

## Dynamics of cell membranes determines their biological function

The biological membrane serves as a selective barrier between the inner contents of the cell and its environment. It is known that it is the properties of the lipid membrane that regulate various cell processes and largely determine the set of biological functions of individual cell components, including membrane proteins. Systematic studies of the features of the collective dynamics of lipid molecules in multicomponent membranes on a picosecond time scale were considered using the inelastic scattering method.

Collective vibrations of lipid molecules in single-component membranes of 1,2-dipalmitoyl-sn-glycero-3-phosphocholine (DPPC) were studied [1]. For the first time, the existence of a transverse acoustic phonon mode in the lipid membrane was proved experimentally. It was also shown that when the lipid is heated above the phase transition temperature, the above phonon mode exhibits a gap in the region of small values of the scattering vector.

The observed gap is related to diffusion and relaxation processes occurring in the lipid mem-

Fig. 1. Spontaneous pore formation in the lipid membrane.

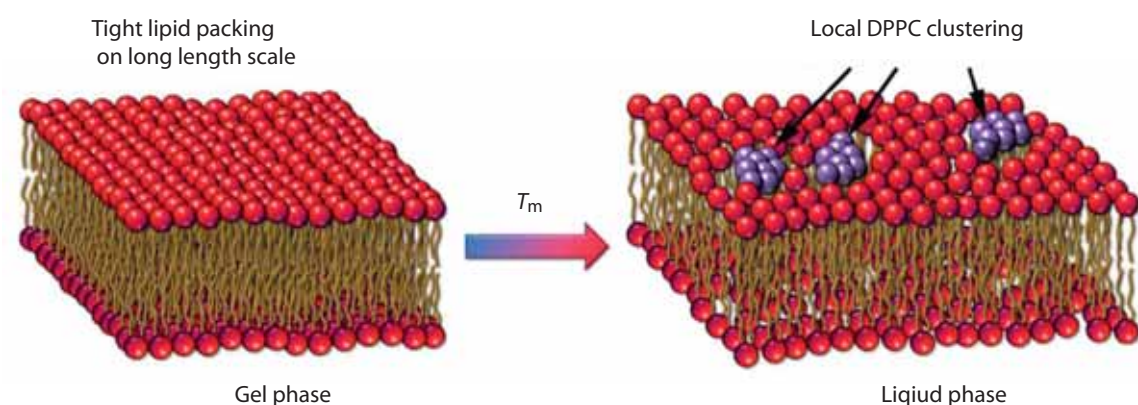


Рис. 1. Спонтанное образование пор в липидной мембране.

## Динамика мембран определяет их биологическую функцию

Биологическая мембрана служит селективным барьером между внутренним содержимым клетки и ее окружением. Известно, что именно свойства липидной мембраны регулируют различные клеточные процессы, и во многом определяют набор биологических функций отдельных клеточных компонент, включая мембранные белки. Систематические исследования особенностей коллективной динамики липидных молекул в многокомпонентных мембранах на пикосекундных временных масштабах были рассмотрены с использованием метода неупругого рассеяния.

Были изучены коллективные колебания липидных молекул в однокомпонентных мембранах 1,2-дипальмитоил-*sn*-глицеро-3-фосфатидилхолин (ДПФХ) [1]. Впервые удалось экспериментально доказать существование поперечной акустической фоновой моды в липидной мембране. Также было показано, что при нагревании липида выше температуры фазового перехода, указанная фотонная мода имеет разрыв в области малых значений вектора рассеяния.

Наблюдаемый разрыв связан с процессами диффузии и релаксации, происходящими в липидной мембране, и являются прямым призна-

ком кратковременного (порядка нескольких пикосекунд) спонтанного возникновения в мембране липидных кластеров нанометрового размера, окруженных пустотами (рис. 1). Эти поры определяют механизм пассивного транспорта растворенных веществ сквозь липидную мембрану.

Применение метода неупругого рассеяния рентгеновских лучей и компьютерного моделирования методом молекулярной динамики позволило детально изучить процессы фазового разделения в более сложных двух- и трехкомпонентных липидных мембранах ДПФХ-холестерин и ПОФХ/ДОФХ-ДПФХ-холестерин [2]. Возникновение оптических фоновых мод на дисперсион-

ных кривых таких систем свидетельствует о существовании в них стабильных (на пикосекундной шкале времени) функциональных липидных пар молекул ДОФХ, ПОФХ, ДПФХ и холестерина, которые колеблются в противофазе вокруг их центра масс (рис. 2).

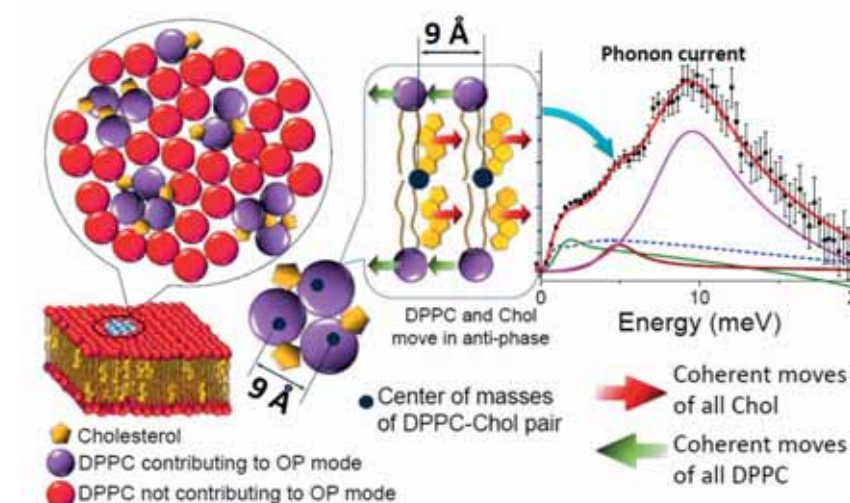
Наблюдаемый разрыв оптических фоновых мод модельных мембран является следствием конечного размера областей (нанодоменов), образованных указанными липидными парами. При этом, измеренная сверхбыстрая динамика функциональных липидных пар соизмерима по временной и энергетической шкале с процессами релаксации трансмембранных белков.

Fig. 2

Schematic representation of functional lipid pairs that nucleate into nanodomains.

Рис. 2

Схема изображения функциональных липидных пар, которые формируют нанодомены.



ком кратковременного (порядка нескольких пикосекунд) спонтанного возникновения в мембране липидных кластеров нанометрового размера, окруженных пустотами (рис. 1). Эти поры определяют механизм пассивного транспорта растворенных веществ сквозь липидную мембрану.

Применение метода неупругого рассеяния рентгеновских лучей и компьютерного моделирования методом молекулярной динамики позволило детально изучить процессы фазового разделения в более сложных двух- и трехкомпонентных липидных мембранах ДПФХ-холестерин и ПОФХ/ДОФХ-ДПФХ-холестерин [2]. Возникновение оптических фоновых мод на дисперсион-

ных кривых таких систем свидетельствует о существовании в них стабильных (на пикосекундной шкале времени) функциональных липидных пар молекул ДОФХ, ПОФХ, ДПФХ и холестерина, которые колеблются в противофазе вокруг их центра масс (рис. 2).

Наблюдаемый разрыв оптических фоновых мод модельных мембран является следствием конечного размера областей (нанодоменов), образованных указанными липидными парами. При этом, измеренная сверхбыстрая динамика функциональных липидных пар соизмерима по временной и энергетической шкале с процессами релаксации трансмембранных белков.