

МОДУЛЯЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ МИКРООРГАНИЗМОВ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Подольская В.И., Ермаков В.Н.¹, Якубенко Л.Н., Войтенко Е.Ю., Ульберг З.Р.

Институт биокolloидной химии им. Ф.Д.Овчаренко Национальной академии наук Украины
03142, Украина, Киев, бульвар Вернадского 42, *E-mail*: IBCC@ukrpost.ua

¹Институт теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова Национальной академии наук Украины
03143, Украина, Киев, ул. Метрологическая 14Б, *E-mail*: vlerm@bitp.kiev.ua

Биологические эффекты слабых импульсных электрических полей привлекают интерес исследователей в связи с возможностью использования в медицине, биотехнологиях, фармации. Однако природа этих явлений остается недостаточно изученной. В предыдущие десятилетия появились работы, предлагающие ряд механизмов восприятия клеткой внешнего осциллирующего сигнала. В частности, в основу модели электроконформационного сопряжения (T.Y.Tsong, R.D.Astumian) положен отклик конформационных состояний мембранных ферментов-переносчиков ионов на изменение мембранного электрического потенциала при частоте осциллирующего поля, не превышающей скорость этих переходов. Модель колебательного активационного барьера (В.С.Маркин) базируется на гипотезе, что переменное поле способно индуцировать колебания активационного барьера химической реакции, катализируемой ферментом (энергию активации Аррениуса). Эта модель более чувствительна к слабым внешним воздействиям по сравнению с предыдущей моделью. В последние годы активно изучается мембранный протонный транспорт с участием основного компонента респираторной цепи - цитохром *c* оксидазы, а также влияние на него осциллирующего электрического поля (Y.C.Kim, M.Wikström).

В настоящей работе исследовалась зависимость гидрофильно-гидрофобных свойств микроорганизмов (Г(+)- и Г(-) бактерий и микроводорослей хлорелла) от параметров внешнего импульсного электрического поля (ИЭП). На клетках микроорганизмов, содержащих цитоплазматическую мембрану и встроенные в нее респираторные центры, можно исследовать влияния поля на респираторно-связанные процессы. Эксперименты проводились в установке, описанной в работе [1], отличительной особенностью которой была изоляция одного из электродов, создающих электрическое поле. При такой конфигурации электродов на микроорганизмы могло действовать только переменное поле, исключались электрохимические процессы. В качестве осциллирующего сигнала использовали униполярные прямоугольные импульсы. Ранее нами показано, что у респираторно-активных клеток *Pseudomonas fluorescens* действие слабого импульсного электрического поля силой 10-40 В и длительностью импульса 1 мсек в интервале частот 100-500 Гц ингибировало дыхание [1]. Наоборот, у клеток обработанных респираторным ингибитором – цианидом, наблюдалось восстановление, и даже активация дыхания.

Транспорт электронов в респираторной цепи клетки сопряжен с переносом протонов через цитоплазматическую мембрану и последующим синтезом АТФ. Поэтому, воздействуя полем на электронный транспорт, можно ожидать изменения скорости важных для микроорганизмов биохимических процессов и появления биотропных эффектов. В нашем случае контролировали гидрофобность микроорганизмов. Из зависимости гидрофобности от напряжения ИЭП рассчитана величина активационного барьера $U_b = 0,46$ кТ полагая, что активационный барьер в уравнении Аррениуса зависит от величины внешнего поля. Показано, что активационный барьер имеет не монотонную зависимость от напряжения. Частотные зависимости гидрофобности нативных бактерий также обнаружили не монотонный характер с максимумом гидрофобности в области 2 КГц и повышенной гидрофильностью клеток в области частот соответственно меньше 700 Гц и больше 3 КГц. В случае, когда активность цитохром *c* оксидазы частично ингибировали с помощью 1,9 мМ цианида, положение максимума сдвигалось до 4 КГц, частотная область гидрофобизации становилась почти в два раза шире. При полном подавлении дыхания в присутствии 4 мМ цианида биотропный полевой эффект был незначительным. Гидрофобный эффект поля характеризуется последствием, зависящим от концентрации цианида и частоты. С увеличением частоты от 2 до 4 КГц продолжительность последствия увеличилось с 0,5 до 1,0 часа. При этом время затухания было постоянным и составило 0,97 часа. Сходство отмеченных реакций на обработку ИЭП у микроорганизмов, относящихся к различным таксономическим группам, указывает на взаимосвязь происходящих изменений гидрофильно-гидрофобных свойств культур микроорганизмов под действием ИЭП с электронно-транспортными процессами в респираторной цепи.

MODULATION OF MICROORGANISMS SURFACE PROPERTIES BY PULSE ELECTRIC FIELD

V.I.Podolskaya, V.N.Ermakov¹, L.N.Yakubenko, E.Yu.Voitenko, Z.R.Ulberg

F.D.Ovcharenko Institute for Biocolloidal Chemistry, NAS of Ukraine, E-mail: IBCC@ukrpost.ua

¹N.N.Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, NAS of Ukraine, E-mail: vlerm@bitp.kiev.ua

Литература

1. Podolska V.I., Ermakov V.N., Yakubenko L.N., Ulberg Z.R., Gryshchenko N.I.// Food Biophysics, 2009, v. 4. No.4, p.2 81.
2. Подольская В.И., Якубенко Л.Н., Ульберг З.Р., Ермаков В.Н., Грищенко Н.И.// Коллоид. журн., 2010, т. 72, № 6, с.822.