

## ТЕТРАФЕНИЛБОРАТ УСИЛИВАЕТ ПРОТОНОФОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ФОСФОНИЕВЫХ ИЛИДОВ НА МОДЕЛЬНЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАНАХ

**Т. И. Рокицкая, Р. С. Кирсанов, Л. С. Хайлова, Ю. Н. Антоненко**

*НИИ физико-химической биологии им. А.Н.Белозерского,  
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Недавно нами было показано, что предшественники стабилизированных фосфониевых илидов такие, как (децилоксикарбонилметил)трифенилфосфоний бромид (СМТРР-С10) и его аналоги с разной длиной алкила, переносят ионы водорода через искусственные липидные мембраны, а также мембраны митохондрий и хлоропластов [1]. Введение метильных заместителей в фенильные группы фосфониевых солей значительно усиливает протонофорную активность предшественников фосфониевых илидов на плоских бислойных липидных мембранах (БЛМ) и выделенных митохондриях печени крысы.

Синтезированные нами предшественники стабилизированных фосфониевых илидов являются протонофорами катионного типа, поскольку могут находиться либо в катионной заряженной форме, либо цвиттерионной нейтральной форме. В результате наибольший транспорт протонов, опосредованный этими соединениями, наблюдается при формировании БЛМ из липидов с простыми эфирными связями. В таких липидах отсутствуют карбонильные группы, которые вносят большой вклад в величину скачка дипольного потенциала мембраны, замедляющего проникновение липофильных катионов через липидные мембраны. Нами было обнаружено, что индуцированный илидами протонный транспорт через БЛМ, сформированную из дифитаноилфосфатидилхолина (липид со сложноэфирными связями), увеличивается в десятки раз при добавлении наномолярных концентраций тетрафенилбората. Этот эффект вызван ускорением стадии проникновения через липидные мембраны катионной формы илида при образовании комплекса его с тетрафенилборатом. Ранее было показано, что липофильный анион тетрафенилборат ускоряет проникновение липофильных катионов и в частности тетрафенилфосфония [2].

Мы сравнили протонофорные способности метилированных в фенильных группах илидов на липосомах, нагруженных рН-индикатором пиранином. При формировании липосом из смеси липидов со сложноэфирными связями микромолярные концентрации илидов вызывали очень медленное изменение рН внутри липосом. Однако добавление наномолярных концентраций тетрафенилбората значительно ускоряло выход протонов из липосом. В случае формирования липосом из дифитанилфосфатидилхолина (липид с простыми эфирными связями) предшественники стабилизированных фосфониевых илидов в концентрации 200 нМ индуцировали быстрое изменение рН внутри липосом.

На выделенных митохондриях печени крысы тетрафенилборат также усиливал разобщающую активность предшественников стабилизированных илидов, однако действующие концентрации его были на два порядка выше чем на модельных мембранах. По-видимому, тетрафенилборат слабо накапливается в митохондриях из-за отрицательного потенциала в матриксе.

### Библиографические ссылки

1. Ester-stabilized phosphorus ylides as protonophores on bilayer lipid membranes, mitochondria and chloroplasts / R. S. Kirsanov [et. al.] // Bioelectrochemistry. 2023. Vol. 150. P. 108369.

2. *Stark G.* Negative hydrophobic ions as transport-mediators for positive ions: evidence for a carrier mechanism // Biochim. Biophys. Acta. 1980. Vol. 600. P. 233–237.