

# МЕМБРАНА

Оболочка клетки. Транспорт

Клеточная оболочка – это основной компонент, характерный как для животных, так и растительных клеток.

В основе любой оболочки лежит элементарная биологическая мембрана, представленная **БИЛИПИДНЫЙ** слоем (бислоем фосфолипидов).

## !!! Основные компоненты любой мембраны:

1. Липиды (фосфолипиды)
2. Белки

Модель строения мембраны наз. «**жидкостно-мозаичная**»: «белковые молекулы плавают в жидком бислое липидов, образуя в нем как бы своеобразную мозаику» (1972г. Сингер и Николсон).

Тонкую структуру мембраны можно изучит лишь в электронный микроскоп.



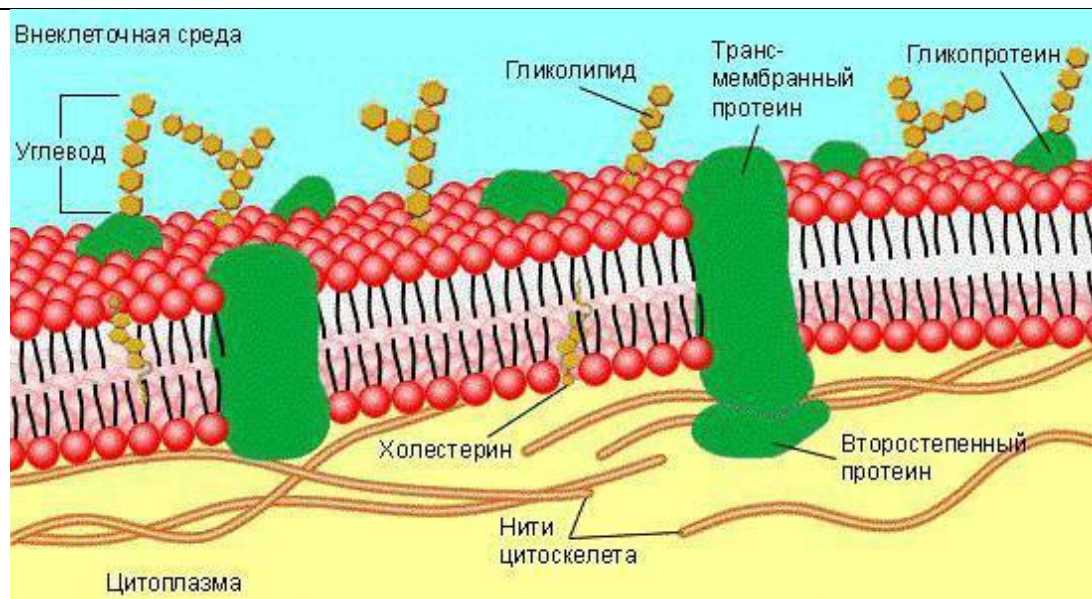
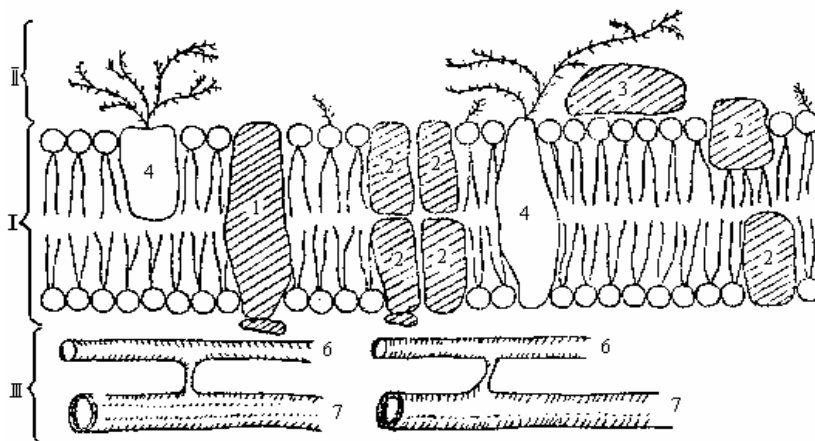
Оболочка животной клетки – наз. **ПЛАЗМОЛЕММА**.

Она имеет три слоя:

**I. Бимолекулярный слой липидов (фосфолипидный бислой)**, состоящий из липидов и белков – основа любой оболочки. Это элементарная биологическая мембрана, которая входит в состав клеточной оболочки, оболочки ядра и органелл.

**II. Гликокаликс** - надмембранный слой

**III. Подмембранный комплекс**



# I. Элементарная биологическая мембрана

## Липиды

Липиды в мембранах представлены **фосфолипидами**, гликолипидами и холестеролами (холестерин).

Консистенция мембраны напоминают оливковое масло.

❖ **!! Липиды (фосфолипиды) состоят из**

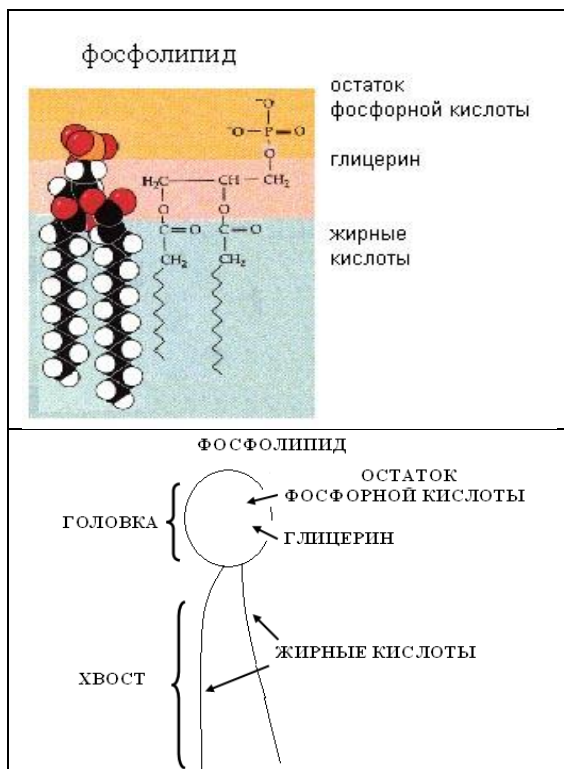
- **головки - гидрофильной** (растворимой в воде), **полярной** (заряженной),
- **хвоста - гидрофобного** (нерастворимого в воде), **неполярного** (незаряженного).

Хвост состоит из насыщенной и ненасыщенной жирных кислот. Ненасыщенная ж.к. имеет т.н. излом. Эти изломы препятствуют слишком плотной упаковке молекул и делают структуру мембраны более рыхлой, б. жидкой.

Липиды в бислой мембраны **располагаются друг к другу гидрофобными хвостами**, а **головки обращены к наружи**. Поэтому, в общем мембрана гидрофобная («отталкивает воду»).

❖ **Гликолипиды** («углевод+липид») – рецепторная функция, определяет видоспецифичность тканей.

❖ **Холестерол** (в основном **холестерин**) - регулирует жидкое состояние мембраны, определяет ее **упругость** и **эластичность**. Стеролами называют спирты, относящиеся к классу стероидов. Наиболее распространен среди них **холестерол**. Его молекулы полностью неполярны, и в этом его отличие от фосфолипидов и гликолипидов. В большом количестве в мембранах животных клеток содержится холестерин, придающий клеткам более упруги характер.



## Белки

Белки в мембране могут по разному располагаться относительно бислоя:

- **Поверхностные** или периферические: внутренние и наружные. Функции: ферментативная, создание межклеточного контакта и др.;
- **Полуинтегральные** (полупогруженные) – погружены в слой фосфолипидов, но не пронизывают его. Функции: чаще рецепторная;
- **Интегральные** (трансмембранные, сквозные) – проходят через весь бислой. Функция: транспорт веществ (создают гидрофильные каналы).

В клеточных мембранах встречаются тысячи различных белков. Среди них есть чисто структурные белки и белки, выполняющие наряду со структурными также какие-либо другие дополнительные функции: ферментные белки, специфические рецепторы, переносчики электронов, преобразователи энергии, участвующие в фотосинтезе и дыхании, и т.п.

Кроме того, в мембранах имеются **гликопротеиды**. У них на свободных поверхностях находится гликозидные группы, – разветвленные олигосахаридные цепи (углеводы), напоминающие антенны. **Функция «антенны» - распознавание внешних сигналов.** Распознающие участки двух соседних клеток могут, например, связываться друг с другом, обеспечивая сцепление клеток. Благодаря этому клетки правильно ориентируются и образуют ткани в процессе дифференцировки. С распознаванием связана и деятельность различных регуляторных систем, а так же иммунный ответ, в котором гликопротеины играют роль антигенов.

## II. Гликокаликс (надмембранный комплекс)

В его состав входят:

- углеводные части **гликолипидов** (соединения углеводов с липидами) и **гликопротеидов** (углеводы с белками).
- Периферические (наружные) белки мембраны.

**Функция** гликолипидов и гликопротеинов мембраны, а следовательно и гликокаликса:

- рецепторная (распознающая), обеспечивает «индивидуализацию» клетки.

!!! Растительная клетка поверх цитоплазматической мембраны имеет клеточную стенку, состоящую из целлюлозы;

Грибная клетка – имеет клеточную стенку, в состав которой входит хитин;

### III. Подмембранный комплекс

Состоит из микротрубочек и микрофиламентов, формирующих цитоскелет клетки.

Свойства мембран	Функции мембран:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Все мембраны замкнуты сами на себя. В клетке нет мембран со свободными концами.</li> <li>- Плазматическая мембрана обладает малой вязкостью, что позволяет ее белкам быстро перемещаться в латеральном направлении.</li> <li>- Мембрана очень динамичная структура – ее свойства меняются под действием факторов окружающей среды, что непременно будет сказываться на функциях, которые мембраны выполняют. И белки и липиды мембраны могут перемещаться как в пределах одного слоя, так и из одного слоя в другой.</li> <li>- Плазматические мембраны постоянно обновляются.</li> <li>- Мембраны ассиметричны – нет симметрии между верхним и нижним слоями липидов.</li> <li>- Клеточные мембраны обладают <u>избирательной проницаемостью</u>; через них медленно диффундируют глюкоза, аминокислоты, жирные кислоты, глицерол и ионы. Мембраны сами регулируют этот процесс - одни вещества пропускают, другие – нет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Отграничивающая</b> – содержимое клетки от окружающей их среды,</li> <li>- <b>Барьерная</b>,</li> <li>- обеспечивают <b>связь с внеклеточной средой</b>,</li> <li>- <b>регуляторная</b> - регулируют обмен между клеткой и средой;</li> <li>- барьерная функция - являются <b>осмотическим барьером</b>;</li> <li>- <b>выполняют транспортную функцию</b>;</li> <li>- <b>выполняют структурную функцию</b> – являясь структурным компонентом большинства органоидов, делят клетки на отсеки, (или компартменты), предназначенные для тех или иных специализированных метаболических путей;</li> <li>- <b>ферментативную</b> - некоторые химические реакции, в частности световые реакции фотосинтеза в хлоропластах или окислительное фосфорилирование при дыхании в митохондриях, протекают на самих мембранах;</li> <li>- <b>рецепторную</b> - на мембранах располагаются рецепторные участки (гликолипиды, гликопротеины) для распознавания внешних стимулов (гормонов или других химических веществ), поступающих из окружающей среды или из другой части самого организма;</li> <li>- принимает участие в <b>образовании межклеточных контактов</b>.</li> </ul>

### !!! Транспорт

Плазматическая мембрана, является полупроницаемой и обладает избирательностью. Это значит, что через нее с различной скоростью проходят (а могут и не проходить) разные молекулы, и чем больше размер молекул, тем меньше скорость прохождения их через мембрану.

Это свойство определяет мембрану как осмотический барьер. Максимальной проникающей способностью обладает вода и растворенные в ней газы, значительно медленнее проникают сквозь мембрану ионы.

На скорость транспорта веществ оказывает влияние температура – чем выше температура, тем быстрее происходит транспорт.

#### Транспорт веществ обеспечивает:

1. поддержание гомеостаза
2. поступление веществ в клетку (эндоцитоз)
3. выведение веществ из клетки (экзоцитоз)
4. создание ионного градиента.

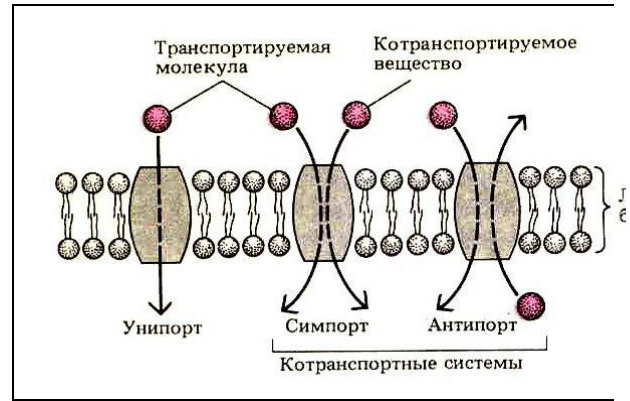
## Виды транспорта веществ через биологическую мембрану

**Унипорт** - транспорт иона или молекулы, который не сопряжен с переносом другого иона или молекулы.

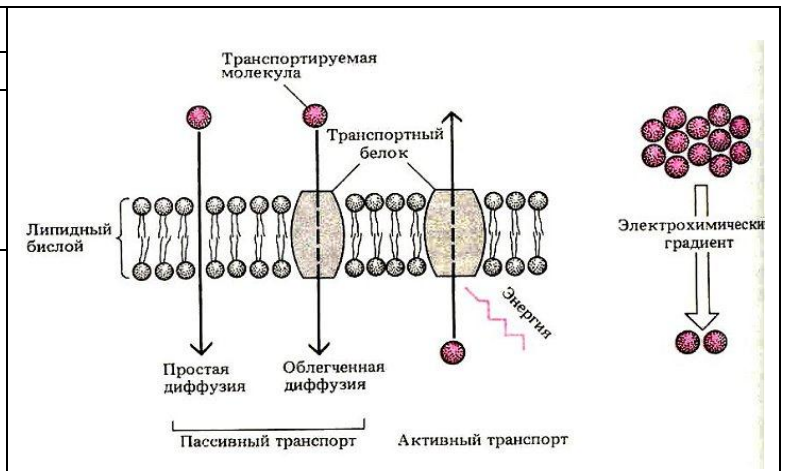
Если транспорт иона или молекулы сопряжен с переносом другого иона, его называют **котранспортом**.

**Симпорт** - одновременный перенос обеих молекул в *одном* направлении.

**Антипорт** - одновременный перенос обеих молекул в *противоположных* направлениях.



!!! Транспорт через мембрану	
Пассивный	Активный
<ol style="list-style-type: none"> <li>без затрат энергии АТФ</li> <li>по градиенту концентрации</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>с затратой энергии АТФ</li> <li>против градиента концентрации</li> </ol>
Виды: - осмос - простая диффузия - облегченная диффузия	Виды: - везикулярный: фагоцитоз, пиноцитоз; - с участием белков переносчиков – ионные насосы (напр. Na/K-насос).



### Пассивный транспорт

Диффузия	<p><b>Диффузия</b> – это самопроизвольный <u>процесс перемещения вещества</u> (молекул или ионов) из области с большей концентрацией в область с меньшей концентрацией (т.е. по градиенту концентраций) без затраты энергии, приводящий к выравниванию его концентрации.</p> <p>Диффузию можно наблюдать, например, если оставить открытой склянку с концентрированным раствором аммиака в большой комнате. Очень скоро запах аммиака распространится по всей комнате. Хотя любая молекула может двигаться в любом направлении, реальный поток молекул направлен из склянки наружу, т. е. от источника, где их концентрация велика, в те области, где их концентрация ниже.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Простая диффузия</b> – характерна для веществ, <u>хорошо растворимых в липидах</u> - гидрофобные (эфир, спирты, жирные кислоты, кислород, углекислый газ). Таким же способом в цитоплазму проникают и многие синтетические вещества, например лекарственные препараты.</li> <li>• <b>Облегченная диффузия</b> – характерна для веществ <u>не растворимых в липидах</u>. Следовательно, они не могут пройти через <u>липидный</u> бислой мембраны и поэтому для их транспорта существуют <u>белковые каналы</u> или они перемещаются при помощи <u>белка переносчика</u>, но <i>без затраты энергии</i> и по градиенту концентрации. С помощью переносчиков транспортируются небольшие гидрофильные молекулы: моносахариды, аминокислоты и органические кислоты, нуклеотиды, а также анионы, для которых гидрофобный матрикс мембраны практически непроницаем.</li> </ul>
Осмоз	<p><b>Осмоз</b> – это процесс диффузии <u>растворителя</u> (напр., <u>воды</u>) через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный раствор. Возникающее давление на мембрану называется – <b>осмотическим</b>.</p>

### Осмотические явления клетки.



**Осмотическое давление**, характеризует стремление раствора к понижению концентрации при соприкосновении с чистым растворителем вследствие встречной диффузии молекул растворенного вещества и растворителя.

Если раствор отделен от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, то возможна лишь односторонняя диффузия - осмотическое всасывание растворителя через мембрану в раствор.

**Тургор клетки** – внутреннее давление (гидростатическое) в живой клетке, вызывающее напряжение клеточной оболочки, препятствующее дальнейшему поступлению воды.

**Тургор** — показатель оводнённости и состояния водного режима живых организмов. Снижением тургора сопровождаются процессы увядания и старения клеток.

Тургор обуславливается тремя факторами:

- внутренним осмотическим давлением клетки, которое вызывает напряжение клеточной оболочки,
- внешним осмотическим давлением,
- а также упругостью клеточной оболочки.

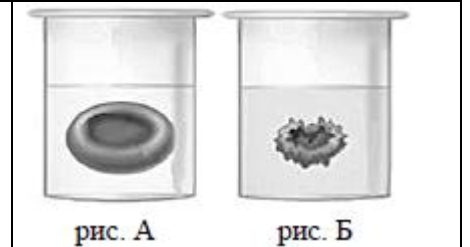
## !!!! Растворы

На основе сравнения концентраций веществ в клетке и в растворе выделяют:

!!!!!!	Гипертонический раствор	Изотонический раствор	Гипотонический раствор
Характеристика раствора	Концентрация солей в растворе <b>выше</b> , концентрации солей в клетке.	Концентрация солей в растворе <b>равна</b> концентрации солей в клетке.	Концентрация солей в растворе <b>ниже</b> , концентрации солей в клетке.
Направление движения воды	<b>Из клетки</b>	<b>В клетку и из клетки в равном количестве</b>	<b>В клетку</b>
Происходящий процесс	<i>Обезвоживание клетки</i> Дегидратация	<i>Клетка остается неизменной</i>	Гидратация, гипергидратация клетки <i>и ее «набухание»</i>
Наблюдаемое явление	<b>Плазмолиз !</b> это обратимый процесс. Явление обратное плазмолизу – деплазмолиз.	Тургор клеток находится в <u>нормальном</u> состоянии	При длительном действии раствора – <b>цитоллиз</b> (разрушение любой клетки), <b>гемоллиз!</b> (частный случай цитолиза, при разрушении эритроцитов). Если перед этим клетка была подвергнута плазмолизу, то это - деплазмолиз.
Особенности у животной и растительной клеток	В растительной клетке отмечается только сжатие цитоплазмы, но форма клетки <u>практически</u> не меняется, <u>лишь незначительно уменьшается в объеме (размере)</u> , т.к. имеется <u>клеточная стенка</u> . Животная клетка деформируется, т.к. нет клеточной стенки.	Тургор клеток находится в нормальном состоянии	<u>Тургор возрастает</u> , клетка увеличивается в размере. Если это <b>животная</b> клетка, без клеточной стенки, то клетка <b>«лопается»</b> , цитоплазма вытекает. Клетка гибнет. Если <b>растительная</b> , то клетки <b>незначительно, но увеличиваются</b> в размере. Если перед этим был плазмолиз, то тургор клетки восстанавливается.

Пример раствора (по NaCl)	Раствор с концентрацией NaCl <b>более 0,9%</b>	Раствор с концентрацией = <b>равной 0,9% NaCl</b> (!физиологический, физ. р-р)	Раствор с концентрацией NaCl <b>менее 0,9%</b> (!дистиллированная вода)
<b>Медицинское значение:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ повязки при гнойных ранах,</li> <li>○ слабительные клизмы,</li> <li>○ при гипертонии.</li> <li>○ отеках</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ используется при кровопотерях,</li> <li>○ интоксикациях разной этиологии,</li> <li>○ при обезвоживании разной причины (рвота, диарея, ожоги).</li> <li>○ Для разведения лекарственных веществ при в/в и в/м введении.</li> </ul>	<p>В большом объеме и особенно в/в их использовать нельзя – т.к. это может привести к лизису клеток.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Иногда растворяют лекарственные препараты для внутримышечных инъекций.</li> <li>○ Используют для разведения питательных веществ при ректальном введении, для улучшения всасывания.</li> </ul>

Известно, что в плазме крови концентрация раствора солей в норме составляет 0,9%. В стеклянный стакан, заполненный раствором поваренной соли, поместили эритроциты. Сравните изображение нормального эритроцита в плазме (рис. А) и эритроцита в растворе (рис. Б). Объясните наблюдаемое явление. Определите концентрацию соли в стакане с раствором (более 0,9%, менее 0,9%, равна 0,9%).



Элементы ответа:

- 1) эритроцит в растворе сморщился из-за потери воды, которая по причине диффузии (из-за разности концентраций) поступила из эритроцита в раствор;
- 2) концентрация раствора соли в стакане более 0,9%.

Почему эритроцит человека, попадая в дистиллированную воду набухает и лопается, а обыкновенная амeba может существовать.

Элементы ответа:

- 1) Концентрация веществ в эритроцитах выше, чем в воде.
- 2) Из-за разности концентрации вода (по закону осмоса) поступает в эритроциты, объем эритроцитов увеличивается (он набухает), вследствие чего они разрушаются.
- 3) У амёбы же есть сократительная вакуоль, через неё излишки жидкости удаляются из клетки амёбы.

Дополнение: у амёбы есть сократительные вакуоли, которые удаляют из организма лишнюю воду и поддерживают осмотическое давление.

Если поместить растение корнями в подсоленную воду, то через некоторое время оно завянет. Объясните почему.

Элементы ответа:

1. Концентрация солей в растении ниже их концентрации в растворе.
2. Вода из растения будет просачиваться обратно за счет осмоса.
3. Из-за недостатка воды растение завянет.

Дополнение: корни растений не будут всасывать воду, т.к. вода идет путем диффузии из области низкой концентрации солей, в область высокой, а тут концентрация веществ в растворе будет выше чем в клетках корня, вода всасываться не будет. Листья продолжают испарять воду, поэтому растение быстро засохнет.

### **Активный транспорт**

Активный перенос ионов и веществ против градиента концентрации, с потреблением энергии за счет расщепления молекул АТФ.

Транспорт макромолекул (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липопротеидных комплексов и др.) сквозь клеточные мембраны проходит посредством **везикулярного переноса**. Т.е. в составе специальных пузырьков – везикул.

!! Такой **везикулярный перенос** можно разделить на два вида:

- **экзоцитоз** - перемещение из клетки макромолекулярных продуктов,
- и **эндоцитоз** - поглощение клеткой макромолекул.

!! Эндоцитоз разделяют на:

- **пиноцитоз** - захват клеточной поверхностью жидкости с содержащимися в ней веществами.
- **фагоцитоз** - захват и поглощение клеткой крупных частиц (иногда даже клеток или их частей).

Эти процессы связаны с активной деятельностью и подвижностью плазмолемы. Если есть клеточная стенка, такой транспорт не возможен. Поэтому растительная клетка не обладает фагоцитозом.

### Фагоцитоз.

Фагоцитоз встречается как у

- одноклеточных (например, у амебы, некоторых хищных инфузорий) – является средством пищеварения,
- так и у многоклеточных животных - у высокоорганизованных животных и человека этот процесс участвует в защитных реакциях организма. При этом большое значение имеет фагоцитарная активность лейкоцитов, благодаря которой организм оказывается невосприимчивым ко многим инфекционным заболеваниям. Это положение легло в основу **фагоцитарной теории иммунитета** разработанной Мечниковым.

### Этапы фагоцитоза.

Вещество (субстрат), подлежащее фагоцитозу, подходит к мембране (адсорбируется) и прилипает к ней (адгезия).

Мембрана под этой частицей начинает «прогибаться», образуя инвагинат – стадия инвагинации. В результате инвагинации субстрат со всех сторон окружается мембраной – происходит обволакивание субстрата с образованием фагосомы.

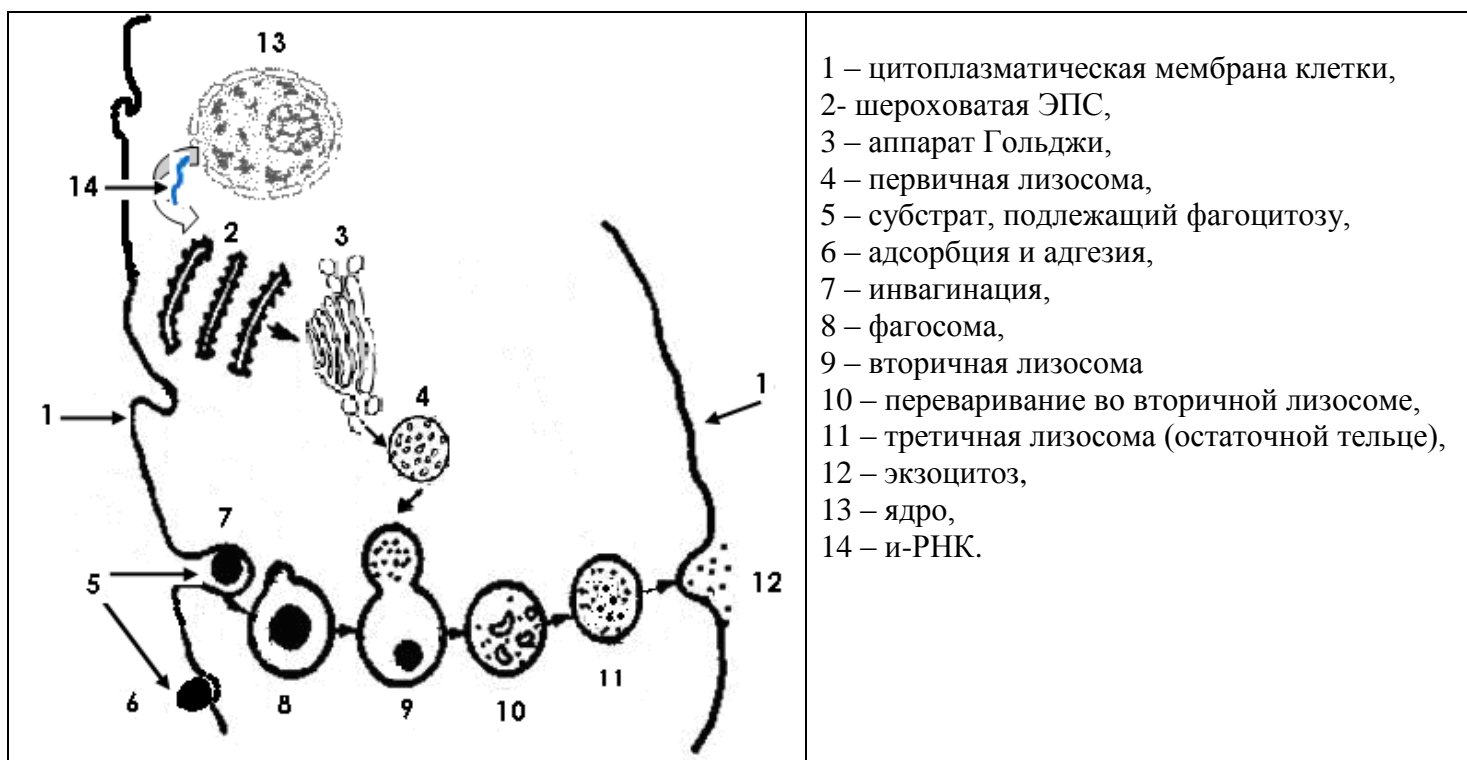
Если субстратом фагосомы является часть клетки данного организма – такую фагосому называют аутофагосомой, а если чужеродная частица (напр., бактерия) – гетерофагосома.

В любой клетке всегда имеются первичные лизосомы (см. занятие 1 «Цитология»), содержащие гидролитические ферменты.

Они сливаются с фагосомой, образуя вторичную лизосому – которая будет содержать ферменты и вещество подлежащее расщеплению.

Под действием ферментов происходит переваривание вещества с образованием «нужных» и «не нужных» клетке веществ. Нужные всасываются в цитоплазму клетки, а не нужные остаются в лизосоме, которая теперь называется – третичной или остаточным тельцем (телолизосома).

Оно подходит к мембране и путем экзоцитоза «выбрасывает» наружу свое содержимое.

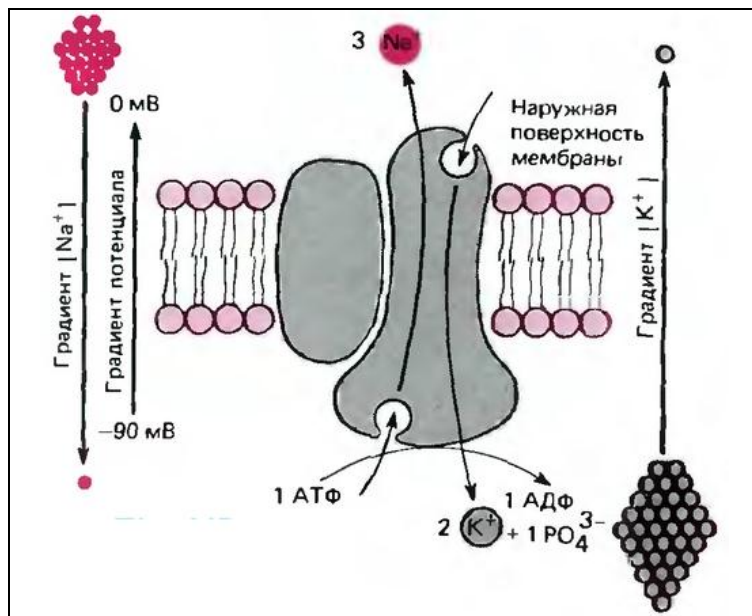


### Ионный насос (на примере Na/K – насос)

Ионы натрия и калия имеются как в клетке, так и вне клетки, но их концентрации по обе стороны мембраны различны: калия в клетке больше (150 мг/экв) чем вне клетки (15 мг/экв), а натрия наоборот (в клетке - 96 мг/экв, а вне клетки 0 144 мг/экв).

Перенос ионов осуществляет сложный белок - **Na/K- АТФ-аза**, встроенный в цитоплазматическую мембрану и имеющий центры связывания для ионов натрия и калия, а также активный центр, где осуществляется связывание и гидролиз АТФ.

В ходе переносы белок-фермент меняет свою конформацию, активирую то центры для *Na*, то для *K*.



- 1 АТФ
- 3  $Na^+$  из клетки
- 2  $K^+$  в клетку.

При расщеплении 1 молекулы АТФ до АДФ, выделяется энергия достаточная для переноса 2 ионов калия в клетку, и 3 ионов натрия из клетки.