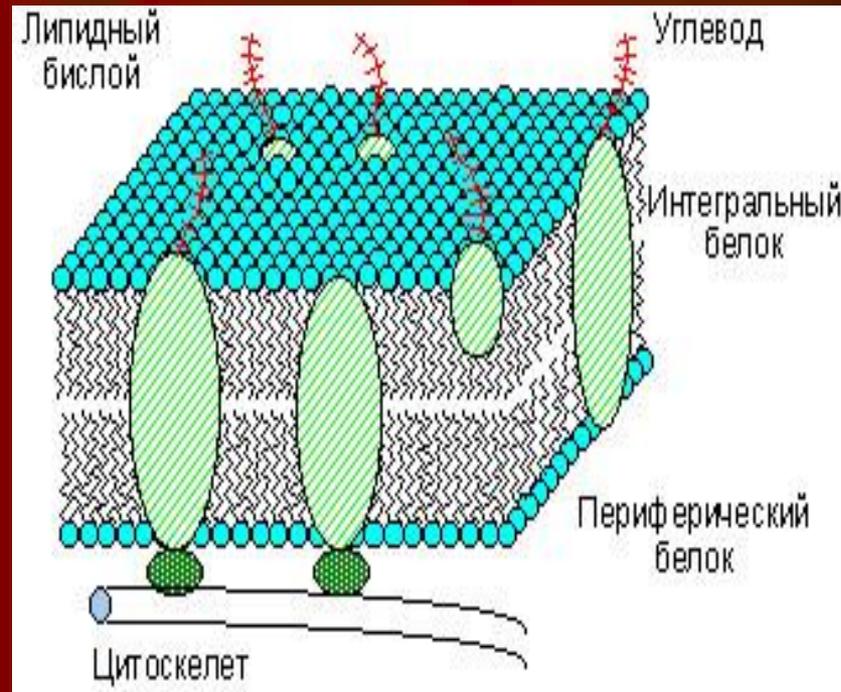


мембрана

Строение мембран

Общая схема строения мембран

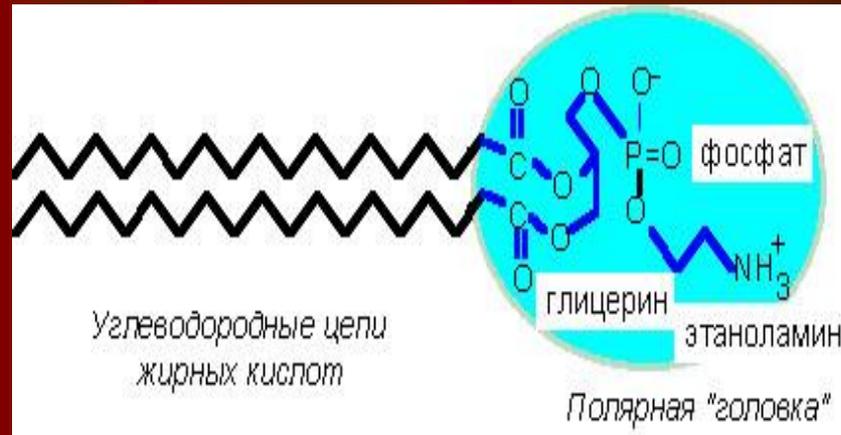
Согласно современным представлениям, все клеточные и внутриклеточные мембраны устроены сходным образом: основу мембраны составляет двойной молекулярный слой липидов (липидный бислой) на котором и в толще которого находятся белки (см. рис. 1).



Липиды мембран

Липидные бислои образуются амфифильными молекулами фосфолипидов и сфингомиелина в водной фазе. Амфифильными эти молекулы называют потому, что они состоят из двух частей, различных по своей растворимости в воде: полярной "головки", обладающей высоким сродством к воде, т. е. гидрофильной, и "хвоста", образуемого неполярными углеводородными цепями жирных кислот; эта часть молекулы обладает низким сродством к воде, т. е. гидрофобна.

В состав липидов мембран входят в основном фосфолипиды, сфингомиелины и холестерин. Примером амфифильной молекулы может служить молекула фосфатидилэтаноламина, структура которой показана на рис. 2. В состав липидного слоя мембран входят также холестерин и сфингомиелины; последние близки к фосфолипидам по химическому строению и физическим свойствам.



Химия фосфолипидов

С химической точки зрения фосфолипид состоит из четырёх частей: глицерина, двух жирных кислот с длинной углеводородной цепью, фосфорной кислоты и особой для каждого фосфолипида группы, которую мы будем называть характеристической группой. Трёхатомный спирт – глицерин связывает через сложноэфирную связь две жирные кислоты и остаток фосфорной кислоты.

Скелетные формулы одной из жирных кислот и фосфорной кислоты

Фосфолипиды различаются как составом жирных кислот,

так и структурой
характеристической групп

В фосфатидилэтаноламин
такой группой является
остаток этаноламина.

В
других фосфолипидах такой
группой может быть остаток
холина, серина и другие
полярные молекулы (см.
рис. 5).

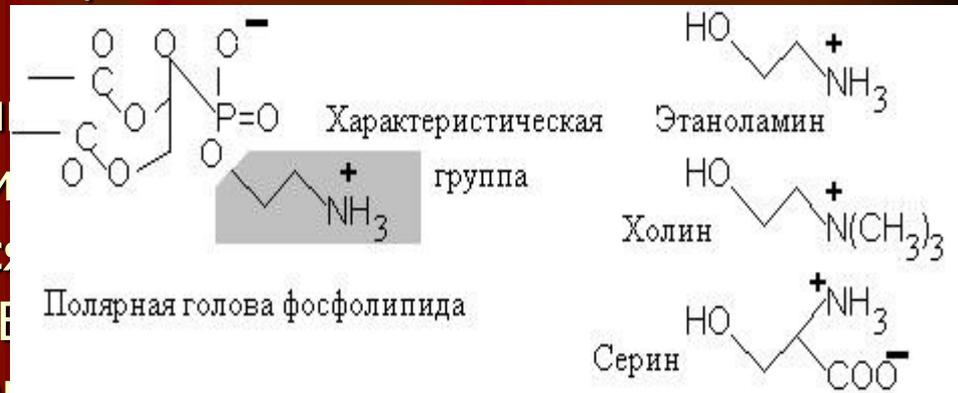
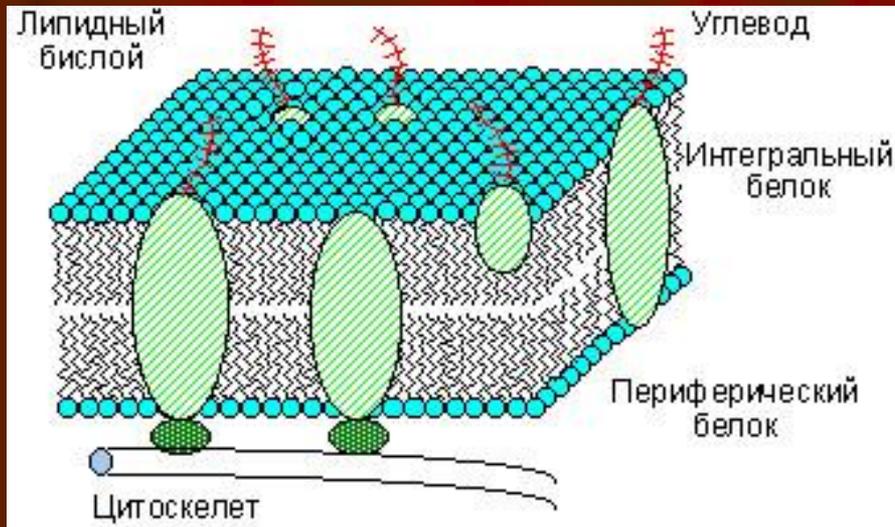


Рис. 5. Характеристические (полярные) группы фосфолипидов

Белки мембран

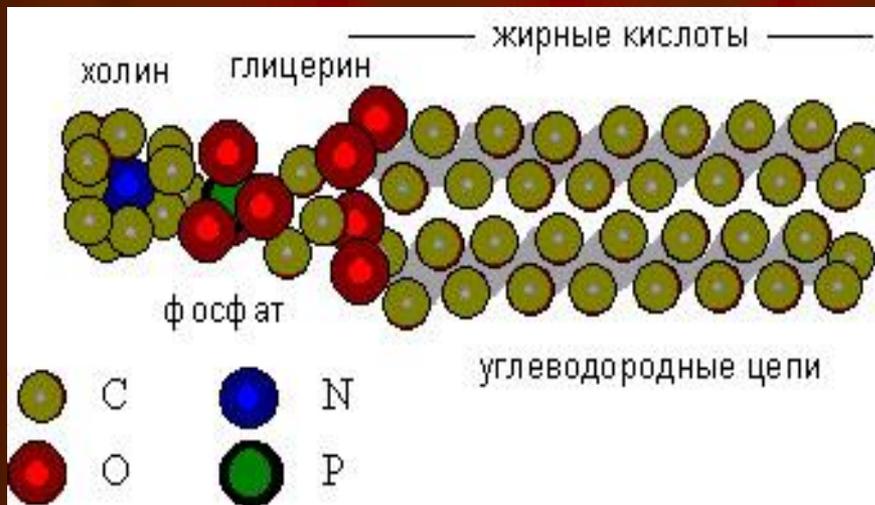
Белки мембран принято делить на интегральные и периферические. Интегральные белки имеют обширные гидрофобные участки на поверхности и нерастворимы в воде.



Липидами мембран они связаны гидрофобными взаимодействиями и частично погружены в толщу липидного бислоя, а зачастую и пронизывают бислой, оставляя на поверхности сравнительно небольшие гидрофильные участки.

Периферические белки связаны с поверхностью липидного бислоя электростатическими силами и могут быть отмыты от мембраны солевыми растворами.

Самосборка мембранных структур

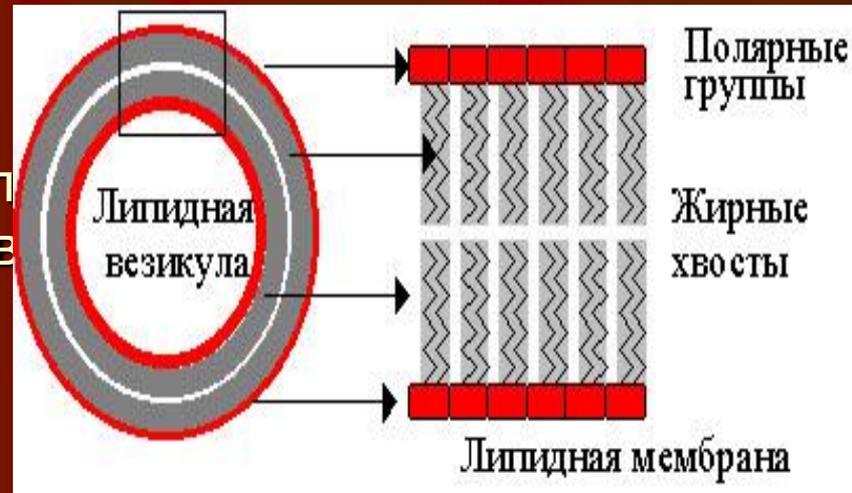


Данные рентгеноструктурного анализа и другие показывают, что молекулы фосфолипидов имеют форму сплюснутого с боков цилиндра, а по длине как бы делятся на две неравные части: небольшую "голову", состоящую из полярных групп, и длинный "хвост", образованный углеводородными цепями жирных кислот, входящих в состав фосфолипида (см. Рис. 6).

Рис. 6. Молекулярная структура фосфатидилхолина (лецитина) Левая часть молекулы, содержащая атомы кислорода, фосфора и азота и заряженные группы (триметиламин и фосфат) активно взаимодействует с молекулами воды (гидрофильны); правая часть состоит из углеводородных цепей жирных кислот, и отталкивает воду (гидрофобна). Такое строение молекулы приводит к тому, что в водных растворах фосфолипидные молекулы самособираются в бислойную мембрану. В мембране "жирные хвосты" упрятаны внутрь, а снаружи в контакте с водным окружением оказываются полярные "головы" этих молекул.

Самосборка фосфолипидных молекул

Рис. 7. Самосборка фосфолипидных молекул в липидных везикулы в водном растворе. Каждая фосфолипидная молекула состоит из полярной группы и жирнокислотных хвостов. В водном растворе происходит самосборка мембран (справа) и замыкание мембран с образованием липидных пузырьков, называемых липосомами (слева).



Модельные мембраны.

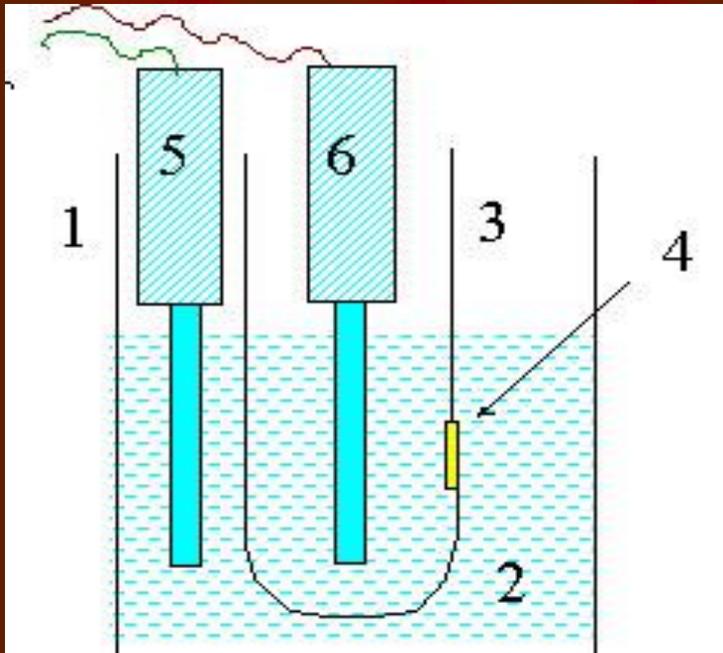
Липосомы

Изучение физических свойств липидного слоя мембран осуществляется преимущественно на двух видах искусственных мембранных структур, образованных синтетическими фосфолипидами или липидами, выделенными из биологических источников: липосомах и бислойных липидных мембранах (**БЛМ**).

Липосомы - это липидные везикулы (пузырьки), образующиеся из фосфолипидов в водных растворах. Чтобы получить липосомы, спиртовой раствор фосфолипидов впрыскивают в большой объем водного раствора. Фосфолипиды, нерастворимые в воде, образуют мелкие пузырьки, стенки которых состоят из одного липидного бислоя (однослойные липосомы).

Суспензию липосом обычно используют для изучения физических свойств липидного бислоя как вязкость, поверхностный заряд или диэлектрическая проницаемость, а также для изучения проницаемости для незаряженных молекул.

БЛМ



. Приготовление бимолекулярных липидных мембран (БЛМ) В стеклянный стакан (1) помещают раствор электролита (2) и опускают тефлоновый сосуд 3 с отверстием в стенке (4). В отверстии формируют БЛМ (см. следующий рисунок). С помощью капилляра в отверстие вводят маленькую каплю раствора фосфолипида в жидком углеводороде, гептане или гексане. Молекулы фосфолипидов собираются на поверхности капли таким образом, что полярные головки молекул обращены в водную среду, а гидрофобные хвосты внутрь капли. Постепенно растворитель уходит из капли и улетучивается, а капля превращается в липидную пленку.

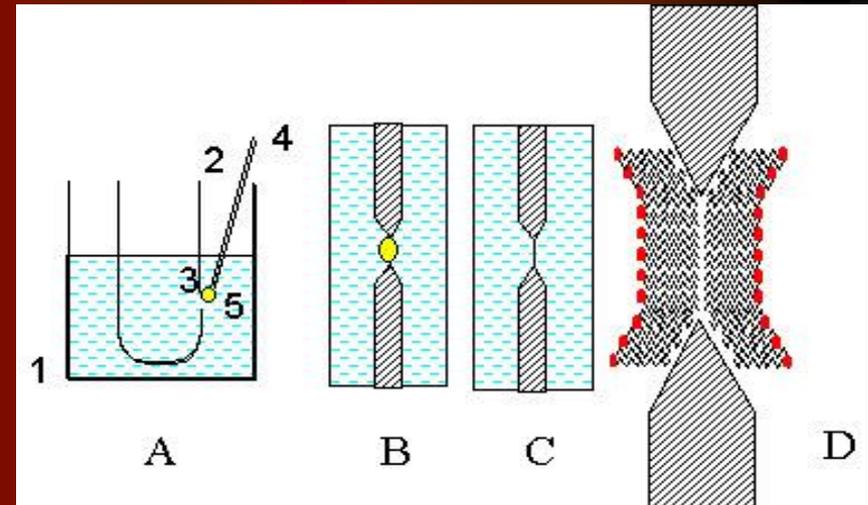
Образование БЛМ

Образование БЛМ в
отверстии в стенке
тефлонового сосуда
А - вносим с помощью
капилляра (4) каплю
раствора фосфолипида в
гептане (5) в отверстие в
стенке сосуда (3).

В - капля закрывает
просвет
отверстия.

С - постепенно растворитель
уходит и образуется БЛМ

Д - БЛМ при очень большом
увеличении



Функции мембран.

Мембраны выполняют большое число различных функций:

- мембраны определяют форму органеллы или клетки;
- барьерная*: контролируют обмен растворимых веществ (например, ионов Na^+ , K^+ , Cl^-) между внутренним и наружным компартментом;
- энергетическая*: синтез АТФ на внутренних мембранах митохондрий и фотосинтез в мембранах хлоропластов;
- формируют поверхность для протекания химических реакций (фосфорилирование на митохондриальных мембранах);
- являются структурой, обеспечивающей распознавание химических сигналов (на мембране расположены рецепторы гормонов и нейромедиаторов);
- играют роль в межклеточном взаимодействии и способствуют передвижению клеток.

Транспорт через мембрану.

1. Пассивный транспорт - это движение молекул или ионов по концентрационному либо электрохимическому градиенту. Это может быть простая диффузия, как в случае проникновения через плазматическую мембрану газов (например O_2 и CO_2) или простых молекул (этанола). При простой диффузии растворенные во внеклеточной жидкости небольшие молекулы последовательно растворяются в мембране и затем во внутриклеточной жидкости. Указанный процесс неспецифичен, при этом скорость проникновения через мембрану определяется степенью гидрофобности молекулы, то есть ее жирорастворимостью. Скорость диффузии через липидный бислой прямо пропорциональна гидрофобности, а также трансмембранному градиенту концентрации или электрохимическому градиенту.

Транспорт через мембрану.

2. Облегченная диффузия - это быстрое движение молекул через мембрану с помощью специфических мембранных белков, называемых пермеазами. Этот процесс специфичен, он протекает быстрее простой диффузии, но имеет ограничение скорости транспорта. Облегченная диффузия обычно характерна для водорастворимых веществ.

Транспорт через мембрану.

3. Активный транспорт - это движение ионов или молекул через мембрану против градиента концентрации за счет энергии гидролиза АТФ.

Транспорт через мембрану.

4. Транспорт глюкозы. Транспорт глюкозы может происходить по типу как облегченной диффузии, так и активного транспорта, причем в первом случае он протекает как унипорт, во втором - как симпорт. Глюкоза может транспортироваться в эритроциты путем облегченной диффузии.

Работу выполнила