

О СОСТОЯНИИ ВОДЫ В МЕМБРАНЕ

В. Б. АРАКЕЛЯН

Ереванский физический институт ГКАЭ СССР

Мембрана—вода.

Считается, что вода в мембране находится в виде отдельных молекул, причем эти молекулы расположены в дефектах углеводородных хвостов—кинках [4]. Однако не исключена возможность, что вода в мембране может находиться также в виде микроскопических капель [1]. Такая возможность может реализоваться, если поверхностное натяжение на границе водной капли с углеводородом гораздо ниже, чем на макроскопической границе вода—углеводород. Проведем расчет зависимости поверхностного натяжения сферической капли воды от радиуса $\sigma(r)$, основываясь на данных работ [2, 5, 6]. Согласно [5, 6], свойства воды у гидрофобной поверхности отличаются от свойств объемной воды, и для описания поведения воды вблизи поверхности вводят параметр порядка η , который равен нулю в глубине водной фазы ($\eta = 0$) и некоторому значению $\eta = \eta_0$ на границе раздела. Энергия взаимодействия гидрофобной поверхности с водой имеет вид [6]

$$W = \int (\eta^2 + \xi^2 (\nabla \cdot \eta)^2) dv, \quad (1)$$

где ξ —характерная длина изменения параметра порядка ($\xi = 10 \text{ \AA}$ [5]), а интегрирование идет по объему капли. Из условия минимума W можно получить уравнение для η

$$\eta = \frac{\xi^2}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\eta}{dr} \right). \quad (2)$$

Решение (2) с учетом граничного условия $\eta(R) = \eta_0$ (R —радиус капли) имеет вид

$$\eta(r) = \eta_0 \frac{R \operatorname{sh}(r/\xi)}{r \operatorname{sh}(R/\xi)}. \quad (3)$$

Поставив (3) в (1), получим энергию сферической капли

$$W = \frac{4\pi R^2 \eta_0^2 \xi}{\operatorname{sh}^2(R/\xi)} \left(\frac{1}{2} \operatorname{sh}(2R/\xi) + \frac{\xi}{2R} (1 - \operatorname{ch}(2R/\xi)) \right). \quad (4)$$

Для плоской границы раздела $\eta_1^2 \xi = \sigma(\infty)$ [2], и тогда (4) можно переписать в виде

$$W = 4\pi R^2 \sigma(R), \quad (5)$$

$$\sigma(R) = \frac{\sigma(\infty)}{\text{sh}^2(R/\xi)} \left(\frac{1}{2} \text{sh}(2R/\xi) + \frac{\xi}{2R} (1 - \text{ch}(2R/\xi)) \right). \quad (6)$$

Заметим, что при $R \gg \xi$ $\sigma(R) = \sigma(\infty)$, а при $R \ll \xi$ $\sigma(R) = R \sigma(\infty) / (3\xi)$, т. е. с уменьшением радиуса капли поверхностное натяжение уменьшается и при $R=0$, $\sigma=0$. На границе макроскопических фаз $\sigma(\infty) = 50$ эрг/см² [3], а для капли с $R=5 \text{ \AA}$ из формулы (6) получим $\sigma = 8,3$ эрг/см². Поверхностная энергия согласно (5) будет при этом составлять 6,2 кТ (где k —постоянная Больцмана, T —температура), если же использовать макроскопическое значение σ , то получим 37,1 кТ. Эти числа показывают, что вероятность образования микроскопических капель с реальным значением σ на 13 порядков выше, чем оценки по макроскопическим значениям σ .

Выражаю благодарность Ю. А. Чизмаджеву и В. Ф. Пастушенко за полезные дискуссии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пастушенко В. Ф. Биофизика, 19, 2, 227—231, 1984.
2. Лейкиш С. Л., Глазер Р. В., Черноморских Л. В. Биол. мембраны, 3, 9, 944—951, 1986.
3. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М., 1979.
4. Träubel H. J. Membrane Biol., 4, 193—209, 1971.
5. Israelachvili J. N., Pashley R. M. J. Colloid and Interface Sci., 93, 500—514, 1984.
6. Marcelja S. Croat. Chem. Acta, 49, 347—377, 1977.

Получено 14.XI.1988 г.

Биолог. ж. Армения, № 1, (12), 1989

УДК 612.35:537.2

ИОННАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ БИСЛОЙНЫХ МЕМБРАН ИЗ ЛИПИДОВ ЭРИТРОЦИТОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Г. Г. АРЦРЯНИ, Р. А. МАНУКЯН, С. А. БАДЖИНЯН

Ереванский медицинский институт

Мембраны бислойные липидные—эритроциты—электростатическое поле

Сильные электрические поля вызывают значительное увеличение проницаемости эритроцитарных мембран для моновалентных катионов в результате образования и увеличения размеров гидрофильных пор [5, 6, 9]. Ранее нами было показано, что воздействие ЭСП *in vivo* приво-

Сокращения: БЛМ—бислойные липидные мембраны, ЭСП—электростатическое поле