

УСКОРЕНИЕ РЕАКЦИИ РЕКОМБИНАЦИИ ФОТООКИСЛЕННОГО БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛА И ВОССТАНОВЛЕННОГО ПЕРВИЧНОГО ХИНОНА В РЕАКЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ Rb. SPHAEROIDES ПРИ $T > 300$ К

© 2000 г. П. М. Красильников, П. П. Нокс, Е. П. Лукашев, В. З. Пашенко,
И. Ю. Чурбанова, К. В. Шайтан, член-корреспондент РАН А. Б. Рубин

Поступило 11.07.2000 г.

Информативным подходом в изучении механизмов начальных стадий трансформации энергии реакционными центрами (РЦ) фотосинтеза является анализ температурных зависимостей этих процессов. Реакция темнового восстановления фотоокисленного бактериохлорофилла (Р) от восстановленного первичного хинонного акцептора (Q_A) в РЦ бактерий *Rb. sphaeroides* исследуется уже давно. Эта реакция, осуществляемая туннельным путем от физиологических температур до криогенных, имеет аномальную температурную зависимость: характерное время процесса (τ) около 100 мс при 295 К сокращается до 25–30 мс при $T < 150$ К. Причем данная зависимость во всем этом диапазоне температур носит монотонный характер. Изменение скорости реакции при варьировании температуры может быть обусловлено как тепловым расширением среды [1], так и конформационными перестройками РЦ [2]. Продолжая детальное исследование процесса, в настоящей работе мы расширили диапазон изучения реакции в область температур выше 295 К и обнаружили, что скорость реакции в этой области снова возрастает. Исследованию этого эффекта и посвящена данная статья.

Клетки бактерий *Rb. sphaeroides* выращивали и выделяли из них РЦ при помощи детергента ЛДАО, как описано в [3]. РЦ суспендировали в 10 мМ NA-P-буфере, содержащем 0.05% ЛДАО, рН 7.0. Для анализа процесса рекомбинации P^+ и Q_A^- к РЦ добавляли *o*-фенантролин ($5 \cdot 10^{-3}$ М), блокирующий перенос электрона от Q_A к вторичному хинону. При низкотемпературных измерениях к образцам добавляли 65–70% (по объему) глицерина. Фотореакции регистрировали в Q_y -полосе поглощения Р (870 нм) на компьютеризированном однолучевом спектрофотометре после

возбуждения образцов импульсным светом (энергия вспышки 9 мДж, длительность на полувысоте профиля 10 мкс).

Зависимость времени реакции рекомбинации P^+ и Q_A^- от температуры вплоть до 320 К представлена на рис. 1. Регистрируемые во всем этом диапазоне изменения τ были полностью обратимы. Рассмотрим качественно возможные механизмы наблюдаемой немонотонной зависимости. За основу возьмем идеи, развиваемые в физике твердого тела применительно к процессу электронного переноса в неупорядоченных средах [4]. Для учета эффекта локального окружения донора и акцептора используем представление о влиянии растворителя на скорости химических (окислительно-восстановительных) реакций [5].

Туннелирование электрона между P^+ и Q_A^- идет через энергетический барьер $U(r)$ (рис. 2), определяемый кулоновским взаимодействием электрона с донором и акцептором. Пусть точка $r = 0$ отвечает центру локализации электрона на Р, $r = L_0$ – на Q_A . Электрон обладает энергией E , ширина барьера на уровне E есть $L = b - a$, где a и

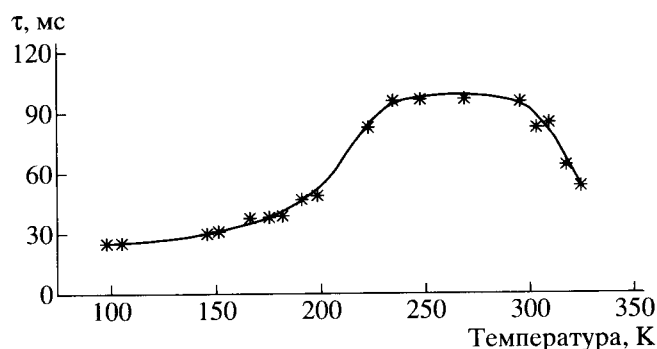


Рис. 1. Температурная зависимость характерного времени τ (в моноэкспоненциальном приближении) реакции рекомбинации P^+ и Q_A^- в РЦ *Rb. sphaeroides*.