

Лекция 2



Строение и функции цитоплазматической мембраны (ЦПМ)

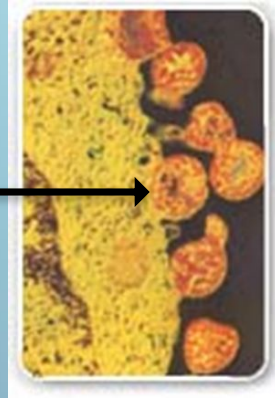
д.б.н., проф. Рыбальченко О.В.
СПбГУ
2018

План лекции

- 1. Строение ЦПМ
- 2. Теория гомеовязкостной адаптации бактерий
- 3. Функции ЦПМ - полифункциональная структура
- 4. Регуляция осмотического давления
- 5. Энергетическая функция ЦПМ
- 6. Транспортная функция ЦПМ (перенос веществ через ЦПМ)
- 7. Секреция – выделение веществ через ЦПМ
- 8. Сенсорная функция ЦПМ

Компартменты (части) бактериальной клетки

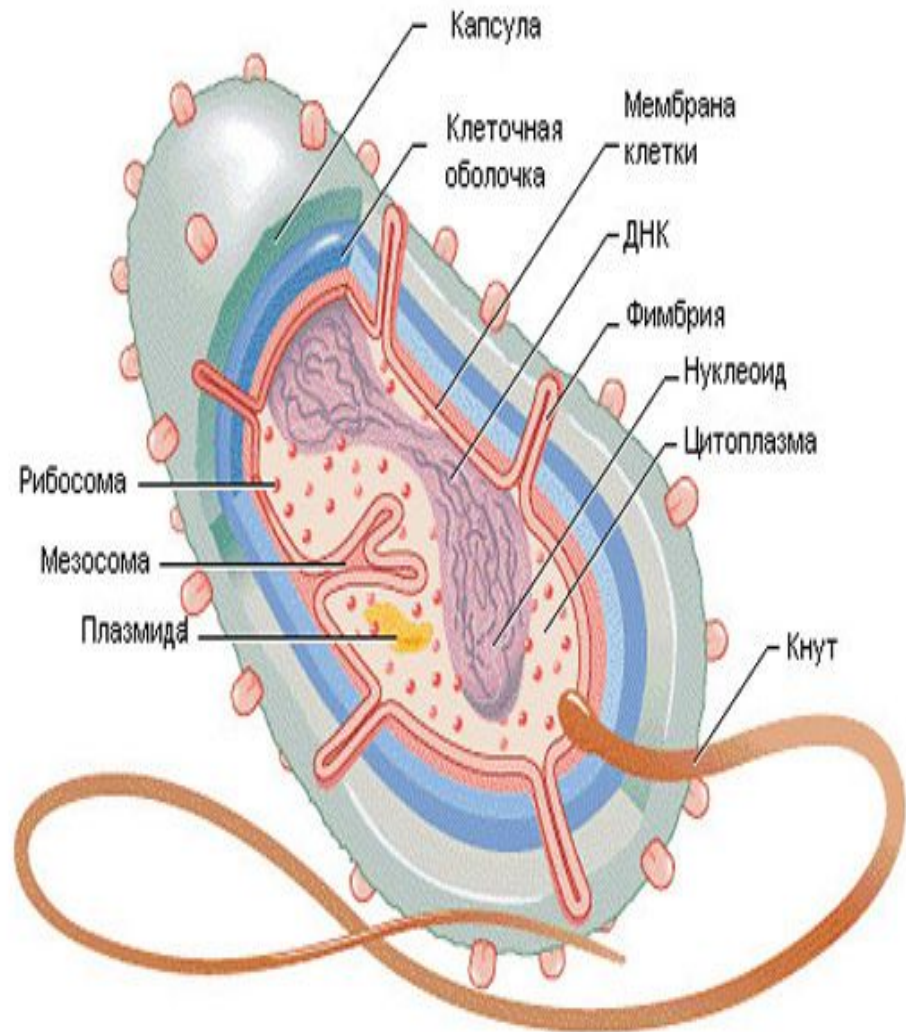
1. Клеточная стенка
(отсутствует у бактерий р. *Mycoplasma*)



2. Цитоплазматическая мембрана (ЦПМ и мезосомы)

3. Цитоплазма

В ней: нуклеоид, рибосомы, включения



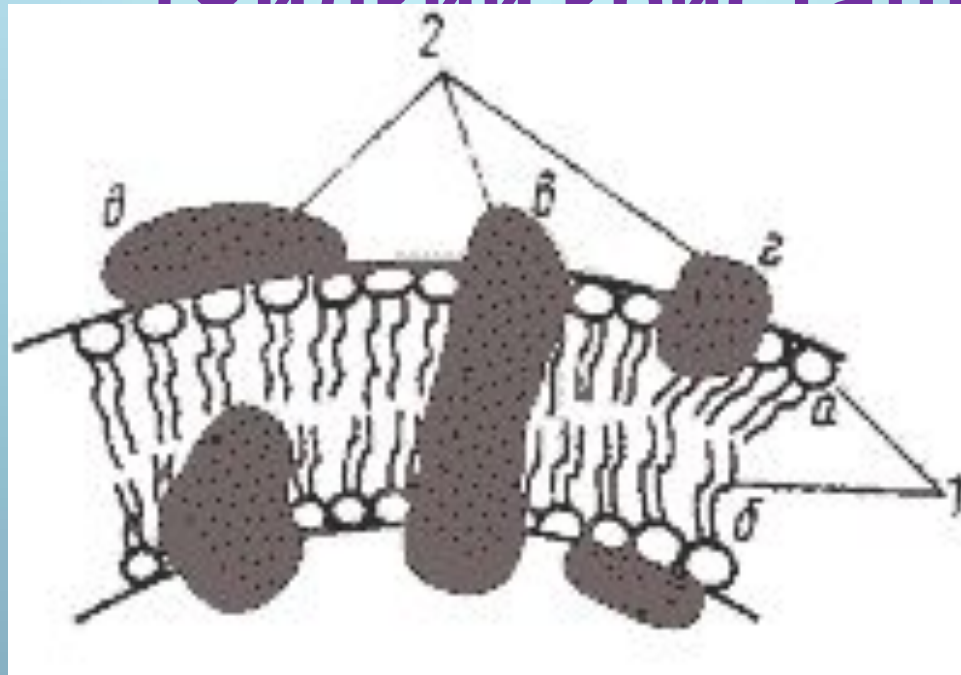
1 вопрос Строение ЦПМ

- Цитоплазма бактерии окружена ЦПМ. Билипидная универсальная структура - физиологически активное образование, высокоселективный барьер.



- Жизнеспособность бактерий обусловлена свойствами ЦПМ:
 1. Текучесть – белки способны свободно перемещаться в толще мембраны.
 2. Флексибельность - способность менять форму, изгибаться.
 3. Стабильность - за счет ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Схема строения билипидной мембраны ЦПМ бактерий (жидкий кристалл)



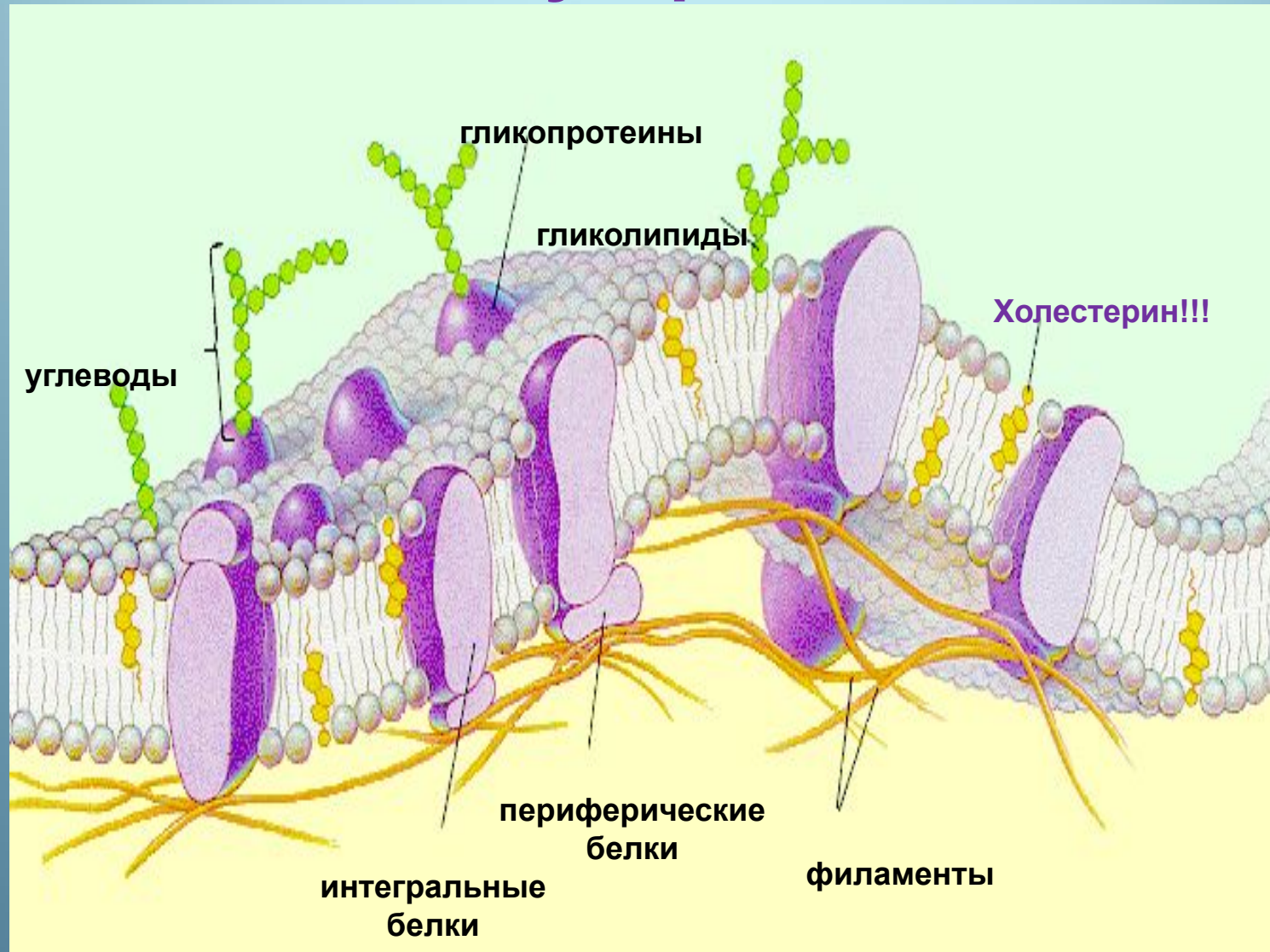
1 — молекулы липидов:

а — гидрофильная «голова» и б — гидрофобный «хвост» образованы двумя слоями фосфолипидов (ФЛ), холестерина отсутствуют.

2 — молекулы белков:

Расположение: в — интегральное; г — периферическое; д — поверхностное.

Строение плазматической мембраны эукариот



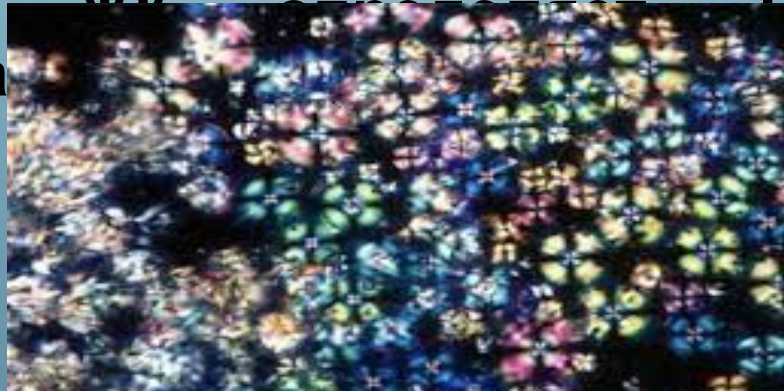
2 вопрос Теория гомеовязкостной адаптации бактерий

- поддержание жидкостно-кристаллического состояния ЦПМ с помощью варьирования жирнокислотного состава фосфолипидов при изменении T° .

бактерии способны изменять насыщенность жирных кислот (ЖК) ЦПМ двойными связями.

ЦПМ должна находиться в подвижном состоянии, чтобы активно реагировать на изменение T° .

Подвижное состояние ЦПМ обеспечивает широкие T° границы их существования. T° плавления ЖК определяет T° границы существования



3 вопрос **Функции ЦПМ**

- ЦПМ - полифункциональная структура (включает различные ферменты)

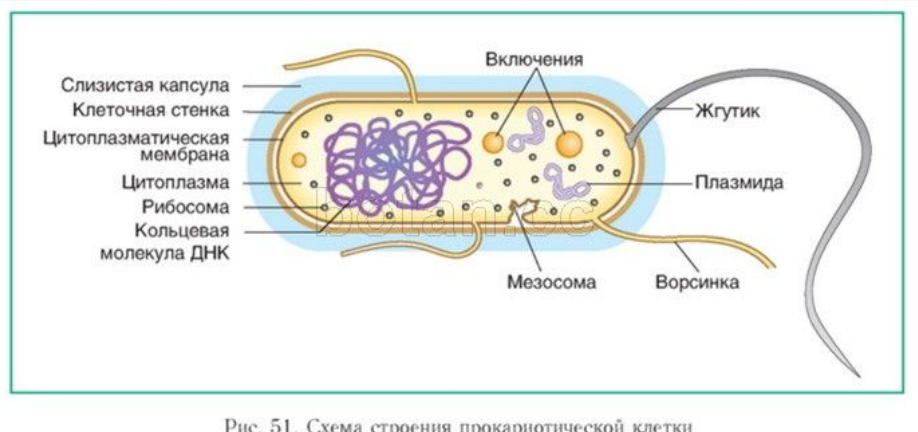


Рис. 51. Схема строения прокариотической клетки

- **5 групп функций ЦПМ:**
- Регуляция осмотическ

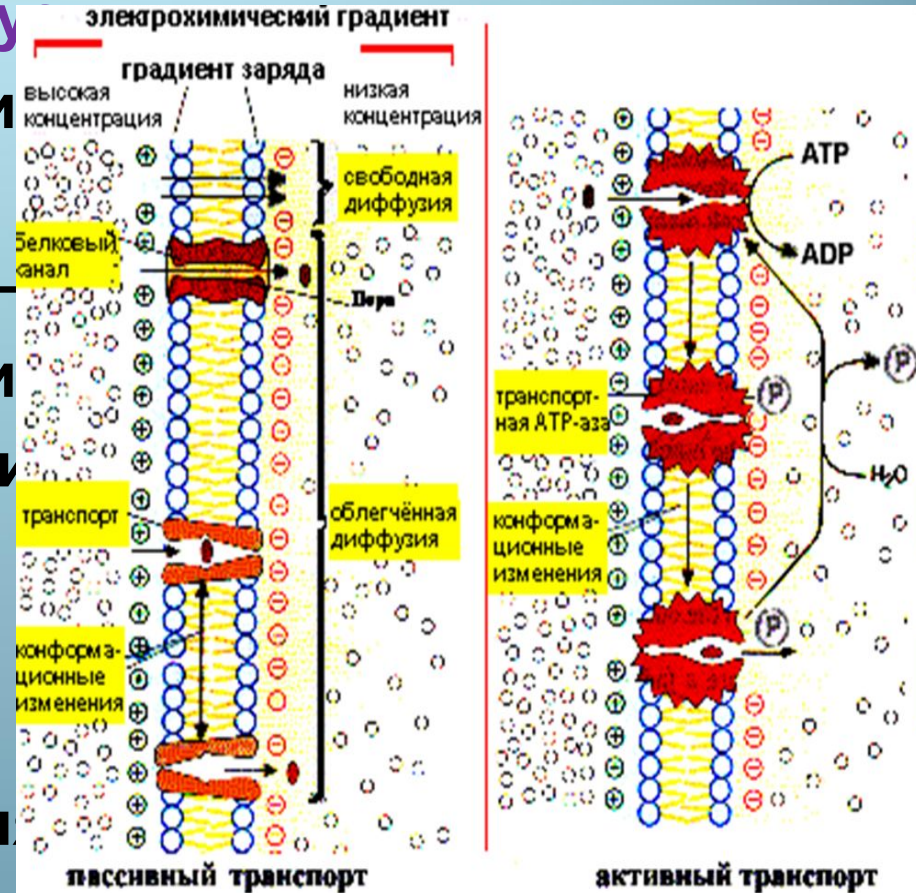
давления - главный осмотический барьер.

- Энергетическая функция.
- Транспортная функция.
- Сенсорная функция.
- Регуляция деления бактериальной клетки.

4 вопрос Регуляция

ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

- **Неспецифическая диффузия** по градиенту концентрации (без затраты энергии).
- **Облегченная диффузия** — по градиенту концентрации (не требует затраты энергии)
- **Активный транспорт** — с участием специфических транспортных белков пермеаз (требуется энергия)



5 вопрос Энергетическая функция бактерий

Система первичной протонной помпы или протондвижущая сила (ПДС) возникает:

в результате дыхания,

источником ПДС может быть энергия света

ПДС складывается за счет:

электрического мембранного потенциала,

разности pH между наружной и внутренней

сторонами мембраны,

тем и другим одновременно.

Процесс идет за счет энергии АТФ

(работа белкового комплекса АТФ-азы).

В результате работы ПДС протоны H⁺

поступают внутрь клетки.

1. Источники формирования градиента

Ион	Концентрация в цитоплазме, mM	Концентрация вне клетки, mM	Коэффициент проницаемости 10 ⁹ , см/с
K ⁺	139	4	500
Na ⁺	12	145	5
Cl ⁻	4	116	10
органические анионы	138	34	0

2. Концентрации

$$\Delta\psi_G = \frac{R \cdot T}{F \cdot n} \cdot \ln \frac{C_{\text{снаружи}}}{C_{\text{внутри}}}$$

R – газовая постоянная, n – количество ионов, T – температура (K), F – константа Фарадея

3. Уравнение Нернста

А. Электрохимический градиент

Б. Протондвижущая сила

$$\Delta p = \Delta\psi - \frac{2.3 \cdot R \cdot T}{F} \cdot \Delta pH$$

$$\Delta G_{H^+} = \Delta\psi + \frac{2.3 \cdot R \cdot T}{F} \cdot \Delta pH = -F \cdot \Delta p$$

В. Поддержание протонного градиента

1. Светозависимый протонный насос (бактериородопсин)
2. Пластохиноновый Q-цикл в растениях
3. Электронозависимый протонный насос (цитохром с-оксидаза)
4. Протонзависимый синтез АТФ

поток протонов, поток электронов

K⁺, Na⁺ варианты первичной помпы у бактерий

Вместо протонов H⁺ могут работать другие ионы:

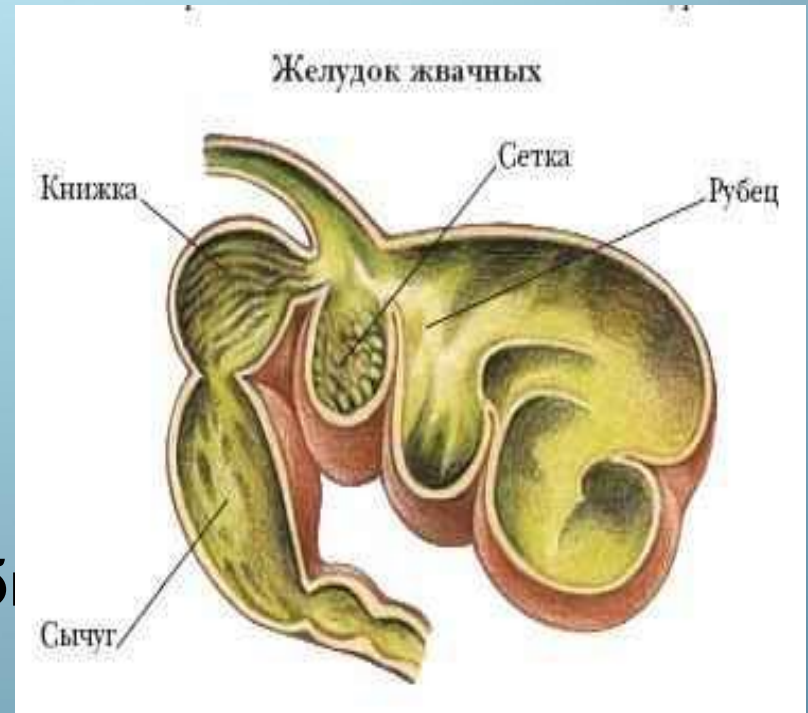
K⁺ первичная помпа.

Na⁺ первичная помпа.

В этих случаях происходит поступление K⁺, Na⁺ за счет энергии АТФ.

Напр. морские бактерии, термофилы, бактерии в рубце жвачных животных.

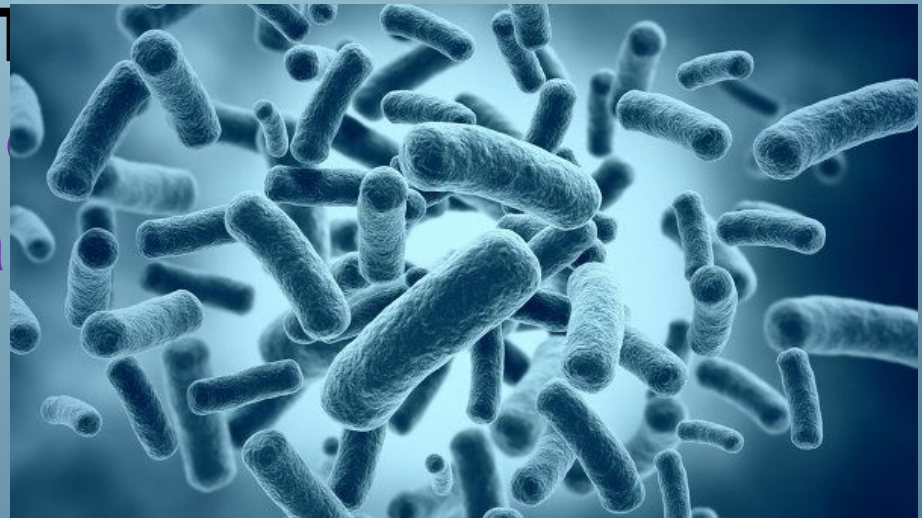
Т.обр., ПДС у бактерий может создаваться за счет разных ионов.



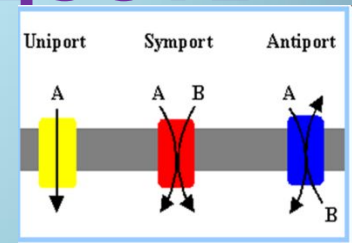
6 вопрос

Транспортная функция ЦПМ

- Бактерии могут существовать только во влажной среде, поглощая растворенные вещества.
- Все вещества должны проходить через ЦПМ.
- Существует несколько вариантов переноса веществ через ЦПМ:
 - Активный транспорт
 - Вторичная помпа



Варианты переноса веществ через ЦПМ



Активный транспорт (первичная помпа)

В нем участвуют специфические транспортные белки – пермеазы (П).

П отличаются друг от друга по ряду показателей:
по специфичности к определенным веществам,
по степени сродства к субстрату,
по эффективности определения концентрации веществ в клетке и вне клетки.

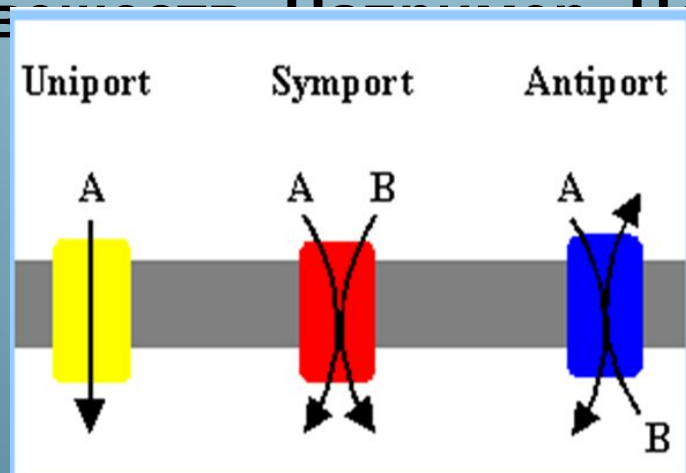
Вторичная помпа

В этом случае специфические белки катализируют перенос различных субстратов за счет ПДС.

Как и в случае первичной помпы это перенос различных веществ в клетку (не только ионов H^+ , K^+ , Na^+).

Варианты вторичной помпы

- **Унипорт** – втягивание вещества отрицательным зарядом за счет разности потенциалов на мембране. Например, электрофоретический вариант переноса вещества.
- **Синпорт** – белок катализирует одновременный и однонаправленный перенос веществ (двух или сразу нескольких) вместе с протоном за счет ПДС. Напр., H^+ и лактоза.
- **Антипорт** – белки вторичной помпы катализируют одновременный и встречный перенос двух различных веществ. Например, H^+ и иона Ca^{+} или Na^{+} .



7 вопрос

Секреция – выделение веществ через ЦПМ

Бактерии выделяют в окружающую среду различные вещества: ферменты, токсины (факторы патогенности).

Ферменты: липаза, фосфатаза, ДНК-аза.

Токсины: холероген, нейраминидаза.

Транспорт белков из клеток определяется комплексом специфических белков – системой транслокации.

Белки системы транслокации (Sec) находятся в ЦПМ и плазме.



Функции белков-транслоказ

- Белок SecY (шаперон), изменяет конформацию белка, трансформируя его третичную структуру (сферическую) во вторичную (нитевидную), в этом виде белок легче проходит через ЦПМ.
- Шапероны формируют

четвертичную структуру носимого
белка.



Типы секреции бактерий

- Белки Гр+ бактерий секретируются прямо во внешнюю среду.
- У Гр- бактерий 2 мембраны: ЦПМ и НМ, поэтому секреция у них более сложный процесс.
- **5 типов систем секреции у Гр- бактерий**

отличаются по механизму доставки белковых молекул во внешнюю среду:

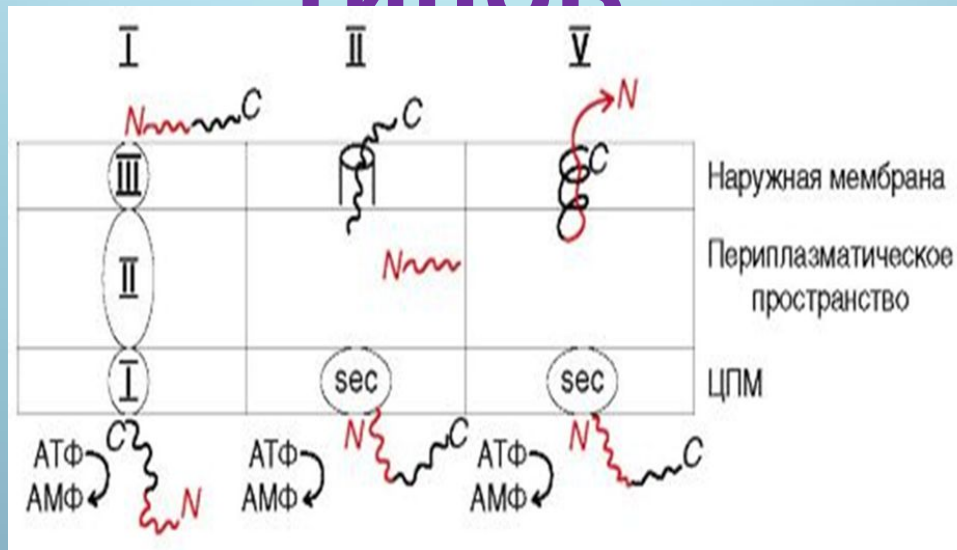
Белки, секретируемые по **I и III** пути, пересекают ЦПМ и НМ в один этап без участия sec-белков.

Белки, секретируемые по **II и IV** путям, проходят через ЦПМ и НМ поэтапно при участии sec-белков.

V тип секреции отличается от II типа тем, что обеспечивает автотранспорт белков Гр- бактерий.

Схема строения секреторных систем I, II и V

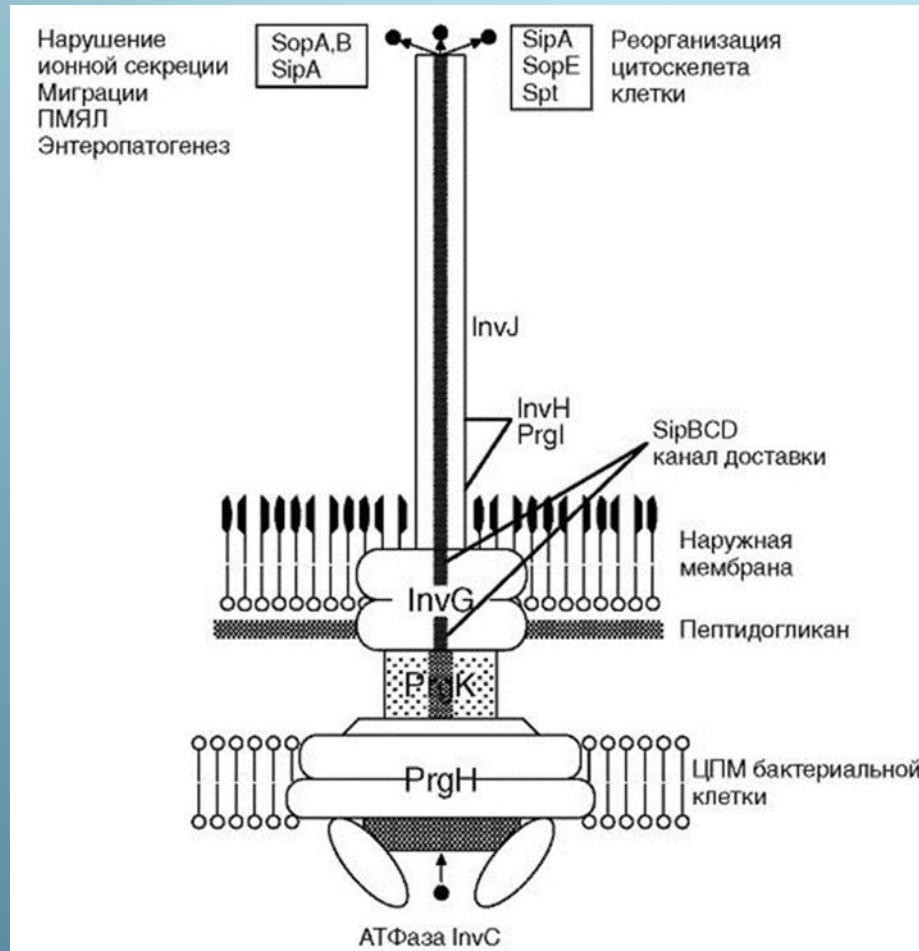
ТИПОВ



- I тип обеспечивает секрецию формирующих поры токсинов (гемолизина);
- II тип обеспечивает секрецию гидролитических ферментов, некоторых токсинов (муциназа у *V. cholerae*) и поверхностных структур;
- V тип обеспечивает автотранспорт белков Гр- бактерий.

Схема строения секреторной системы III типа в клетках Salmonella:

PrgH, PrgK, InvG, H, J; PrgI - белки, формирующие шприц; Sip B, C, D - белки транслокационного комплекса; SopA, B, E; SipA; Spt - СВ



Другие способы выделения

- С помощью белков-переносчиков фосфотрансферным путем.

Вариант переносчиков:



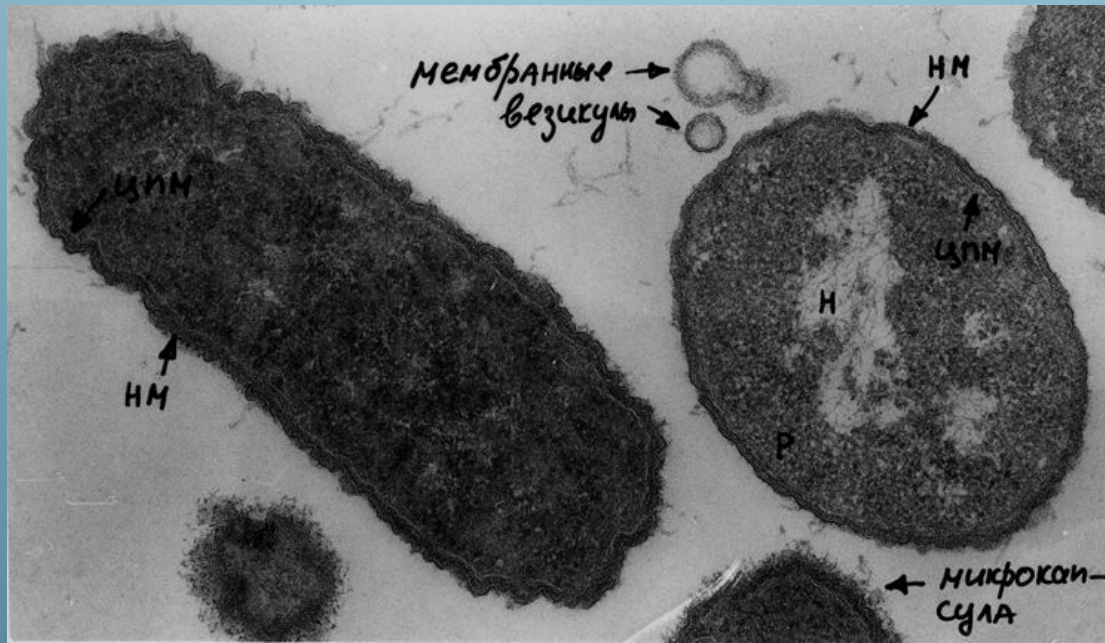
- белковые помпы, обеспечивающие выведение АМП (тетрациклин).
- фосфотрансферный путь - выведение молекул для построения различных поверхностных структур бактерий (клеточная стенка, капсулы и др).
- Некоторые стадии подобного транспорта можно подавлять АМП (напр. транспорт через ЦПМ N-ацетилглюкозамина блокируется ванкомицином).

Секреция мембранных пузырьков

Особый тип транспорта веществ из бактерий - секреция мембранных пузырьков.

Механизм их выделения остается не совсем ясным.

Они могут содержать липиды, белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, в том числе некоторые бактериальные токсины.



8 вопрос Сенсорная функция ЦПМ

Бактерии способны улавливать и определять малейшие изменения в окружающей среде (Т°, влажность, концентрацию).

Сенсорные системы бактерий сходны с подобными системами эукариот.

У бактерий преобладают 2-х компонентные сенсорные системы.

2-х компонентные сенсорные системы бактерий

- 2 белка регулируют передачу сигнала:
- **белок-сенсор** - реагирует на изменения параметров окружающей среды автофосфорилируется и передает сигнал на белок-регулятор, в котором при этом фосфорилируется аспарагиновый участок.
- **белок-регулятор** - координирует поведение бактерий, воздействуя на участки генома, регулируя активность определенных генов.
- Белок-регулятор может активатора, а также в ро

