

ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕНЦИАЛА РАЗРЫВА БИСЛОЙНЫХ ЛИПИДНЫХ МЕМБРАН ОТ СКОРОСТИ ПОДАВАЕМОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Л. Г. МИКАЕЛЯН. С. А. АДЖЯН

Ключевые слова: плоские липидные мембраны, устойчивость, потенциал разрыва.

Устойчивость бислойных липидных мембран (БЛМ) к электрическому полю часто характеризуется потенциалом разрыва (V_p), который, согласно Тьену [5], представляет собой трансмембранную разность потенциалов, при которой мембрана разрушается. Величина V_p БЛМ варьирует в пределах 100—550 мВ и зависит от химического состава водного и липидного растворов [2, 4], а также от температуры [3]. Недавно было показано [1], что величина разрывающего напряжения зависит также от процедуры измерения. Используя импульсный метод определения электрической прочности диэлектриков, при котором устанавливается зависимость $\tau = i(\varphi)$, где τ —время жизни БЛМ при напряжении φ , авторы показали, что с увеличением напряжения τ БЛМ уменьшается. Устойчивость мембран к электрическому полю можно исследовать также путем подачи линейно-возрастающего напряжения с постоянной скоростью. В этом случае устанавливается зависимость $V_p = \beta\tau$, где $\beta = \frac{dV}{dt}$ —скорость линейного напряжения (СЛН), τ —время достижения разрывного значения напряжения. В литературе [5] имеются сведения о том, что V_p БЛМ зависит от скорости развития напряжения на мембране, однако систематически этот вопрос не исследовался. Учитывая важность изучения зависимости $V_p = \beta\tau$ для теории электрического пробоя мембран, нами были проведены эксперименты.

Материал и методика. БЛМ формировали из суммарной фракции липидов хлороформ-метанольного экстракта мозга быка, растворенных в n-алканах. Экспериментальная камера из тефлона покоилась на стальной плите массой 100 кг, подвешенной на стальном блоке с помощью нейлоновых тросов для предотвращения вибрации. Измерения начинали после полного почернения мембран, которое контролировали визуально с помощью бинокулярного микроскопа МБС-2. Электрическим критерием окончания формирования бислоя служило установление стационарного уровня проводимости мембраны, измеренной с помощью операционного усилителя «Кейтлы 301». Напряжение на БЛМ подавали с помощью хлорсеребряных электродов от генератора оригина-

тальной конструкции, генерирующего одиночные импульсы линейного напряжения амплитудой 1,2 или 2,0 вольта с различной скоростью. Разрыв БЛМ регистрировали на осциллографе с памятью марки С8-11.

Результаты и обсуждение. На рисунке представлены зависимости V_p БЛМ от β . Видно, что с увеличением СЛН V_p возрастает по кривой, близкой к полулогарифмической. В области низких значений β при десятикратном увеличении последней V_p БЛМ возрастает на 75 мВ. При значениях β , больших 1000 В/сек, наклон кривой составляет 125 мВ. Сравнение кривых 1 и 2 на рисунке показывает, что изменение химического состава БЛМ (замена растворителя) не влияет на характер кривой и отражается только на абсолютных значениях V_p БЛМ. Полученные

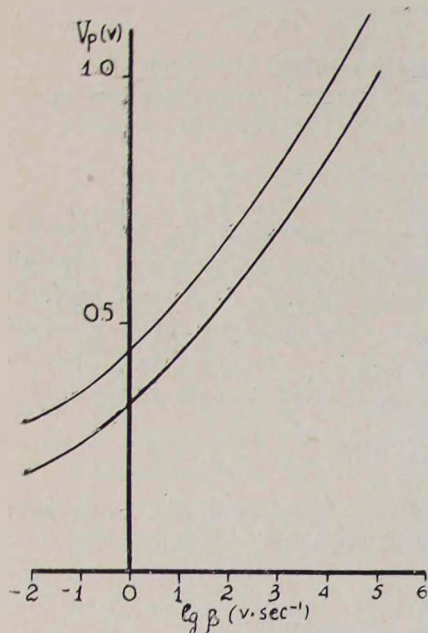


Рис. Зависимость V_p БЛМ от логарифма β . Кривые: 1—БЛМ-декан, 2—БЛМ-гептан. Водный раствор содержит 0,1 М NaCl. Температура раствора 22°. Каждая точка на кривых соответствует среднему из 40—170 измерений.

результаты хорошо согласуются с данными, полученными в работе Абидора и др. [1] и указывают на то, что величина V_p БЛМ при данной СЛН может служить критерием устойчивости БЛМ в электрическом поле, так же как и среднее время жизни БЛМ при данном потенциале. Более сильная зависимость V_p от β в области высоких значений последней может быть объяснена на основе представлений о механизме разрыва БЛМ в электрическом поле, развитых в теории электрического пробоя мембран [1]. Согласно этой теории, в основе разрушения мембран в электрическом поле лежат локальные дефекты типа сквозных пор, возникающих в структуре мембраны. Процесс разрушения БЛМ происходит постадийно—рождение дефекта, его рост до критических размеров и собственно разрушение БЛМ. Лимитирующей стадией в этом процессе является вторая—появление дефекта с критическим радиусом. Из теории следует, что критический радиус дефекта быстро уменьшается с ростом напряжения. Это значит, что при высоких потенциалах время

жизни БЛМ будет стремиться к постоянному значению, определяемому временем рождения дефекта. Из сказанного следует, что при СЛН, больших, чем «скорость» рождения дефекта, будет наблюдаться более быстрый рост V_p , чем при низких ее значениях. Наблюдаемое «ускорение» роста V_p от β имеет место при СЛН, равной 10^4 В/сек. Это значит, что время рождения дефекта в экстремальных условиях составляет приблизительно 100 мксек.

Полученные результаты показывают, что изучение указанной зависимости $V_p \sim i(\beta)$ может дать дополнительную информацию о процессе разрыва БЛМ в электрическом поле.

Ереванский физический институт ГКАЭ

Поступило 22.VIII 1980 г.

ԵՐԿՇԵՐՏ ԼԻՊԻԴԱՅԻՆ ՄԵՄԲՐԱՆՆԵՐԻ ԽՉՄԱՆ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼԻ ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԴԾԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԼԱՐՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Լ. Գ. ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, Ս. Ա. ՀԱՋԻՅԱՆ

Ուսումնասիրվել է երկշերտ լիպիդային մեմբրանների խզման պոտենցիալի կախվածությունը մեմբրանին տրվող զծային էլեկտրական լարման արագությունից $1,5 \times 10^{-2} - 3,0 \times 10^6$ վոլտ/վրկ. տիրույթում: Ցույց է տրվում, որ զծային էլեկտրական լարման արագության մեծացմանը զուգընթաց աճում է իջման պոտենցիալի արժեքը: Կախվածության կորի տեսքը մոտ է կիսալոգարիթմականի և չի փոփոխվում մեմբրանի քիմիական կազմի փոփոխումից:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аби́дор И. Г., Араке́лян В. Б., Пасту́шенко В. Ф., Тарасевич М. Р., Черномордик Л. В., Чизмаджес Ю. А. ДАН СССР, 240, 3, 733, 1978.
2. Микаелян Л. Г., Аджян С. А. Биолог. ж. Армении, 32, 11, 1979.
3. Микаелян Л. Г., Аджян С. А. Биофизика, 6, 1980.
4. Tien H. T., Diana A. L. J. Coll. Interface Sci., 24, 287, 1967.
5. Tien H. T. in „Bilayer Lipid Membranes“, Theory and practice, Marcel Dekker inc. N-Y—London, 1973, p. 159.