

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Никулина Мария Павловна*

аспирант

*Никулин Роман Николаевич*

канд. физ.-мат. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный  
технический университет»

г. Волгоград, Волгоградская область

### ДИНАМИКА ТРАНСМЕМБРАННОГО ТРАНСПОРТА ИОНОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

*Аннотация:* рассматривается модель избирательного потенциал-управляемого натриевого ионного канала, представленного в виде двух потенциальных ям и трех барьеров; дана оценка порядка для констант скоростей реакций перехода иона из раствора в мембрану и преодоления избирательного барьера. Представлен способ учета воздействия внешнего СВЧ поля на транспорт ионов через избирательные натриевые каналы и липидные поры; показано, что воздействие внешнего электромагнитного излучения изменяет высоту потенциального барьера на мембране и размеры пор, тем самым, воздействуя на ионный транспорт.

*Ключевые слова:* биологические мембраны, ионный транспорт, СВЧ излучение, воздействие ЭМИ, селективный барьер.

В процессах жизнедеятельности биологической клетки значительную роль играют мембраны. Важно понимание процессов воздействия ЭМИ на биологические объекты, можно рассматривать действие ЭМИ на мембранные поры как каналы обмена клетки веществом и энергией с окружающей средой или другими клетками [1].

Целью работы являлось построение модели динамики трансмембранного транспорта ионов через селективный потенциал-управляемый натриевый канал

на основе теории абсолютных скоростей реакций Эйринга и сквозь липидные поры бислойных липидных мембран с учетом влияния внешнего излучения на транспортные процессы в этих системах.

При реализации поставленной цели решены следующие задачи:

- предложена математическая модель, описывающая силу ионного тока, протекающего через ионный канал клеточной мембраны и липидную пору;
- обоснована возможность использования этой модели для описания явлений, происходящих внутри биологической мембраны под воздействием низкоинтенсивного внешнего поля;
- вычислены силы ионных токов под воздействием внешнего ЭМП с заданными параметрами.

Рассмотрена модель селективного потенциал-управляемого натриевого ионного канала, представленного рядом из двух потенциальных ям и трех барьеров. Проведенный анализ показал, что применение данной модели позволяет проводить количественный анализ транспортных процессов сквозь белковые ионные каналы. Оценены порядки констант скоростей реакций перехода иона из растворов в мембрану и преодоления селективного барьера. Показано, что константы скорости могут быть вычислены на основе формулы Аррениуса, и их значения сильно зависят от температуры, величин диэлектрических проницаемостей сред внутри и снаружи канала, а также от радиусов транспортируемых ионов и анионов, фиксированных в полости канала [2].

Предложен метод учета влияния внешнего СВЧ излучения на ионный транспорт через селективные натриевые каналы и липидные поры. Показано, что наличие внешнего электромагнитного излучения изменяет высоту потенциального барьера на мембране и размеры пор, тем самым, воздействуя на ионный транспорт. Частотные границы внешнего излучения, способного влиять на транспорт в рамках предложенной модели, определяются константами скоростей реакций. Анализ поведения липидных пор показал, что уменьшение или увеличение потенциала на мембране за счет наведенного СВЧ полем потенциала вли-

яет на размер поры мембраны и, как следствие, на силу ионного тока через мембрану. Кроме того, СВЧ воздействие влияет на стабильность мембран, увеличивая вероятность их разрушения [3].

Достоверность результатов исследования обусловлена достаточным количеством результатов, коррелирующих с экспериментальными и литературными данными, строгой аналитической аргументацией полученных теоретических положений.

Практическая ценность работы:

- подтверждено влияние ЭМИ СВЧ диапазона длин волн на биологические объекты, в частности на процессы ионного транспорта;
- показано, что применение данной модели позволяет проводить количественный анализ транспортных процессов сквозь белковые ионные каналы и липидные поры;
- показано, что указанные закономерности поведения систем пассивного транспорта ионов могут использоваться при исследовании реальных клеток, так как модель может быть легко расширена для различных вариантов распределения потенциальной энергии по ионному каналу.

### *Список литературы*

1. Моделирование отклика системы связанных клеток на воздействие микроволнового излучения низкой интенсивности методом триггеров / Н.В. Грецова, Р.Н. Никулин, М.В. Грецов, М.П. Никулина // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2011. – №6. – С. 4–11.

2. Грецова Н.В. Моделирование межклеточных взаимодействий с учётом внешнего поля методом связанных триггеров / Н.В. Грецова, М.П. Никулина, М.В. Грецов // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-25 : сб. тр. XXV междунар. науч. конф. В 10 т. Т. 4. Секции 6, 7, 13 (г. Волгоград, 29-31 мая 2012 г.) / ВолгГТУ [и др.]. – Саратов, 2012. – С. 98–102.

3. Никулин Р.Н. Моделирование транспорта ионов через мембранный канал при наличии внешнего СВЧ-излучения / Р.Н. Никулин, М.П. Никулина,

А.В. Жирков // Известия ВолгГТУ. Сер. Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Вып. 10. – Волгоград, 2014. – №26 (153). – С. 53–61.