

РЕЗОНАНСНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОВЕРХНОСТНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЛИПИДНЫХ ВЕЗИКУЛ С МИКРОВОЛНОВЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

©1999 г. П.М. Красильников

Биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Воробьевы горы

Поступила в редакцию 12.05.98 г.

Показана возможность существования коллективных эффектов в ионной среде на поверхности липидных мембран, которые обусловлены высокой латеральной подвижностью ионов и связаны с возбуждением высокочастотных токов смещения в слое Штерна у заряженной поверхности мембраны. Эти эффекты обуславливают механизм резонансного индуцирования быстро осциллирующих дипольных моментов на липидных везикулах (клетках), что может лежать в основе эффекта «узнавания» и автоколебательного режима агрегации везикул в коллоидном растворе.

Ключевые слова: липидные везикулы, заряд, электромагнитное поле, резонансное взаимодействие.

Электрический заряд, распределенный на поверхности биомембран, играет важную роль не только в регуляции молекулярных мембранных процессов, но и в процессах взаимодействия биологических клеток с внешними электромагнитными полями. Заряженная поверхность биомембран формируется во взаимодействии с водным окружением полярными «головками» мембранных липидов, полярными и ионогенными группами мембранных белков и полисахаридов. Потенциалопределяющие поверхностные ионы могут возникать не только в результате диссоциативных процессов, но и в результате специфической адсорбции ионов из раствора. Слой гидратированных противоионов, непосредственно контактирующий с поверхностью мембраны, образует плотную часть двойного электрического слоя – слой Штерна. Ионы, находящиеся в слое Штерна, являются подвижными, причем если движение этих ионов в направлении, перпендикулярном поверхности, затруднено из-за электростатического притяжения противоионов, то в латеральном направлении подвижность ионов оказывается, наоборот, выше, чем в объемной фазе водного раствора. Так, для протонов скорость латеральной диффузии более чем в 20 раз превышает скорость диффузионного движения в воде [1,2]; для ионов натрия латеральная подвижность на один – два порядка превышает скорость диффузии в воде [3].

В связи с тем, что высокопроводящие системы являются системами, эффективно взаимодействующими с электромагнитными полями, представляет определенный интерес исследование возможных механизмов взаимодействия таких полей с биологическими клетками на примере модельной системы – заряженной и обладающей высокой поверхностной проводимостью липидной везикуле. Используемый здесь подход основывается на представлениях теории поверхностных элементарных возбуждений в металлах – плазмонах. Этот подход применяется, например, для исследования гигантского комбинационного рассеяния при взаимодействии оптического излучения с поверхностями металлов [4,5], а также с ионами, адсорбированными на металлических поверхностях [6,7].

Рассмотрим сферическую бислоюную липидную мембрану толщиной $h = R_e - R_i$, где R_e и R_i – внешний и внутренний радиусы бислоя соответственно; введем средний радиус мембраны $a = 1/2 (R_e + R_i)$ и параметр $\mu = h/a$. Пространственно рассматриваемая система состоит из трех областей: внутренней (внутриклеточной; величины, относящиеся к этой области, обозначены индексом i), внешней (индекс e) и собственно мембраны (индекс m). Внешняя и внутренняя области заполнены раствором электролита, который будем считать симметричным с равновесными концентрациями c_0^i , c_0^e и диэлектрическими проницаемостями ϵ_i и ϵ_e . Внут-