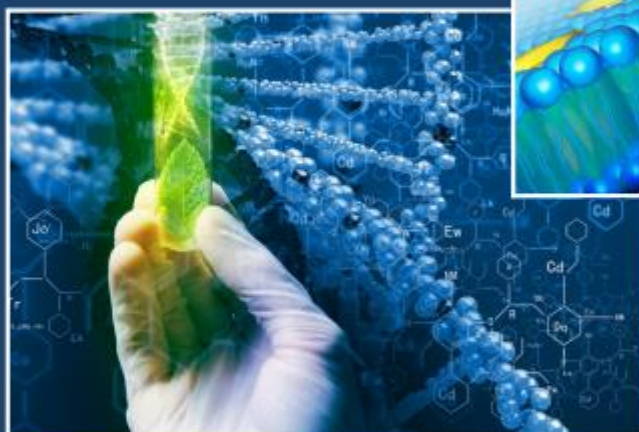
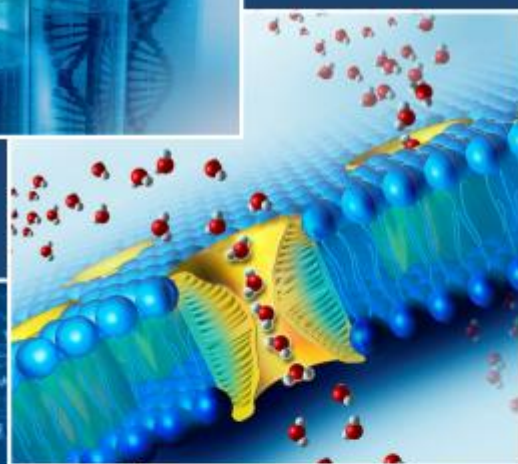


VII Съезд биофизиков России



Сборник научных трудов

Том. 1



17 - 23.04.2023 (г. Краснодар)



**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ VII СЪЕЗДА БИОФИЗИКОВ
РОССИИ: в 2 томах, том 1 – Краснодар: Типография ФГБОУ
ВО «КубГТУ», 2023**

Представлены материалы VII Съезда биофизиков России. Основные направления работы Съезда: медицинская биофизика; нейробиофизика; молекулярная биофизика; биофизика сложных многокомпонентных систем и математическое моделирование; механизмы действия физико-химических факторов на биологические системы; биофизика клетки; мембранные процессы; фотобиология и биофотоника; экологическая биофизика; биомеханика и биологическая подвижность; молекулярные моторы; механизмы трансформации энергии; новые методы в биофизике; биофизическое образование.

Сборник предназначен для биофизиков, биохимиков, молекулярных биологов, специалистов, работающих в различных областях физико-химической биологии. Он может быть также полезен для студентов и аспирантов, специализирующихся в данной отрасли знаний.

Ответственные редакторы: акад. РАН А.Б. Рубин, А.А. Анашкина, А.А. Осипов

The materials of the VII Congress of Biophysicists of Russia are presented. The main working areas of the Congress: medical biophysics; neurobiophysics; molecular biophysics; biophysics of complex multicomponent systems and mathematical modeling; mechanisms of action of physical and chemical factors on biological systems; cell biophysics; membrane processes; photobiology and biophotonics; ecological biophysics; biomechanics and biological mobility; molecular motors; energy transformation mechanisms; new methods in biophysics; biophysical education.

The compilation is intended for biophysicists, biochemists, molecular biologists, specialists working in various fields of physical and chemical biology. It can also be useful for undergraduate and postgraduate students specializing in this area of knowledge.

Responsible editors: academician of RAS A.B. Rubin, A.A. Anashkina, A.A. Osypov

Партнеры VII Съезда биофизиков России:

Stormoff®



Кубанский государственный технологический университет
2023

Первичные фотореакции родопсина *Exiguobacterium sibiricum* (ESR) в зависимости от pH

Смитиенко О.А.^{1*}, Фельдман Т.Б.^{1,2}, Петровская Л.Е.³, Яковлева М.А.¹, Шелаев И.В.⁴, Гостев Ф.Е.⁴, Черепанов Д.А.⁴, Кольчугина И.Б.², Надточено В.А.^{4,5}, Кирпичников М.П.^{2,3}, Островский М.А.^{1,2}

¹ИБХФ РАН;

²МГУ им. М.В. Ломоносова, Биологический факультет;

³ИБХ РАН;

⁴ФИЦ ХФ РАН;

⁵МГУ им. М.В. Ломоносова, Химический факультет;

djolia@gmail.com

Микробный родопсин почвенной бактерии *Exiguobacterium sibiricum* (ESR) осуществляет светозависимый активный перенос протонов из клетки во внешнюю среду, тем самым преобразуя энергию света в электрохимический потенциал. В основе работы этого белка, как и других микробных родопсинов и родопсинов животных, лежит фотохимическая реакция изомеризации хромофорной группы ретиналя, протекающая в возбужденном состоянии в фемтосекундном диапазоне времени. Ранее нами было показано, что в пикосекундном диапазоне времени существует дополнительный нереакционный путь распада возбужденного состояния, который влияет на общий квантовый выход реакции [1]. Вероятно, наличие нереакционного пути связано с гетерогенностью начального состояния, которая сильно зависит от pH, что было продемонстрировано для близкородственного ESR протонного насоса протеродопсина (PR) [2], протонного насоса бактериородопсина (BR) [3] и натриевого насоса KR2 [4]. Для проверки этой гипотезы была изучена зависимость скорости и эффективности фотореакции ESR от pH.

Работа проведена методом фемтосекундной абсорбционной лазерной спектроскопии при возбуждении ESR импульсами длительностью 25–45 фс и зондировании в диапазоне 400–900 нм. ESR был экспрессирован в *E. coli*, очищен хроматографически и экстрагирован в 0,05–0,1% DDM при pH 5,3, 7,4 и 9,5. Времена наблюдаемых процессов были оценены путем построения модельных экспоненциальных кривых на основе экспериментальных кинетических кривых.

Было показано, что при каждом выбранном значении pH наблюдаются сигналы из возбужденного состояния, которые сменяются сигналами поглощения первых фотопродуктов, содержащих изомеризованный ретиналь, J и K. Продукт J образуется в фемтосекундном диапазоне времени и за несколько пикосекунд переходит в следующий продукт K. Динамика распада возбужденного состояния ESR состоит из двух компонент – быстрой фемтосекундной, характеризующей реакционный путь образования продукта J, и медленной пикосекундной, характеризующей нереакционный путь возвращения части возбужденных молекул в исходное состояние. При увеличении pH от 5,3 до 9,5 единиц наблюдается уменьшение быстрой компоненты от 830 до 490 фс, что свидетельствует об увеличении скорости фотореакции изомеризации хромофорной группы ретиналя. При этом вклад нереакционного возбужденного состояния уменьшается от 40 до 26%, а квантовый выход фотореакции значительно увеличивается, что видно по увеличению интенсивности сигнала фотопродукта K в 2,5 раза.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии pH на скорость и эффективность фотореакции ESR. В работах [2–4] на примере других микробных родопсинов было показано, что гетерогенность начального состояния связана со степенью протонирования противоиона Шиффова основания (ШО) ретиналя, аминокислотного остатка аспартата, взаимодействие с которым в депротонированной форме сильно влияет на систему электронных уровней ретиналя и динамику фотореакции. В случае ESR это D85, который связан с протоном ШО сильной водородной связью через молекулу воды. При pH 9,5 он полностью депротонирован, что приводит к наиболее быстрой и эффективной фотореакции. Таким образом, можно заключить, что первичные реакции ESR имеют много общего с микробными родопсинами, выполняющими функции катионных насосов. Вероятно, эти свойства связаны с адаптацией родопсинов к условиям окружающей среды, pH которой сдвинут преимущественно в щелочную область, как, например, в море (PR, KR2) и соленых озерах (BR).

Список литературы:

1. Smittenko O.A. et al. // *J. Phys. Chem. B*. 2021. 125. 995–1008.
2. Chang, C.-F. et al. // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2019. 21. 25728–25734.
3. Chang, C.-F. et al. // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2022, 61, e202111930.
4. Tahara S. et al. // *J. Phys. Chem. B*. 2018. 122:18. 4784–4792.

