

СТИРИЛОВЫЕ КРАСИТЕЛИ КАК ДАТЧИКИ ПРОТОНОВ, ВЫДЕЛЯЕМЫХ ИЗ ФОТОАКТИВИРУЕМЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ГРАНИЦЕ ЛИПИДНОЙ МЕМБРАНЫ

Л. Е. Поздеева¹, В. Ю. Ташкин², Д. Д. Зыкова^{2,3}, В. С. Соколов²

¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

²Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва, Россия

³Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия

Согласно многочисленным исследованиям, протоны, находящиеся на поверхности мембраны, медленно обмениваются с объемом раствора, но способны быстро перемещаться вдоль ее поверхности. Предполагается, что они отделены от объема раствора высоким потенциальным барьером. Удобной системой, позволяющей определить его высоту, является бислойная липидная мембрана (БЛМ), на одной стороне которой адсорбированы соединения, выбрасывающие протон при поглощении ими света (Caged-H⁺). Настоящая работа посвящена исследованию двух анионных Caged-H⁺. Одно из них – 2-метокси-5-нитрофенилсульфат натрия (MNPS) – необратимо высвобождает сульфат и протон, второе – пиранин – обратимо депротонируется из-за снижения рК. Адсорбция MNPS и пиранина на БЛМ изучалась методом компенсации внутримембранного поля. Данным методом изучалась и кинетика переноса протонов из БЛМ в раствор при возбуждении MNPS УФ светом [1]. Изменения потенциала в этих экспериментах определялись зависимостью поверхностного заряда БЛМ от pH, вызванной наличием титруемых групп фосфолипидов. Это ограничивало чувствительность данного метода и область pH, в которой можно было проводить измерения. Для увеличения чувствительности в мембрану встроили стиримовые красители – d-4-ANEPPS или RH-421, которые создают на границе мембраны дипольный скачок потенциала, зависящий от pH [2]. При освещении мембраны, на которой были адсорбированы Caged-H⁺ и красители, создаваемый ими скачок потенциала уменьшался. Скорость исчезновения потенциала увеличивалась при увеличении концентрации Caged-H⁺ и интенсивности освещения и понижении pH. Исчезновение потенциала может быть вызвано как протонированием красителей и их десорбцией с БЛМ, так и их разрушением. Контрольные эксперименты, проведенные в бескислородной среде, исключают возможность окисления красителей активными формами кислорода. Однако, возможно и прямое взаимодействие молекул этих соединений в мембране. О возможном образовании комплексов этих соединений говорят эксперименты, в которых изменения граничного потенциала при их одновременной адсорбции значительно отличались от суммы изменений потенциала, вызванных их адсорбцией по отдельности. В присутствии пиранина изменялся спектр поглощения d-4-ANEPPS.

Исчезновение дипольного потенциала БЛМ со стиримовыми красителями наблюдалось при активации двух видов Caged-H⁺ с разным механизмом освобождения протонов. Это позволяет предположить, что оно связано с переносом протонов в мембране от доноров – молекул Caged-H⁺ к акцепторам – молекулам красителей.

Работа поддержана фондом РФ (грант №23-24-00571).

Библиографические ссылки

1. Electrostatic potentials caused by the release of protons from photoactivated compound sodium 2-methoxy-5-nitrophenyl sulfate at the surface of bilayer lipid membrane / V. S. Sokolov [et al.] // *Membranes*. 2023. Vol. 15. P. 722.
2. Стириловые красители di-4-ANEPPS и RH-421 как датчики протонов на поверхности липидных мембран / А. Н. Константинова [и др.] // *Биологические мембраны*. 2021. Т. 38, № 2. С. 123–128.