

# ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ХЛОРОФИЛЛА В ВОДОРАСТВОРИМОМ ХЛОРОФИЛЛ-СВЯЗЫВАЮЩЕМ БЕЛКЕ BoWSCP МЕТОДОМ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ PUMP-PROBE СПЕКТРОСКОПИИ

Д. А. Черепанов<sup>1,2</sup>, К. В. Неверов<sup>3</sup>, Ю. Н. Обухов<sup>3</sup>, Ф. Е. Гостев<sup>1</sup>, И. В. Шелаев<sup>1,2</sup>,  
А. В. Айбуш<sup>1</sup>, М. С. Крицкий<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>НИИ физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт биохимии им. А.Н. Баха, ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

Водорастворимые хлорофилл-связывающие белки семейства WSCP представляют собой тетрамерные комплексы, связывающие до четырёх молекул хлорофилла (Хл) *a* или Хл *a* + Хл *b*. Роль этих белков в растениях связана, предположительно, с активацией анти-стрессовых систем клетки. Важной особенностью строения WSCP является укладка молекул Хл в них в виде двух димеров; с точки зрения экситонных взаимодействий хромофорная группа WSCP может рассматриваться как тетрамер. Высокая термо- и фотостабильность белков WSCP делает их перспективной моделью для изучения пигмент-пигментных и пигмент-апобелковых взаимодействий, определяющих их уникальные физико-химические свойства.

В данной работе для изучения быстрых процессов релаксации энергии возбуждения в тетрамерном хромофорном комплексе был применен метод широкополосной фемтосекундной лазерной спектроскопии «возбуждение-зондирование». Была измерена абсорбционная динамика Хл *a* в белке WSCP класса Па из *Brassica oleracea* (BoWSCP) в диапазоне от 400 до 750 нм с временным разрешением 20 фс–200 пс. При возбуждении BoWSCP в области полосы Core на длине волны 430 нм наблюдалась безызлучательная внутримолекулярная конверсия  $S_3 \rightarrow S_1$  с характерным временем  $83 \pm 9$  фс. При возбуждении комплекса в области полосы Q<sub>y</sub> на длине волны 670 нм (где, как показало моделирование спектров поглощения и анализ вторых производных, поглощает только Хл *a*) наблюдался релаксационный переход между двумя экситонными состояниями димера Хл со временем  $105 \pm 10$  фс. Анализ переходных спектров BoWSCP, полученных на задержках 50 фс и 200 пс показал, что на коротких задержках хромофорная группа BoWSCP ведет себя как экситонно-сопряженный димер.

Делокализация возбужденного состояния между экситонно-сопряженными молекулами Хл в тетрамере BoWSCP изменяется во времени и зависит от энергии возбуждения. Установлено, что при возбуждении BoWSCP в области полосы Core наблюдается сверхбыстрая фотохимическая реакция, обусловленная, предположительно, восстановлением триптофана вблизи центра связывания Хл.

Работа поддержана грантом РФФ № 21-74-20155.

## Библиографические ссылки

1. Димеры хлорофилла *a* в составе водорастворимого белка BoWSCP фотосенсибилизируют восстановление цитохрома *c* / Ю. Н. Обухов [и др.] // Доклады Академии наук. Науки о жизни. 2023. Т. 509. С. 88–92.
2. Фемтосекундная динамика возбужденных состояний тетрамера хлорофилла в водорастворимом хлорофилл-связывающем белке BoWSCP / Д. А. Черепанов [и др.] // Биохимия. 2023. Т. 88, № 10. С. 1580–1595.