

МОДЕЛЬ МЕМБРАНЫ С ДЛИННЫМИ ПОРАМИ (проницаемость для неэлектролитов)

Л. Н. ЕРМИШКИН, Е. А. ЛИБЕРМАН, В. В. СМОЛЯНИНОВ

Институт биологической физики АН СССР, Москва

В настоящей статье для описания движения воды и неэлектролитов через биологические мембраны использована модель мембраны с длинными узкими порами, в которых молекулы не могут разойтись [1]. Таким образом, рассматривается предельный случай, дающий наиболее сильное взаимодействие потоков веществ в пористой мембране. Модель хорошо описывает обнаруженное в эксперименте большое отношение осмотического и изотопного потоков воды у клеточных ($^5/1$) и у искусственных бимолекулярных фосфолипидных мембран ($^{15-20}/1$) [2]. Трактовка этого различия в потоках с помощью закона Пуазейля и уравнений термодинамики необратимых процессов [3, 4], по-видимому, не пригодна. Действительно, таким способом нельзя объяснить результаты эксперимента на бимолекулярных фосфолипидных мембранах. Согласно представлениям Кедем и Качальского [4], отношение осмотического потока воды к изотопному при равных движущих силах тем больше, чем больше радиус пор в мембране. Это означает, что радиус пор фосфолипидных мембран должен быть больше, чем у клеточных. В то же время низкая проницаемость для ионов и неэлектролитов и независимость проницаемости для воды от концентрации ионов в растворе показывают, что поры в бимолекулярных мембранах могут быть только уже, чем у клеточных мембран. Последнее хорошо согласуется с представлением о бимолекулярной мембране как плотно упакованном слое длинных молекул фосфолипидов, связанных ван-дер-ваальсовыми силами с расстояниями между углеводородными цепями 4—5 Å. При таких размерах пор молекулы воды могут располагаться только в один ряд и, если они упакованы также плотно, как в воде, на толщине мембраны (примерно 70 Å) уложится около 20 молекул. Модель длинных пор дает для отношения осмотического потока к изотопному значение $n+1$, где n — число молекул в поре, эксперимент же дает отношение 15—20. Для клеточных мембран, у которых диаметр пор больше — порядка 8—10 Å, молекулы воды имеют заметную вероятность разойтись в поре. Взаимодействие потоков воды в таких порах менее сильное, поэтому отношение потоков оказывается меньше. Ясно, что для молекул неэлектролитов, размеры которых больше, чем молекул воды, взаимодействие в узкой поре будет более сильным. Поэтому рассмотрение модели мембран с узкими порами для водных растворов неэлектролитов представляется целесообразным.

Такое рассмотрение желательно и потому, что для мембраны с длинными узкими порами понятие «проницаемость мембраны для данного вещества» теряет смысл, так как при наличии нескольких типов веществ, проникающих через одни и те же поры, «проницаемость для данного вещества» зависит от концентраций в растворах и «проницаемостей» всех проходящих через мембрану веществ. Поэтому необходимо найти новые количественные характеристики потоков веществ через мембрану.