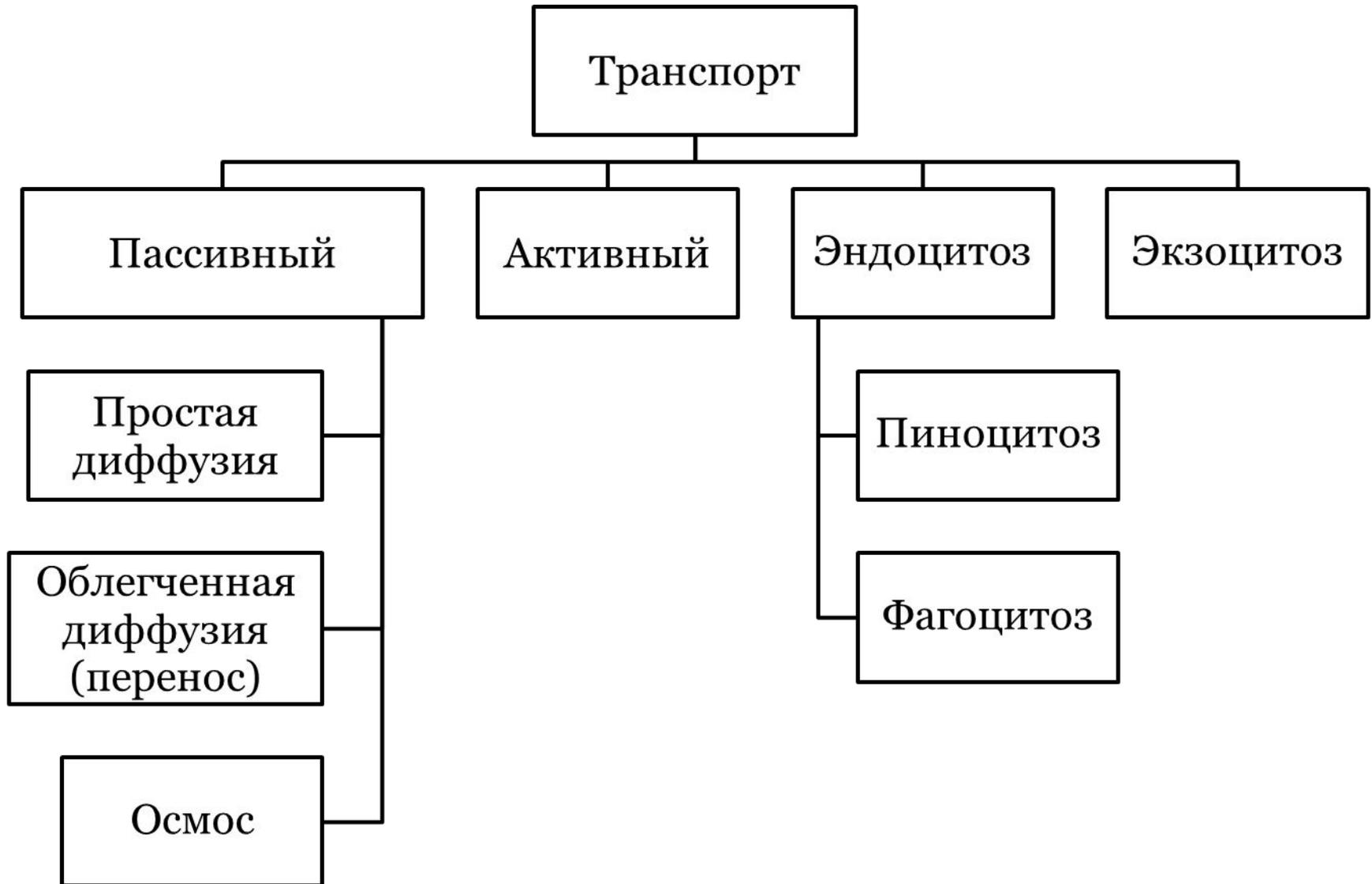


# Мембранный транспорт

# Мембранный транспорт

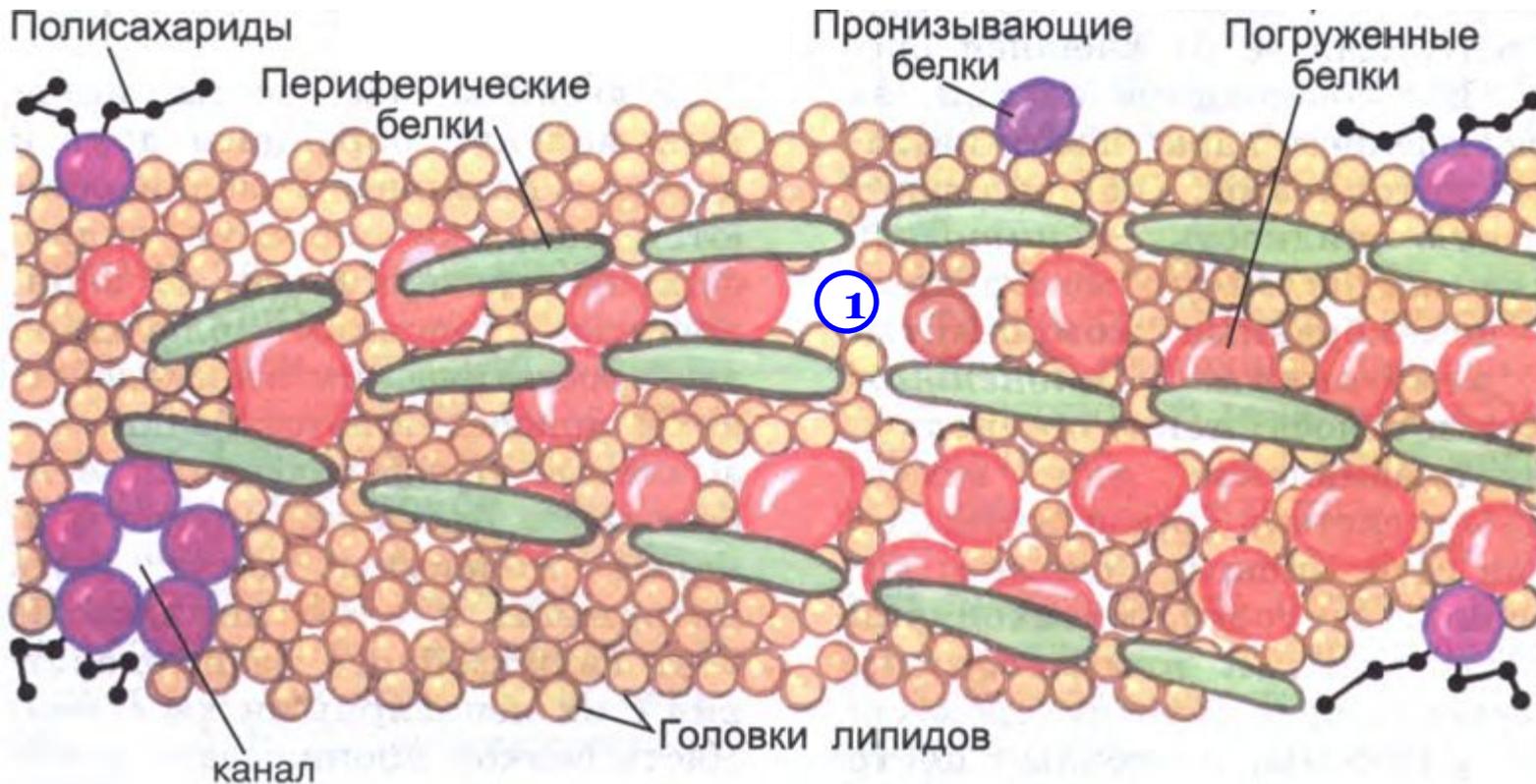
- Мембрана полупроницаема, через нее свободно проходит вода, скорость диффузии других веществ прямо пропорциональна их растворимости в липидах и обратно пропорциональна их молекулярной массе. Для высокомолекулярных веществ мембрана практически непроницаема. Так, для воды коэффициент проницаемости (см/с) составляет около  $10^{-2}$ , для глицерина -  $10^{-5}$ , для глюкозы  $10^{-7}$ , а для одновалентных ионов меньше  $10^{-10}$ .
- Транспорт веществ через мембрану может осуществляться по градиенту концентрации (от большей концентрации веществ к меньшей) или против градиента.
- В первом случае говорят об пассивном транспорте, во втором – об активном.

# Мембранный транспорт



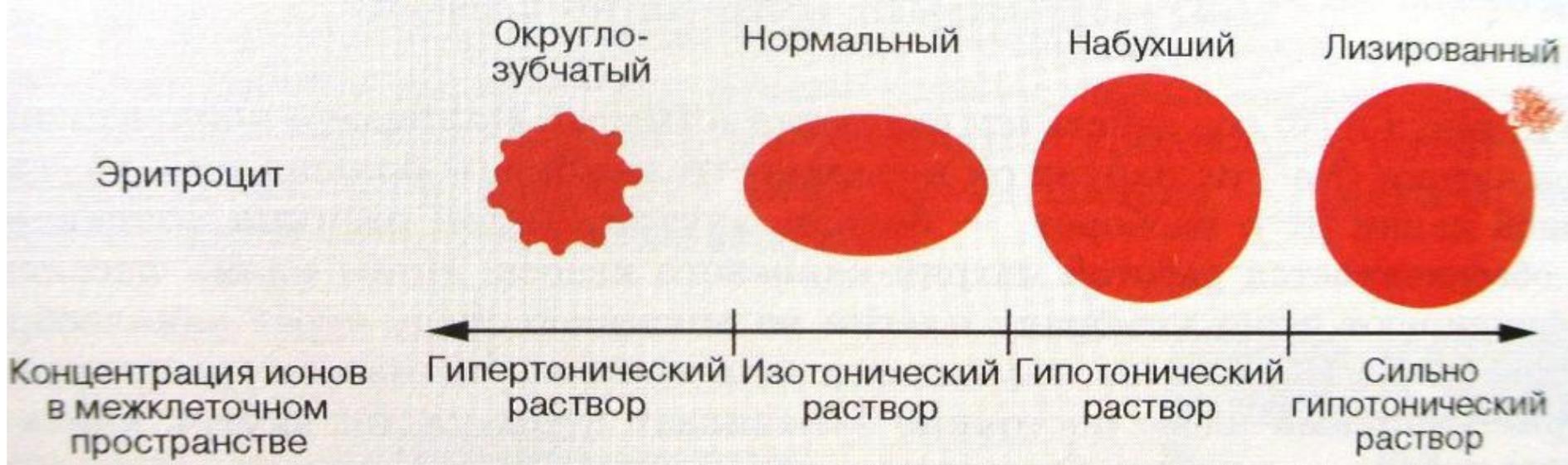
# Осмоз

- Несмотря на то, что молекулы воды полярны и не растворяются в жирах, они малы и быстро диффундируют через мембрану, проникая в случайные отверстия между липидами (1), сами по себе или прихватив 1-2 молекулы какого-либо водорастворимого соединения, диаметр которого меньше диаметра поры. Диффузия воды через мембрану называется осмосом.

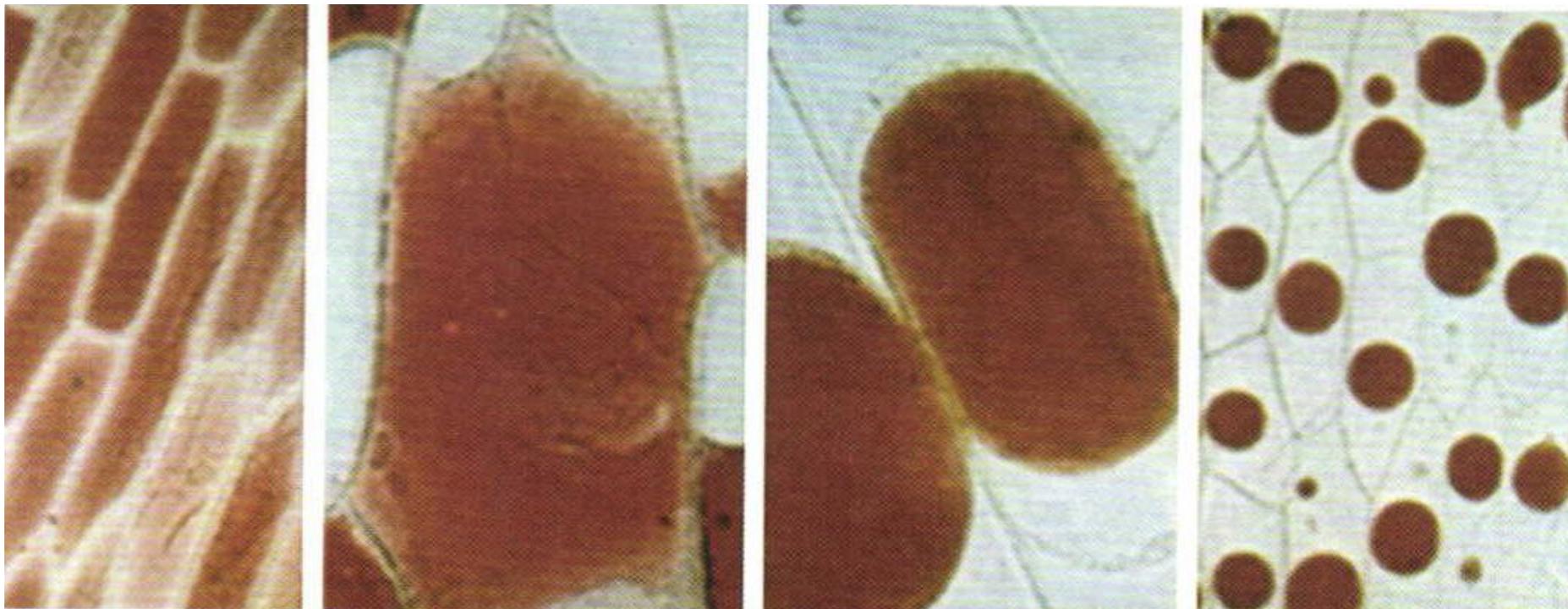


# Осмоз

- Если поместить клетку в гипертонический раствор с высокой концентрацией солей, то вода из клетки начнет поступать в межклеточное пространство. Клетка сморщится, произойдет **плазмолиз**. В дистиллированной воде (гипотонический раствор) вода начнет поступать в клетку и за счет возрастающего давления сможет привести к разрыву плазмолеммы.



# Плазмолиз в клетках кожицы чешуи лука



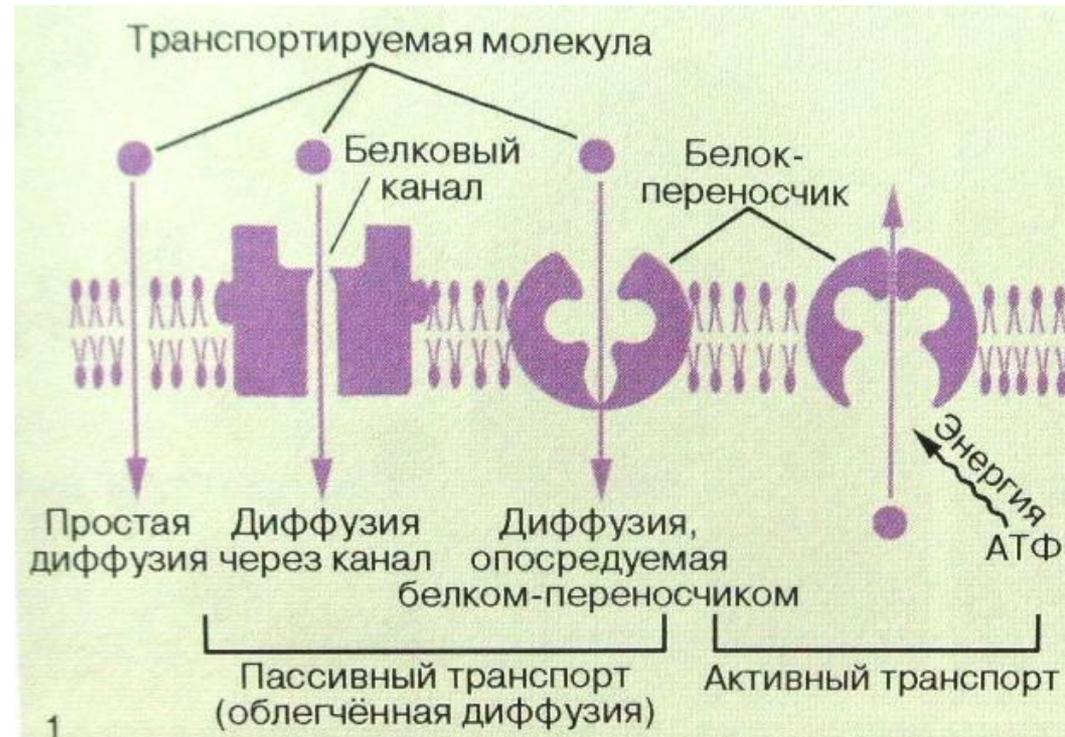
- В гипертоническом растворе цитоплазма, окруженная плазмолеммой вначале отстает от клеточной стенки, а затем сморщивается и превращается в шарик.

# Мембранный транспорт

**Диффузия** - транспорт веществ по градиенту концентрации. Диффузия, как и осмос, осуществляется **без затрат энергии**.

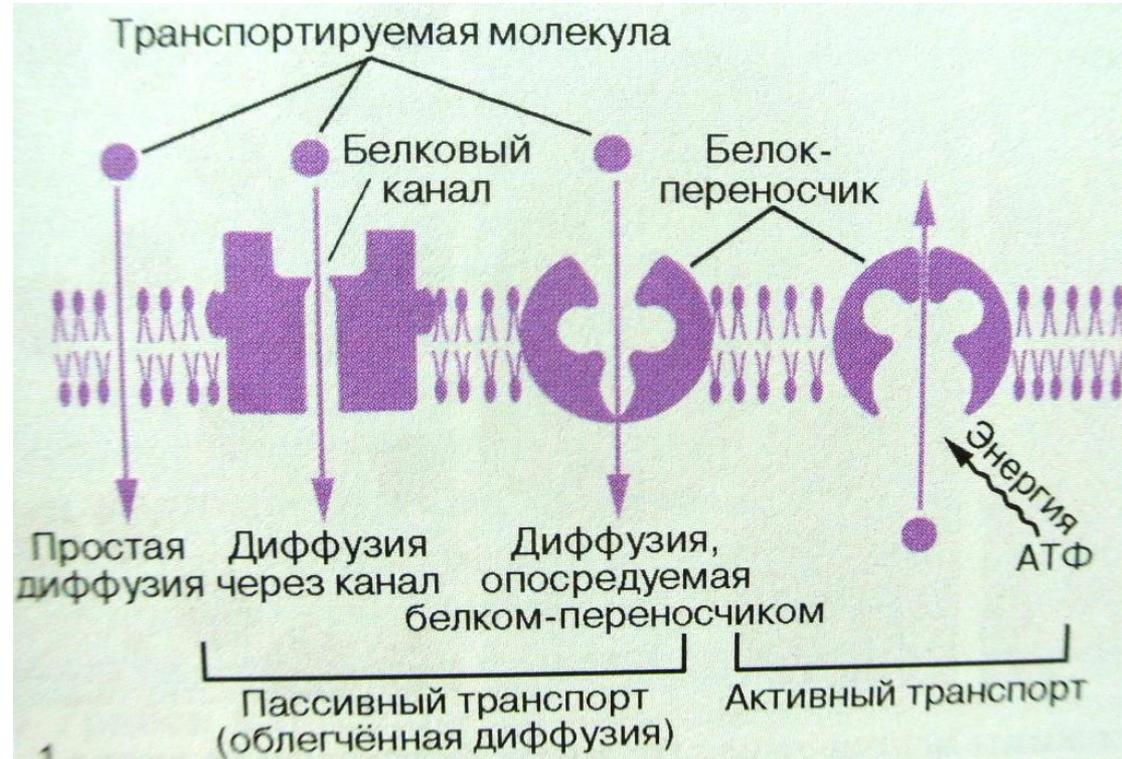
**Простая диффузия** характерна для небольших молекул (азот, бензол, мочеви́на, оксид азота, этиловый спирт,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ), а также гидрофобных – жирорастворимых - низкомолекулярных органических веществ, к которым относятся многие лекарства, этанол, глицерин, стероиды и тиреоидные гормоны.

- Эти молекулы могут проходить без какого-либо взаимодействия с мембранными белками через поры до тех пор, пока будет сохраняться градиент концентрации.



# Мембранный транспорт

- Облегченная диффузия характерна для гидрофильных молекул (глюкоза, АМК, глицерин), заряженных ионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), которые переносятся через мембрану также по градиенту концентрации, но с помощью ионных каналов или специальных белков-переносчиков.



Эти белки могут работать как челноки, вращаясь в мембране, или образовывать транспортный канал. Белки-переносчики называют пермеазами.

# Активный транспорт

- Такой перенос требует затраты энергии – он сопряжен с гидролизом молекул АТФ, поэтому все транспортные белки, участвующие в процессе, называются **АТФ-азами**.
- К веществам, активно транспортируемым через клеточные мембраны, относят ионы натрия, калия, кальция, железа, водорода, хлора, йода, мочевой кислоты, некоторые сахара и большинство аминокислот.
- Для активного транспорта, кроме источника энергии, необходимо участие мембранных белков. Механизм активного транспорта лучше всего изучен для **натрий-калиевого насоса** — транспортного процесса, который выкачивает ионы натрия через мембрану клетки наружу и в то же время закачивает в клетку ионы калия. Этот насос отвечает за поддержание различной концентрации ионов натрия и калия по обе стороны мембраны, а также за наличие отрицательного электрического потенциала внутри клеток.

# Активный транспорт

- По сути натрий-калиевый насос – это встроенный сквозь липидную мембрану интегральный фермент **Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-АТФ-аза** - белок-переносчик.
- За полный цикл работы насоса из клетки в межклеточное вещество переносится **3 иона Na<sup>+</sup>**, а в обратном направлении - **2 иона K<sup>+</sup>**.
- Внутри клетки к активному центру этого фермента присоединяется 3 иона Na<sup>+</sup>, при этом фермент активируется и расщепляет АТФ на АДФ и остаток фосфорной кислоты. Этот остаток присоединяется к самому ферменту и изменяет его пространственную конфигурацию. При этом с внутренней стороны мембраны закрывается ионный канал, но открывается на наружной поверхности. Ионы Na<sup>+</sup> отсоединяются от фермента, но в это же время к другому активному центру фермента присоединяются 2 иона K<sup>+</sup>. Это вновь изменяет его пространственную конфигурацию, отщепляется остаток фосфорной кислоты и открывается канал для проникновения K<sup>+</sup> внутрь клетки. Далее цикл повторяется. Т.о. при выносе из клетки 3 ионов Na<sup>+</sup> в нее проникает 2 иона K<sup>+</sup>. Это приводит к появлению электрического потенциала – положительного снаружи и отрицательного внутри, который называется **трансмембранным электрохимическим потенциалом**. Если насос прекратит работу, то ионы Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> начнут перемещаться в обратном направлении. По такому же механизму транспортируются ионы Ca<sup>2+</sup> (фермент Ca<sup>2+</sup>-АТФ-аза).

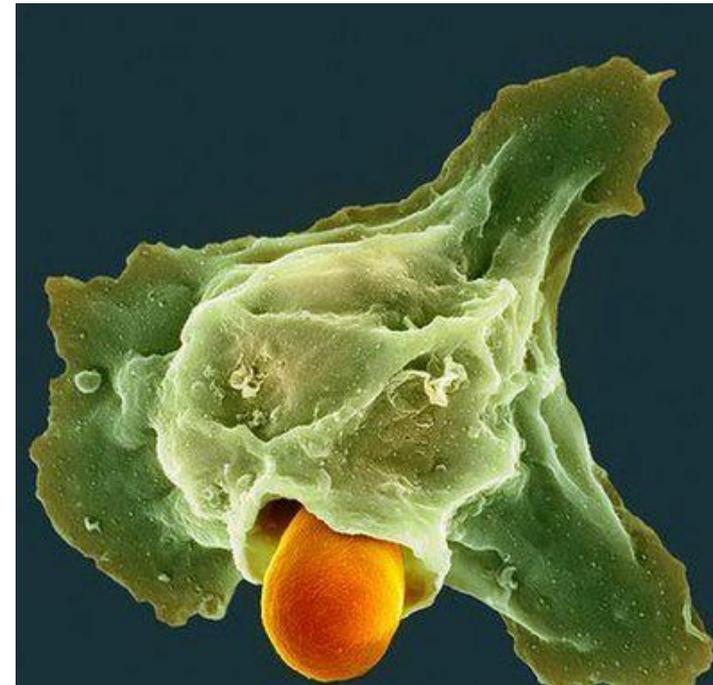


# Виды мембранного транспорта

- Мембранный транспорт веществ различается также по направлению их перемещения и количеством переносимых данным переносчиком веществ:
- **1. унипорт** – транспорт одного вещества в одном направлении в зависимости от градиента (натриевые (и калиевые) ионные каналы, через которые в клетку (или из нее) во время генерации потенциала действия перемещаются ионы натрия (калия));
- **2. симпорт** – транспорт двух веществ в одном направлении через один переносчик (например, перенос глюкозы и иона натрия белком-переносчиком из просвета кишечника в клетку кишечного эпителия).
- **3. антипорт** – перемещение двух веществ в разных направлениях через один переносчик (натрий-калиевый насос).

# Эндоцитоз

- Крупные молекулы биополимеров не транспортируются через мембраны, но все же они могут попадать внутрь клетки в результате эндоцитоза. Его разделяют на фагоцитоз и пиноцитоз.
- **Фагоцитоз** – захват и поглощение клеткой крупных частиц (в том числе клеток или их частей). Это явление впервые описал И.И. Мечников в 1883 г. Фагоцитоз играет важную роль, связанную с внутриклеточным пищеварением у простейших и кишечнополостных. Фагоцитарная деятельность нейтрофилов, макрофагов и других имеет огромное значение в защите организма от попадающих в него патогенных бактерий и других нежелательных частиц.



# Эндоцитоз

- **Пиноцитоз** – процесс захвата и поглощения капелек жидкости. Пиноцитоз – один из основных механизмов проникновения веществ (макромолекул белков, липидов, гликопротеидов) в клетку.
- Наиболее активный пиноцитоз наблюдается у амёб, в эпителиальных клетках кишечника и почечных канальцев, в эндотелии сосудов и растущих ооцитах.
- Пиноцитоз по механизму напоминает фагоцитоз, но фагоцитоз широко распространен у животных, а пиноцитоз осуществляется как растительными, так и животными организмами. Клеточная стенка растений, бактерий и цианобактерий препятствует фагоцитозу.



Амёба фагоцитирует пищевую частицу

# Экзоцитоз

- Это выведение из клеток различных веществ, также осуществляемое при помощи мембраны. Так выводятся гормоны, полисахариды, белки, жировые капли. Они заключаются в пузырьки, отграниченные мембраной и подходят к плазмалемме. Обе мембраны сливаются, а содержимое пузырька оказывается снаружи клетки.

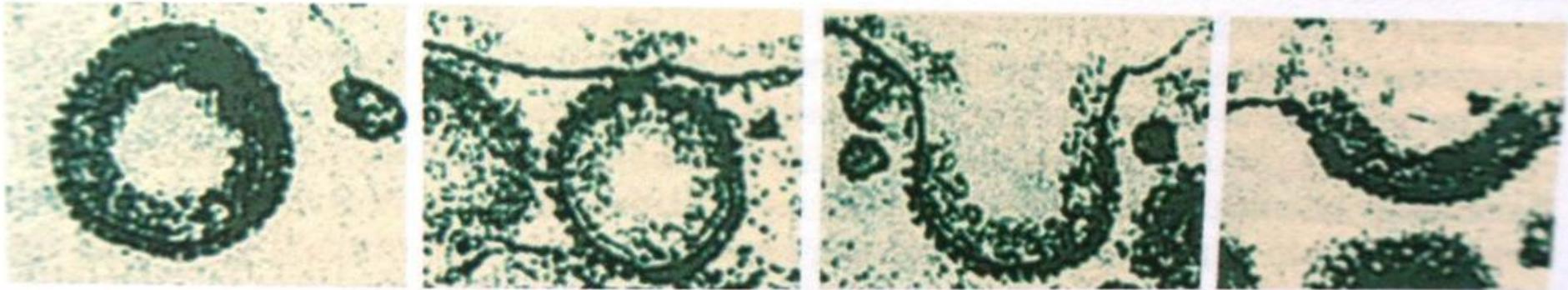


Рис. 46. Электронные микрофотографии экзоцитоза

- **Домашнее задание:  
конспект и § 8 стр. 52-55**