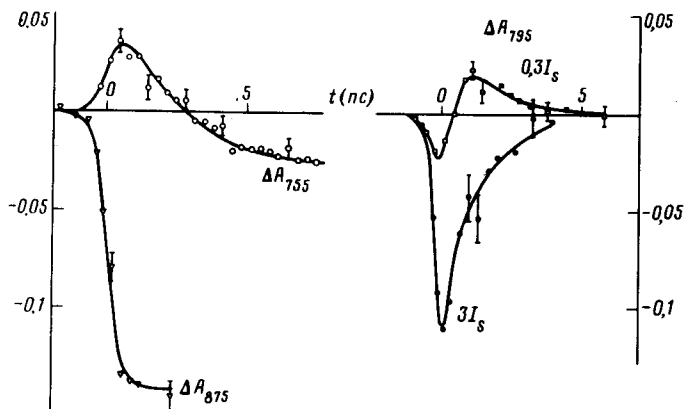
Ю.А.Матвеев, С.В.Чекалин, А.П.Ярцев

С разрешением 10^{-13} с измерены кинетики переноса электрона и энергии возбуждения в реакционных центрах бактериального фотосинтеза. Обнаружена сильная зависимость скорости миграции энергии от интенсивности возбуждающего светового импульса.

Реакционные центры (РЦ), в которых энергия фотонов преобразуется в энергию разделенных зарядов при фотосинтезе, представляют собой чрезвычайно интересный физический объект¹. Основой бактериального РЦ является 6 молекул порфириновой природы, которые, как показали недавние рентгеноструктурные исследования², жестко связаны белковыми α -спиралями. При этом расстояния между пигментами ($\sim 10 - 15 \text{ \AA}$) сравнимы с размерами тетрапиррольных колец, а их взаимное расположение в РЦ строго фиксировано. Для понимания физики функционирования таких систем принципиальное значение имеют исследования

2) Сам по себе результат $s = \nu' = 0$ мог бы возникать асимптотически при $d \rightarrow \infty$, не мешая существованию однопараметрического скейлинга при конечных d .

первичных процессов переноса энергии и заряда между компонентами РЦ, происходящих в пико- и фемтосекундном временном диапазоне ^{1, 3}.



Спектр исследуемого бактериального РЦ *Rhodospseudomonas sphaer.* в области 700 – 900 нм имеет 3 основные полосы поглощения. Наиболее интенсивная полоса вблизи 800 нм приписывается молекулам бактериохлорофилла (*B*), полоса 750 нм – молекулам бактериофеофитина (*H*), а полоса 870 нм – 2 молекулам бактериохлорофилла, образующим димер (*P*) ¹. Известно, что при возбуждении различных пигментов РЦ энергия быстро мигрирует на *P*. Возбуждение *P*, являющегося первичным донором электрона, в свою очередь служит исходным моментом процесса разделения зарядов ¹. В настоящей работе впервые исследован с разрешением 10^{-13} с процесс миграции энергии возбуждения с *B* на *P*. Для этого с помощью субпикосекундного лазерного спектрометра по методике, описанной в ^{3, 4}, регистрировались кинетики изменения во времени разностных спектров РЦ. Образец возбуждался 300 фс лазерным импульсом на длине волны 620 нм, на которой поглощает в основном *P*. Сечение поглощения *B* примерно втрое меньше, а *H* практически не поглощает на этой длине волны.

Кинетики, полученные вблизи максимумов полос поглощения РЦ *P* (ΔA_{875}), *B* (ΔA_{795}) и *H* (ΔA_{755}) представлены на рисунке. Момент времени $t = 0$ соответствует прохождению через образец максимума возбуждающего импульса. Кинетика ΔA_{875} отражает возбуждение *P* в результате как непосредственного поглощения света димером, так и миграции энергии с B^* на *P*. Зависимость $\Delta A_{755}(t)$ также демонстрирует возбуждение *P* (фронт кривой) и последующий перенос электрона с возбужденного димера P^* на *H* (спад кривой). Процесс переноса заряда не виден в кинетике ΔA_{875} , так как P^* и катион-радикал P^+ имеют одинаковое сечение поглощения в этой области.

Наиболее интересна кинетика ΔA_{795} , снятая вблизи максимума полосы поглощения *B*. Начальный участок кинетики соответствует трем быстрым процессам, протекающим одновременно. В соответствии с величинами сечений поглощения на 620 нм примерно в 75% поглотивших свет РЦ возбуждается *P*, что приводит к появлению поглощения (увеличению ΔA) в разностном спектре. В остальных 25% РЦ возбуждается *B*, что приводит к выцветанию поглощения (уменьшению ΔA). Суммарный эффект обоих процессов дает выцветание в начале кинетики. Быстрая смена выцветания поглощением на отрезке времени 0 – 0,5 пс отражает миграцию энергии возбуждения от B^* к *P*, а последующий спад поглощения – перенос электрона с P^* на *H*. Математическая обработка полученных кинетик показала, что экспериментальным данным лучше всего соответствуют время миграции энергии с B^* на *P* 150 ± 100 фс и время переноса электрона с P^* на *H* – $2,5 \pm 0,1$ пс.

Вышеизложенные данные были получены при энергиях возбуждающего импульса, существенно меньших энергии насыщения поглощения *P* на 620 нм I_s ($\sim 0,3 I_s$).

При увеличении энергии возбуждающего импульса до $3 I_s$ в большинстве РЦ возбуждаются 2 компоненты – *P* и *B*. В этих условиях релаксация возбуждения B^* существенно замедляется, ее характерное время составляет $1,7 \pm 0,1$ пс.

Литература

1. *Клейтон Р.* Фотосинтез. Физические механизмы и химические модели. М.: Мир, 1984.
2. *Deisenhofer J. Epp O. Miki K., Huber R., Michel H.* Nature, 1985, 318, 618.
3. *Клеваник А.В., Крюков П.Г., Матвеец Ю.А., Семчишен В.А., Шувалов В.А.* Письма в ЖЭТФ, 1980, 32, 107.
4. *Matveetz Yu.A., Chekalin S.V., Sharkov A.V.* J. Opt. Soc., Am., 1985, B2, 634.

Институт спектроскопии
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
21 апреля 1986 г.
