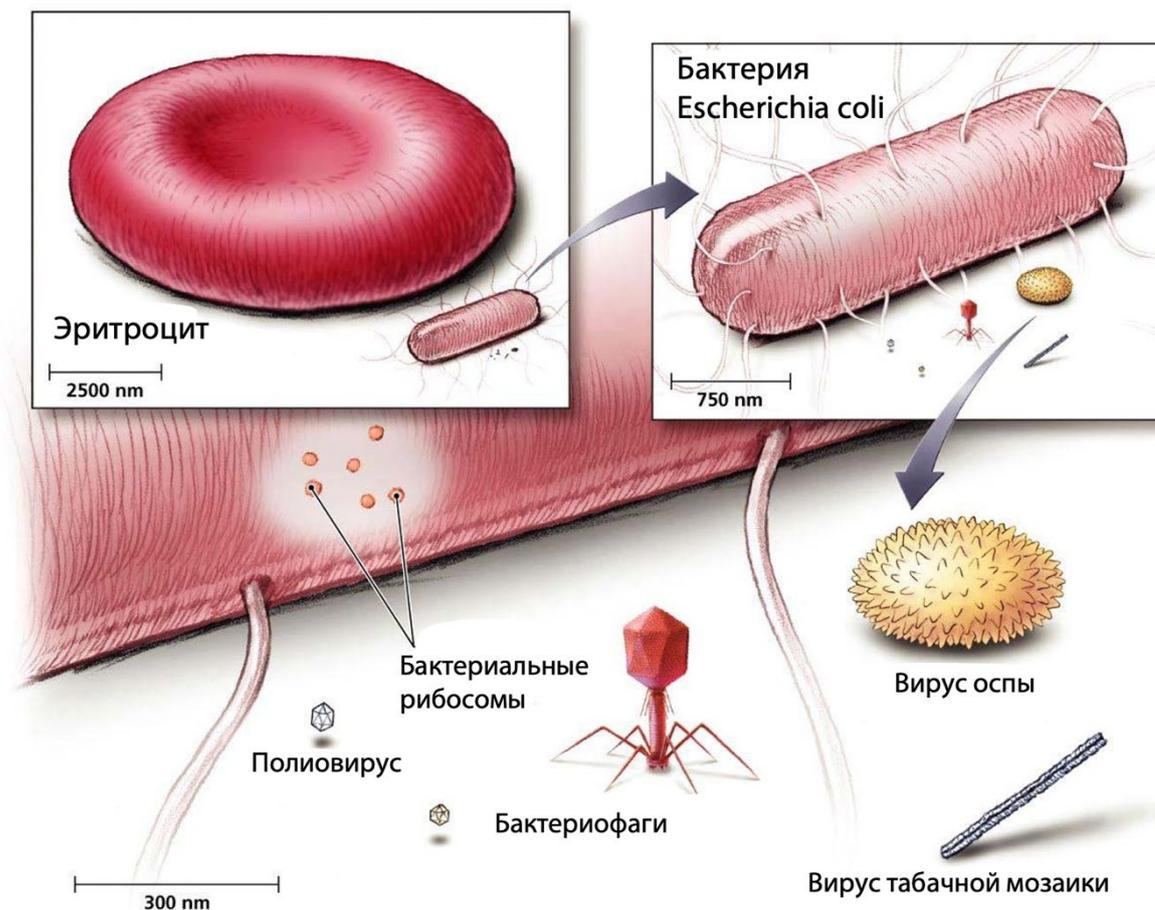


Обмен веществ и энергии в клетке

Размеры клетки и обмен веществ

Размеры прокариотических клеток составляют в среднем 500—5000 нм, размеры эукариотических — в среднем от 10 000 до 50 000 нм (1 нм = 0,001 мкм = 10^{-6} мм).



Необходимые вещества поступают в клетку извне. И чем она больше, тем дольше молекулы будут достигать места своего назначения. При этом поступление веществ в клетку и удаление продуктов метаболизма пропорциональны площади клетки, а их потребление — ее объему.

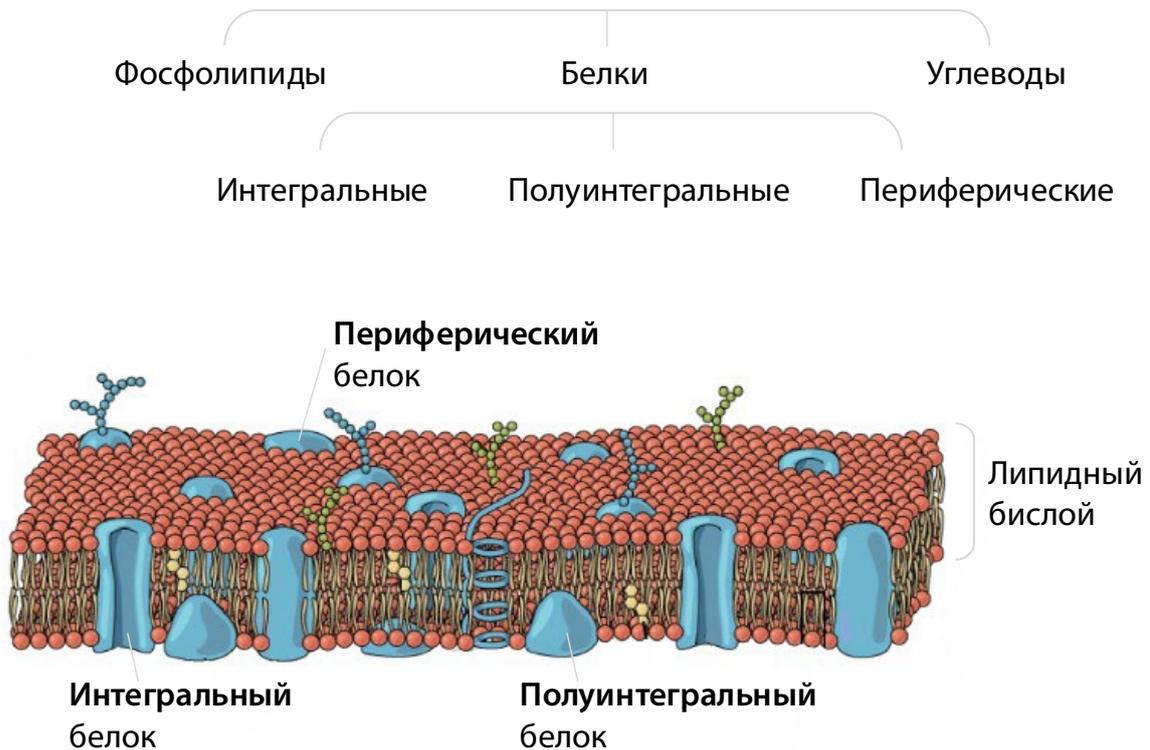
Поэтому с одной стороны клетка должна быть достаточно велика, чтобы там поместился весь необходимый наследственный материал и рибосомы, а с другой стороны она не может быть слишком большой, потому что в этом случае площади поверхности не хватит для обеспечения веществами соответствующего объёма.

Клеточные мембраны

Клеточная мембрана является основной структурой клетки, ограничивающей от окружающей среды и обеспечивающей её целостность. Допустимо использование синонимов **клеточная мембрана, цитоплазматическая мембрана (ЦПМ), плазматическая мембрана, плазмалемма.**

Строение:

1. **Фосфолипидный бислой** — амфифильные фосфолипиды выстраиваются в два слоя (гидрофобные неполярные хвосты спрятаны внутрь мембраны, а гидрофильные полярные головки повернуты наружу).
2. **Белки** — ферменты, каналы и переносчики (интегральные белки), структурные (полуинтегральные белки), рецепторные (периферические белки).
3. **Углеводы** (олигосахариды). У животных клеток углеводы образуют надмембранный слой — **гликокаликс**. Он представлен олигосахаридными цепями, входящими в состав мембранных гликолипидов и гликопротеинов.
4. Холестерин — липид в животных мембранах. Поддерживает жесткость в мембранах, стабилизируя текучесть независимо от температуры.



Функции мембран:

1. **Барьерная** — отграничивает цитоплазму от окружающей среды. Обеспечивает избирательную проницаемость.

2. **Транспортная** — транспорт различных веществ внутрь клетки и наружу: пассивный и активный, эндо- и экзоцитоз, создание ионных градиентов, поддержание оптимального pH внутри клетки.
3. **Рецепторная** — гликокаликс и часть мембранных белков является рецепторами, т.е. молекулами, с помощью которых клетка может воспринимать сигналы.

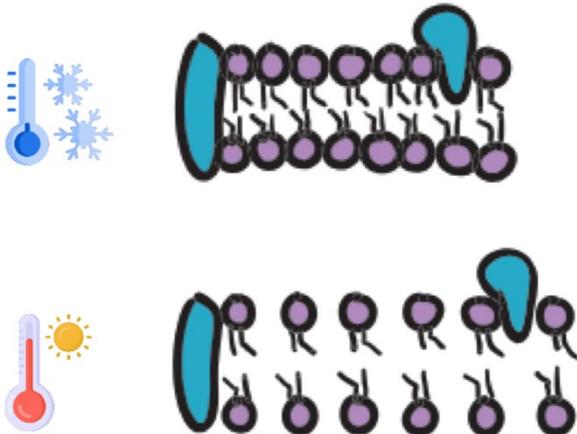
Свойства мембран:

1. **Текучесть** — перемещение компонентов мембраны. Зависит от температуры и химического состава липидов.
2. **Способность к самозамыканию.**
3. **Полупроницаемость (избирательная проницаемость)** — биологические мембраны легко пропускают одни вещества и не пропускают другие в зависимости от их размеров, электрического заряда и химических свойств.

Текучесть

Понижение температуры → фосфолипиды менее подвижны → текучесть мембраны уменьшается.

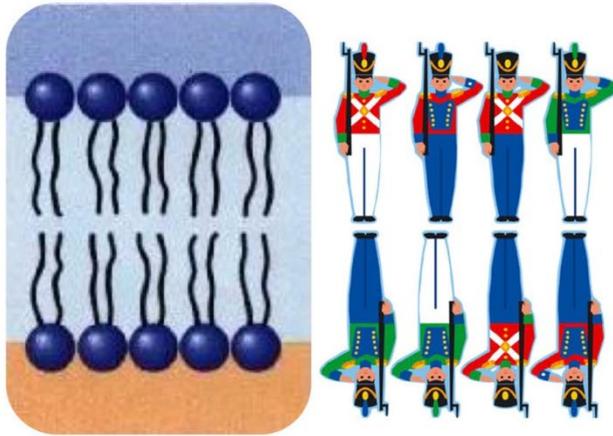
Повышение температуры → фосфолипиды более подвижны → текучесть мембраны увеличивается.



Фосфолипиды с насыщенными жирными кислотами имеют «прямые» хвосты → фосфолипиды находятся близко (плотно) друг к другу → уменьшается текучесть → уменьшается эффективность транспорта через фосфолипидный бислой.

Фосфолипиды с ненасыщенными жирными кислотами имеют изогнутые хвосты → фосфолипиды находятся дальше друг от друга → увеличивается текучесть → увеличивается эффективность транспорта через фосфолипидный бислой.

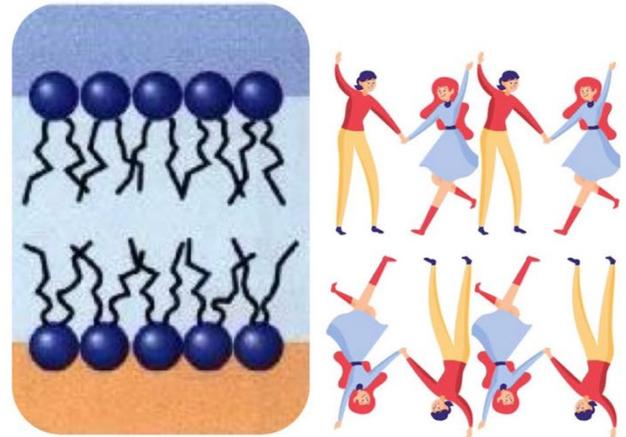
Преобладание насыщенных жирных кислот



Текучесть **меньше**

Температура плавления **выше**

Преобладание ненасыщенных жирных кислот



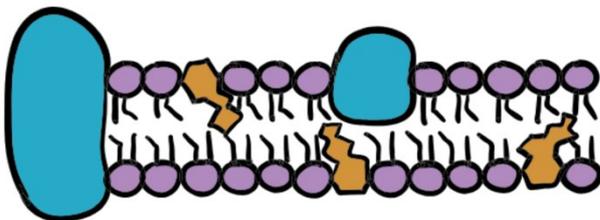
Текучесть **больше**

Температура плавления **ниже**

Холестерин стабилизирует мембрану животных, поддерживая текучесть на одном уровне вне зависимости от температуры:

понижение температуры → холестерин раздвигает фосфолипиды → текучесть мембраны увеличивается;

повышение температуры → холестерин ограничивает фосфолипиды → текучесть мембраны уменьшается.

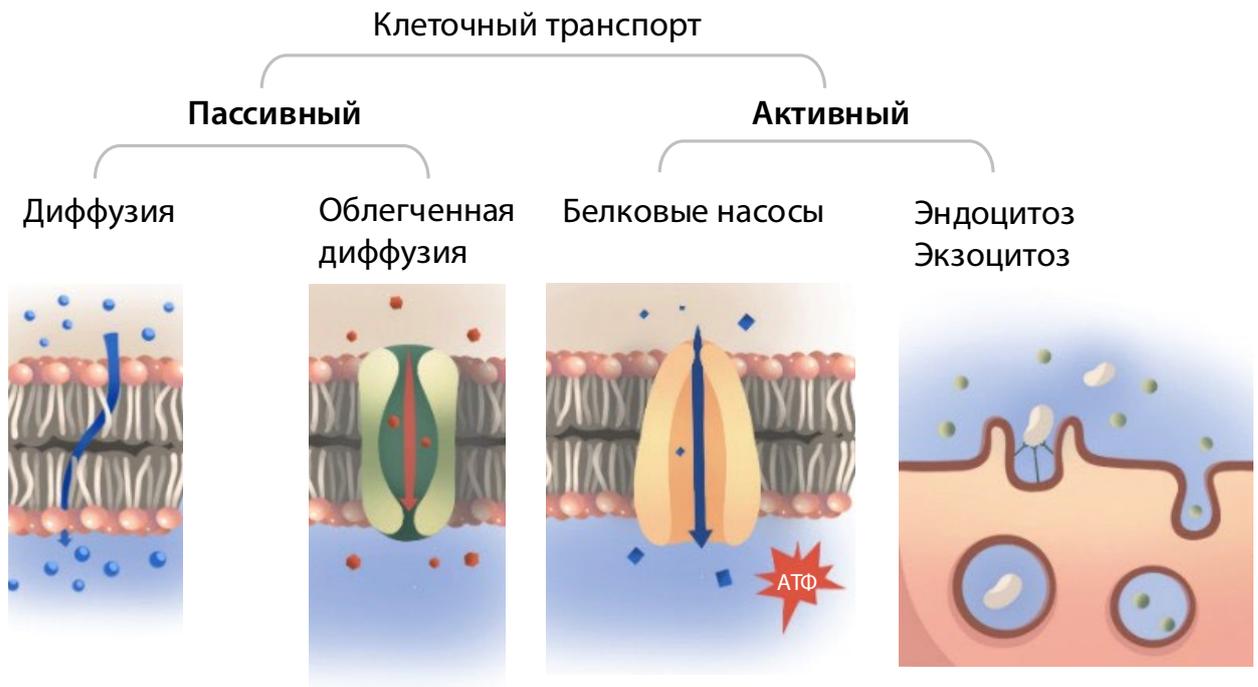


Полупроницаемость (транспорт веществ)

Существует два типа транспорта веществ через мембрану:

1. **Пассивный транспорт** — без затрат энергии, по разности концентраций (в сторону недостатка вещества). Транспорт воды, некоторых ионов и низкомолекулярных соединений.
2. **Активный транспорт** — с затратами энергии, с помощью белков-переносчиков, против разности концентраций (в сторону избытка вещества). Транспорт многих органических молекул (сахара, аминокислоты и др.).

Макромолекулы и их агрегаты проникают внутрь клетки путём эндоцитоза (впячивания плазмалеммы внутрь цитоплазмы с образованием везикулы) и покидают клетку путём экзоцитоза.

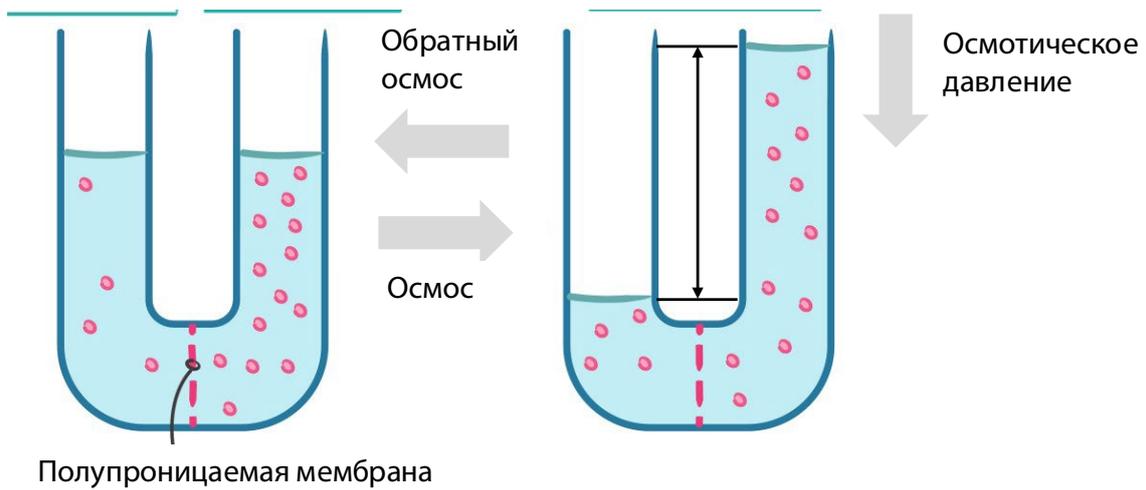


1. Диффузия и осмос

Диффузия — процесс перемещения вещества из области с высокой концентрации в область с низкой концентрацией (по градиенту концентрации, в сторону недостатка вещества). Чем выше температура и разность концентраций, тем выше скорость диффузии.

Диффузия растворителя через полупроницаемую мембрану называется **осмосом**. Сила, под действием которой вода переходит в более концентрированный раствор (в сторону недостатка воды) — **осмотическое давление**. Таким образом, движение воды происходит до тех пор, пока концентрация растворов по обе стороны не уравнивается (и осмотическое давление не станет равным 0). Величина осмотического давления зависит от количества, а не от химической природы растворенных в нём веществ, которые не могут самостоятельно проходить через мембрану.

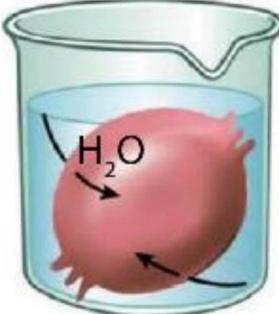
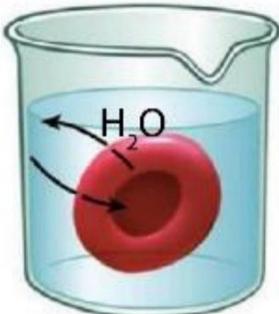
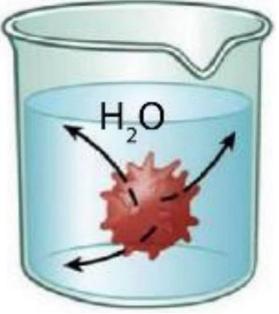
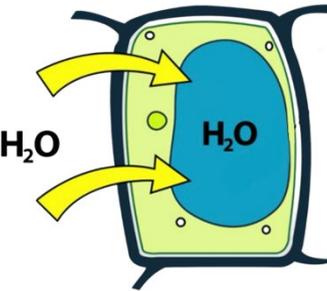
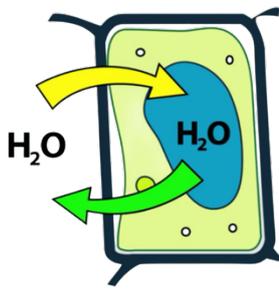
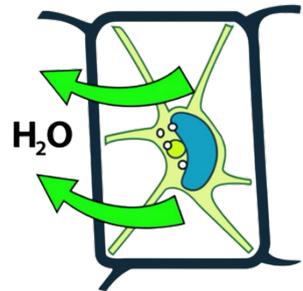
Осмос может быть губителен для клеток, поэтому организмы стараются поддерживать постоянную меру градиента осмотического давления (тоничность). Концентрация растворенных веществ в цитозоле (внутри клеток) равна 0,9%. Раствор с концентрацией NaCl = 0,9% называется изотоническим или физиологическим.



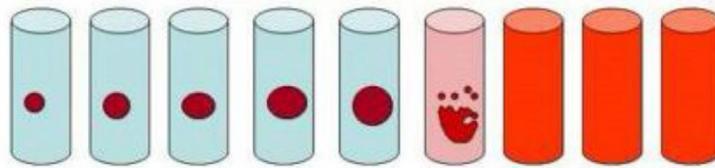
Гипотонический раствор

Изотонический раствор

Гипертонический раствор

Концентрация (С)	Разбавленнее, чем цитозоль клетки: $C(\text{NaCl}) < 0,9\%$	Такой же, как и цитозоль клетки: $C(\text{NaCl}) = 0,9\%$	Концентрированнее, чем цитозоль: $C(\text{NaCl}) > 0,9\%$
Процесс	Вода идёт в клетку для разбавления цитозоля → клетка набухает	Движение воды внутри клетки и из неё	Вода выходит из клетки для разбавления среды → клетка сморщивается
Клетка животного	Набухшая клетка, гемолиз 	Нормальная клетка 	Сморщенная клетка 
Клетка растения или гриба	Тургор — упругая клетка 	Вялая клетка 	Плазмолиз 
	Увеличивается: тургорное давление, транспирация, объем протопласта Уменьшается: осмотическое давление, концентрация цитозоля	Не изменяется: тургорное и осмотическое давление, объем протопласта, концентрация цитозоля, транспирация	Уменьшается: тургорное давление, транспирация, объем протопласта Увеличивается: осмотическое давление, концентрация цитозоля

Эритроциты в **гипотоническом** растворе могут разрушаться (лопаться от избыточной воды) — **гемолиз**. Плазма крови при гемолизе приобретает красный оттенок.



Концентрация NaCl 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1

Растительная и грибная клетки, в отличие от животной, имеют клеточную стенку, поэтому изменяется объём не всей клетки, а **протопласта** (содержимого клетки, ограниченного плазматической мембраной):

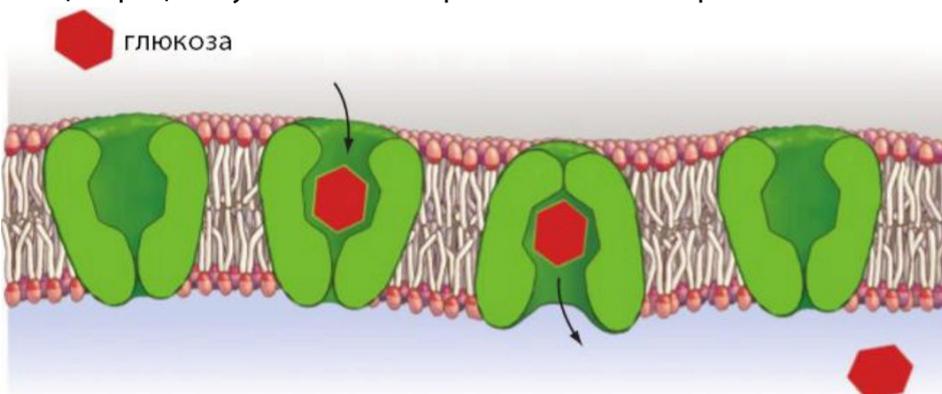
1. **Тургор** в гипотоническом растворе — прижатие плазматической мембраны к клеточной стенке, клетка становится упругой и объём её протопласта увеличивается. При тургоре увеличивается тургорное давление — сила внутри клетки, которая прижимает плазматическую мембрану к клеточной стенке.
2. **Плазмолиз** в гипертоническом растворе — отделение плазматической мембраны от клеточной стенки, объём протопласта уменьшается. При возвращении клетки в нормальную среду происходит **деплазмолиз** — восстановление формы клетки.

В животных клетках тургора и плазмолиза нет, так как нет клеточной стенки!

Мнемотехника: **О**смоз — «**О!** Мало воды!», вода идёт в сторону её недостатка. **Тургор** — «Тут **тесно!**», плазматическая мембрана давит на клеточную стенку, не позволяя воде выходить из клетки.

2. Облегченная диффузия

Облегченная диффузия — процесс трансмембранного переноса веществ по градиенту концентрации с участием мембранных белков-переносчиков без затраты энергии.



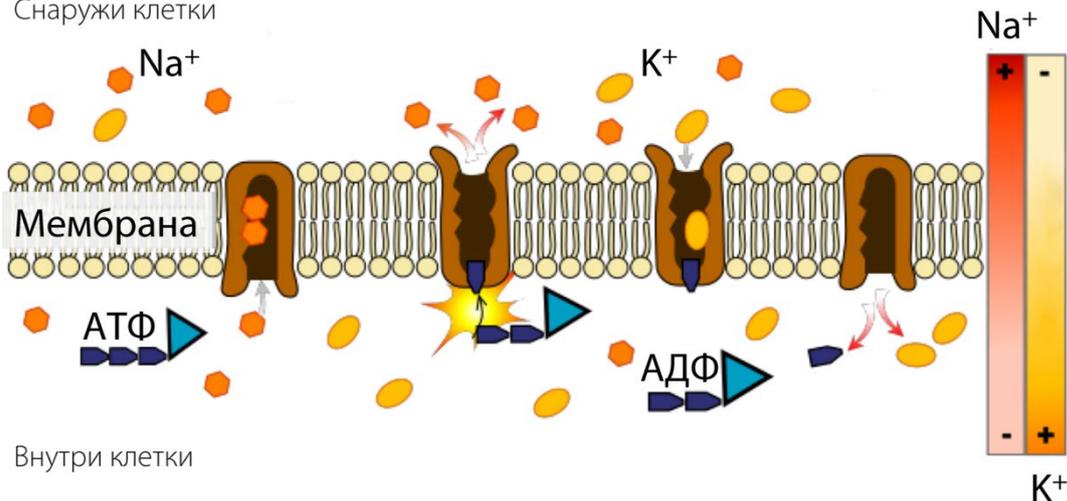
Каналы — белковые молекулы в мембране, содержащие пору и канал, через который проходят вещества.

3. Активный транспорт через белковые насосы

Белковые насосы изменяют свою конформацию для транспорта веществ и затрачивают энергию АТФ. Они переносят вещества против градиента концентрации (в область высокой концентрации).

Примером белкового насоса является калий-натриевый насос (Na^+/K^+ -АТФ-аза), он транспортирует 2 иона калия внутрь клетки и 3 иона натрия из клетки. Функции калий-натриевого насоса — поддержание заряда мембраны клетки, регуляция уровня ионов в клетке, участие в проведении нервного импульса.

Снаружи клетки



Внутри клетки

Мнемотехника для запоминания: «2 Калия **К** клетке, 3 Натрия **Н**аружу из клетки» — калий-натриевый насос переносит 2 K^+ в клетку и 3 Na^+ из клетки.

4. Эндоцитоз и экзоцитоз

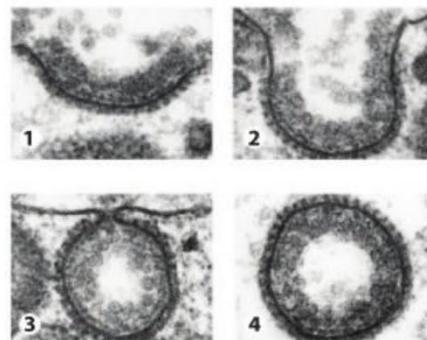
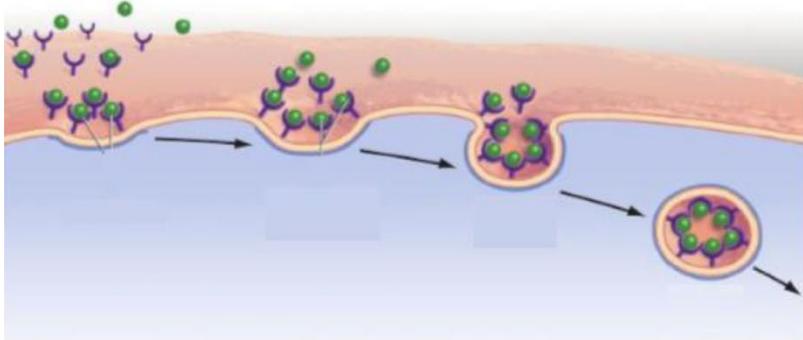
Эндоцитозом и экзоцитозом клетки транспортируют крупные макромолекулы с затратой энергии.

Эндоцитоз — захват частицы плазматической мембраной с образованием везикулы (пузырька). Животные клетки могут эндоцитозом поглощать твердые вещества (**фагоцитоз**) или жидкие (**пиноцитоз**).

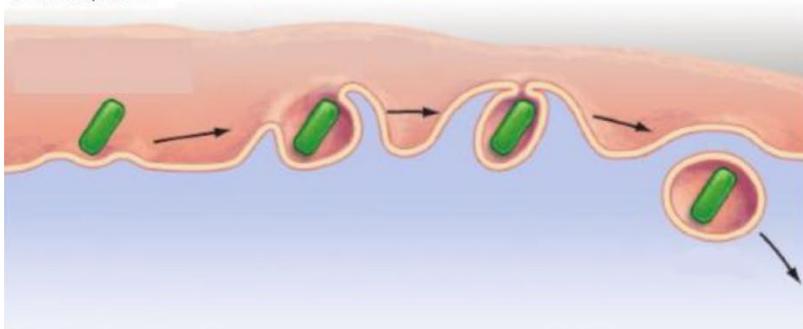
Процесс фагоцитоза:

1. Рецепторы мембраны распознают объект и сигнализируют клетке о начале фагоцитоза.
2. Мембрана начинает впячиваться внутрь вместе с объектом фагоцитоза (с помощью микрофиламентов).
3. Мембрана смыкается, образуется **фагоцитозный пузырек** (фагосома), который погружается вглубь цитоплазмы.
4. Фагосома сливается с **первичными лизосомами**, образуется пищеварительная вакуоль (**вторичная лизосома**), в которой гидролитические ферменты расщепляют полимеры до мономеров.
5. Непереваренные остатки могут выбрасываться экзоцитозом.

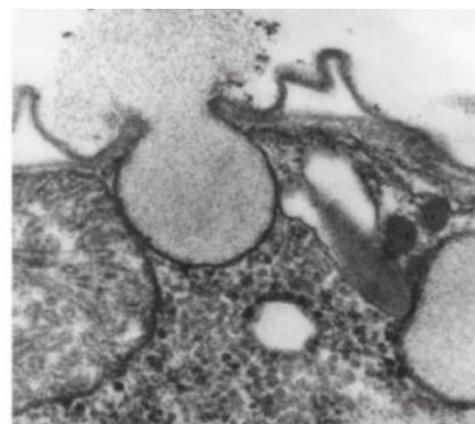
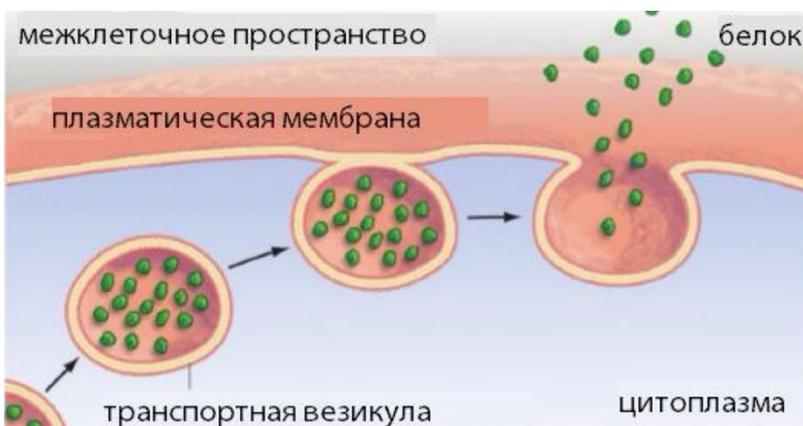
Пиноцитоз



Фагоцитоз



Экзоцитоз — процесс, обратный эндоцитозу — транспорт макромолекул из клетки наружу. При этом транспортные везикулы сливаются с плазматической мембраной, а их содержимое выбрасывается в межклеточное пространство.



Экзоцитоз и пиноцитоз тесно связаны друг с другом. Эндоцитоз характерен только для животных, клетки которых не имеют клеточную стенку.