

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОГО ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ В ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ

Хрущев С.С., Плюснина Т.Ю., Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Биологический факультет, каф. биофизики, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, [styx@biophys.msu.ru](mailto:styx@biophys.msu.ru)

Фотосинтез является основным процессом, обеспечивающим существование жизни на Земле. В процессе фотосинтеза энергия солнечного света трансформируется в энергию химических связей. Первичными процессами фотосинтеза является разделение зарядов в реакционных центрах фотосистем 1 и 2. Образующиеся короткоживущие ион-радикалы запускают цепь электронного транспорта (ЭТЦ), и в результате целого ряда последовательных окислительно-восстановительных реакций образуются сравнительно стабильные соединения НАДФН и АТФ, участвующие во множестве биохимических процессов. Снижение скорости потока электронов в ЭТЦ приводит к уменьшению эффективности процесса фотосинтеза в целом. Для выявления факторов, влияющих на скорость стационарного потока электронов в фотосинтетической ЭТЦ в режиме постоянного освещения предложено использовать математический аппарат функций отклика. Редокс-центры фотосинтетической ЭТЦ объединены в крупные трансмембранные комплексы, взаимодействующие между собой с помощью мобильных переносчиков электрона. В стационарном режиме мы рассматриваем эти комплексы как находящиеся в равновесии с пулами мобильных переносчиков. В состоянии равновесия все происходящие в комплексе процессы могут быть описаны по закону действующих масс как реакции первого порядка. Основное кинетическое уравнение для вероятностей нахождения комплекса в каждом из возможных состояний также имеет первый порядок, его параметрами являются константы скорости элементарных реакций и концентрации мобильных переносчиков, которые также рассматриваются как постоянные. Решая соответствующую систему линейных уравнений, мы находим  $\bar{p}$  – распределение вероятностей нахождения комплекса в каждом из возможных состояний. Знание этого распределения позволяет нам рассчитать скорость стационарного потока электронов через комплекс. Для любой элементарной реакции в комплексе мы можем определить её скорость, вычислив скалярное произведение  $\bar{p}$  и вектора, компоненты которого равны нулю для состояний, не участвующих в реакции, константе скорости прямой реакции – для состояний, являющихся субстратом реакции, и взятой с обратным знаком константе скорости обратной реакции – для состояний, являющихся продуктом реакции. Для реакций второго порядка с участием мобильных переносчиков электрона константы скорости домножаются на концентрацию соответствующего переносчика. Зависимость скорости от степени восстановленности пулов мобильных переносчиков электрона и других внешних условий может рассматриваться как функция отклика (response function) для соответствующего процесса. С помощью численных методов получены и проанализированы функции отклика, характеризующие электронный транспорт через фотосистемы 1 и 2 и цитохромный  $b_6f$  комплекс.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №22-11-00009.