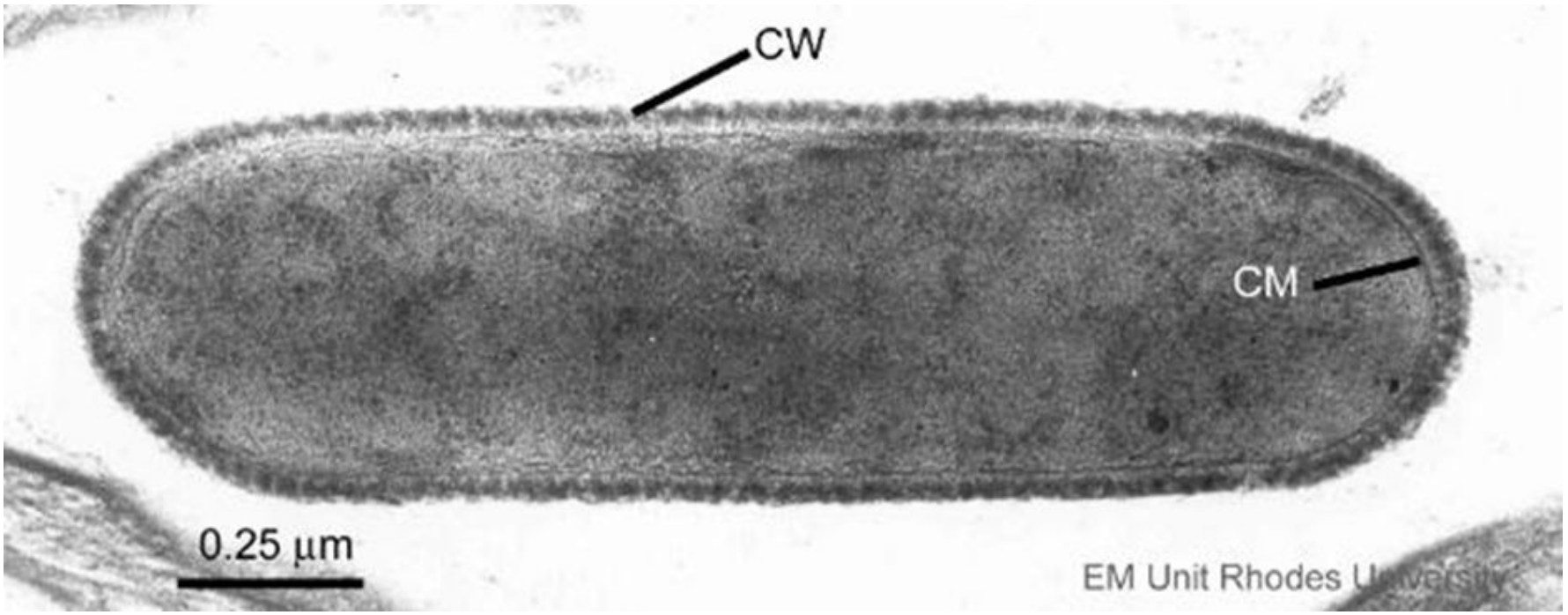
КЛЕТОЧНАЯ СТЕНКА ПРОКАРИОТ

ВОПРОСЫ:

1. Особенности химического состава клеточной стенки прокариот.
2. Клеточная стенка грамположительных бактерий.
3. Клеточная стенка грамотрицательных бактерий.
4. Клеточные стенки архей.
5. Функции клеточной стенки прокариот.

1. ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ ПРОКАРИОТ

- **Клеточная стенка (КС)** – важный и обязательный структурный элемент большинства прокариот, придает клеткам определенную форму.



CW – клеточная стенка;
CM – ЦПМ

- КС отсутствует у **микоплазм** и **L-форм**.
- **L-формы** – это адаптивные формы бактерий, утратившие способность к синтезу клеточной стенки.

L-формы образуются:

- **у патогенных бактерий** (у хламидий, гонококков, нейссерий, стрептококков и др.)
- **у сапрофитных бактерий** *(Bacillus subtilis)*
- под влиянием неблагоприятных факторов: t, осмотического шока, пенициллина, лизоцима (ингибиторы пептидогликана).

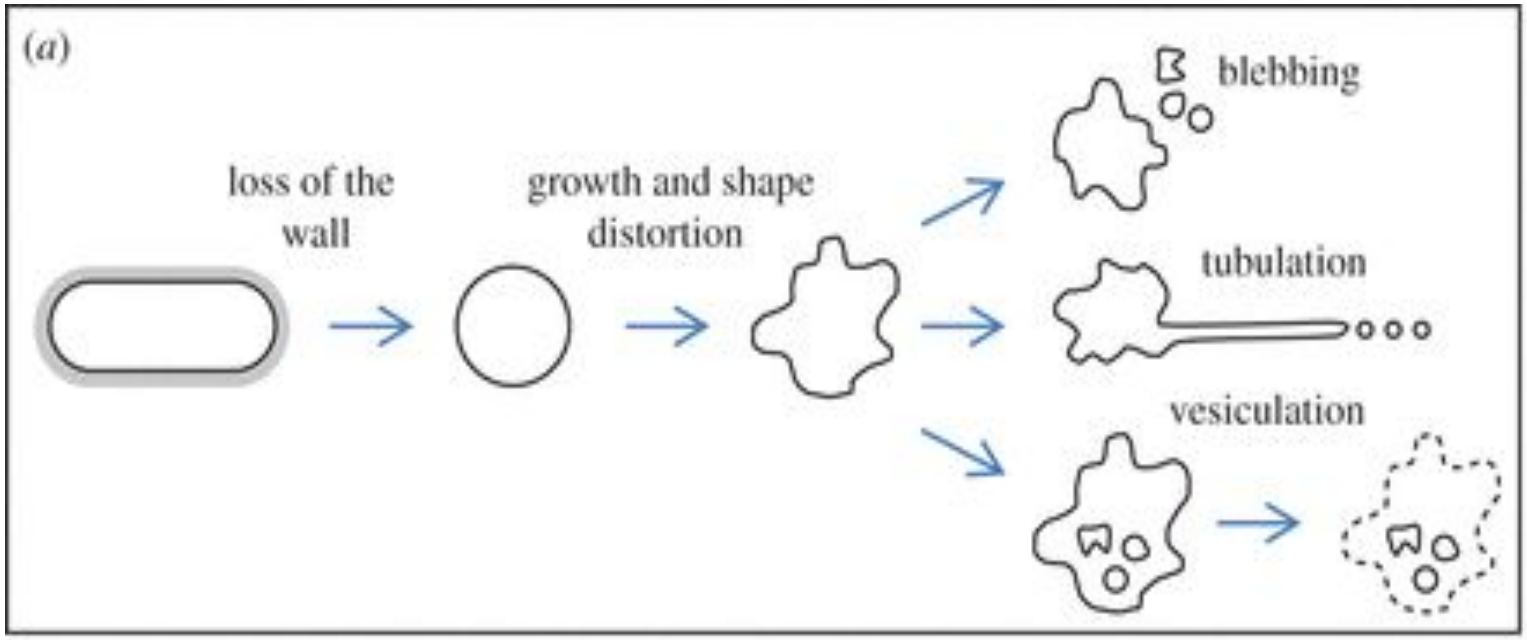
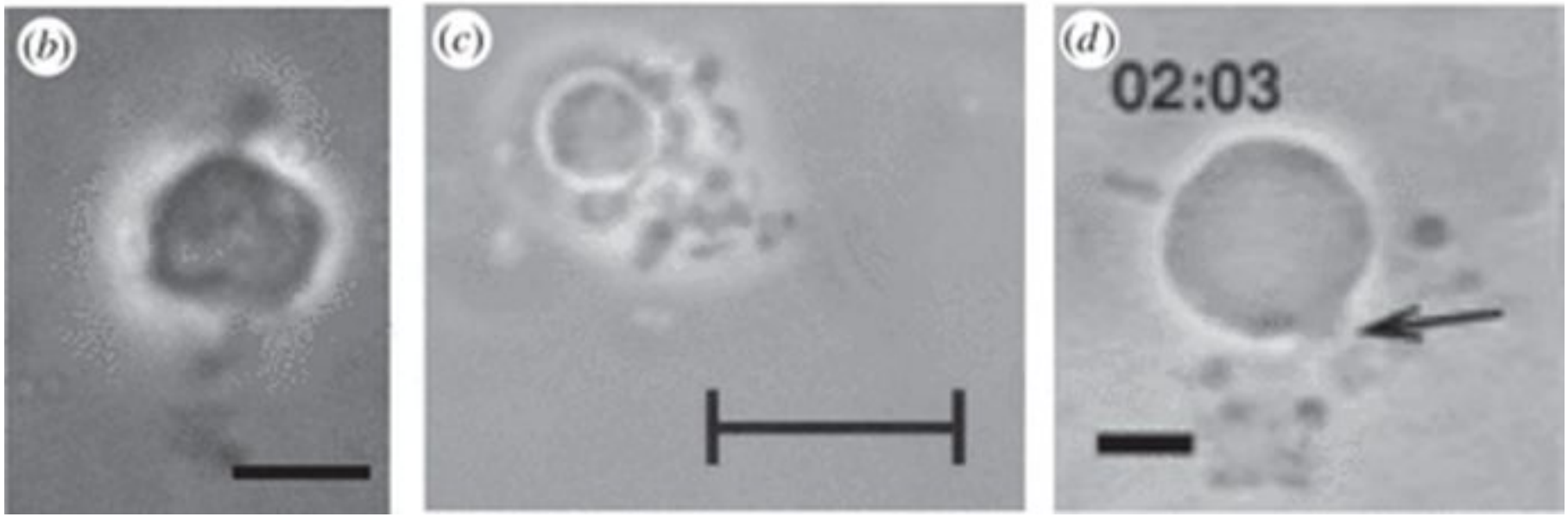


Схема образования L-формы у *Bacillus subtilis.*
L-формы способны к примитивному делению.
Такое деление происходит за счет усиления синтеза компонентов мембраны, площадь которой увеличивается быстрее объема. В результате, на поверхности клетки образуются выпячивания, которые образуют пузырьки.
L-формы устойчивы к антибиотикам, которые действуют на клеточную стенку.

L-формы



L-формы патогенных бактерий очень устойчивы, в организме человека способны к длительному персистированию, определяют течение хронической инфекции.

Протопласты и сферопласты

При воздействии лизоцима (*разрушает ß-1,4-гликозидные связи в гетерополисахаридной цепи пептидогликана*) получают:

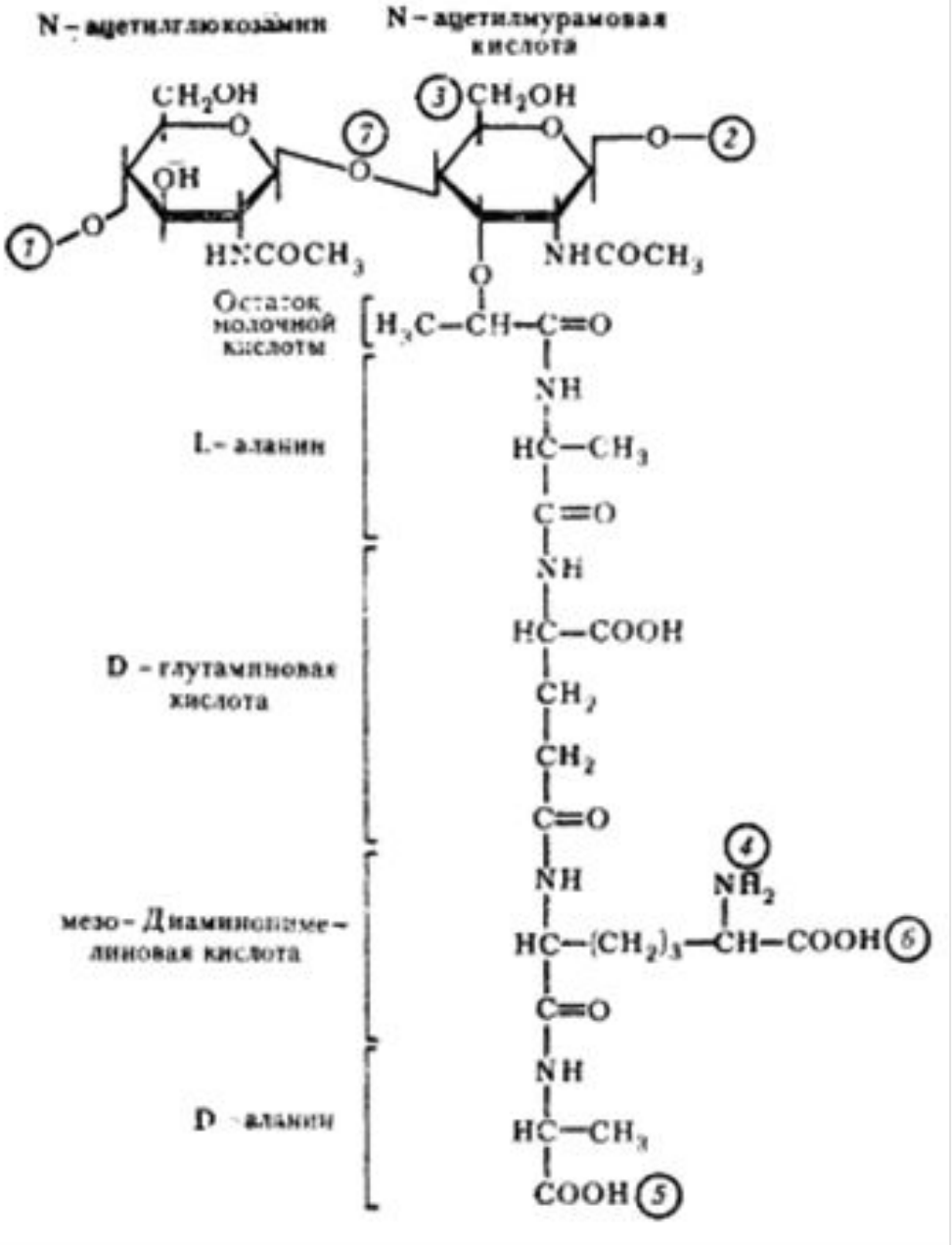
- **Протопласты** - формы, у которых отсутствует клеточная стенка (у грамположительных бактерий);
- **Сферопласты** - формы с частично разрушенной клеточной стенкой (у грамотрицательных бактерий).
- Протопласты и сферопласты могут существовать только в условиях, когда осмотическое давление среды сбалансировано с осмотическим давлением внутри клетки

- Структура и состав клеточной стенки определяют способность воспринимать красители, т.е. **тинкториальные признаки бактерий**.
- По строению и химическому составу клеточная стенка бактерий отличается от таковой эукариот. В ее состав входит **пептидогликан (муреин)** – специфический гетерополимер прокариот.

Структура пептидогликана

Пептидогликан построен из чередующихся остатков ***N-ацетилглюкозамина*** и ***N-ацетилмурамовой кислоты***, соединенных между собой **β-1,4-гликозидными связями**. К N-ацетилмурамовой кислоте присоединен короткий **пептидный хвост**, состоящий из 4-5 аминокислот (**D**-глутаминовая, глицин, **D**-аланиан, диаминопимелиновая (двухосновная – у актиномицетов).

Высокое содержание аминокислот с двумя



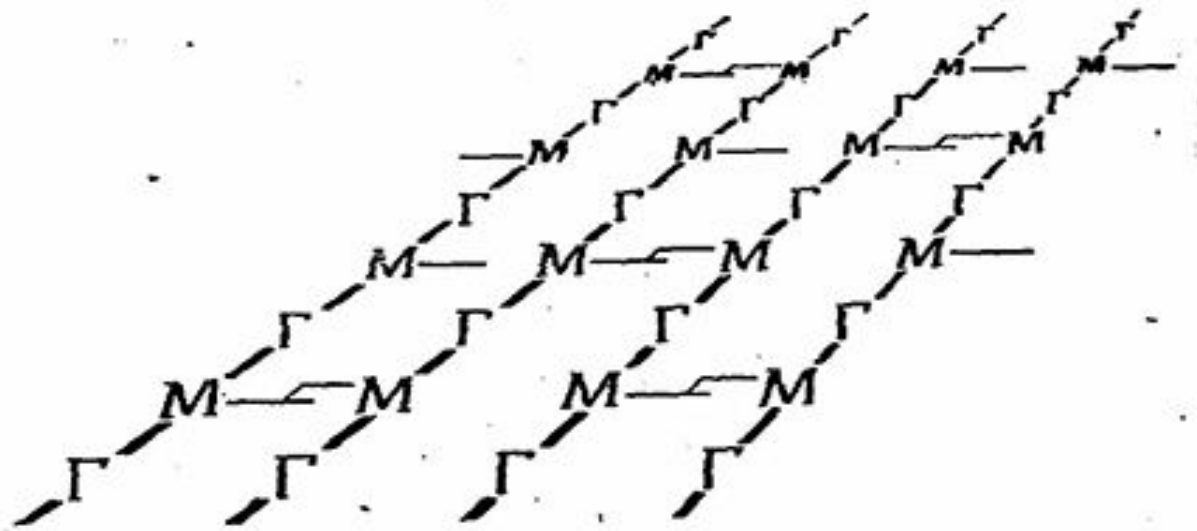
1, 2— места полимеризации гликанового остова молекулы;

3 — место присоединения с помощью фосфодиэфирной связи молекулы тейхоевой кислоты в клеточной стенке грамположительных бактерий;

4, 5 — места, по которым происходит связывание между гликановыми цепями с помощью пептидных связей; 6 — место ковалентного связывания (пептидная связь) с липопротеином наружной мембраны у грамотрицательных бактерий;

7 — место действия лизоцима

- Молекула пептидогликана представляет собой правильную сеть из параллельно расположенных полисахаридных цепей, соединенных короткими пептидными хвостами. Обладает прочностью и упругостью.



Г - N-ацетилглюкозамин; М - N-ацетилмурамовая кислота

- Отличие химического состава клеточной стенки бактерий и эукариот сделало возможным применение лекарственных препаратов, специфически действующих только на бактериальную клеточную стенку.
- На этом основано действие пенициллина и других антибиотиков, которые подавляют синтез пептидогликана.
- Например, пенициллин ингибирует образование связей между пептидными хвостами на этапе «сшивания» полимера.

- Прокариоты в зависимости от структуры и химического состава клеточной стенки делят на две группы: **грам(+) и грам(-).**
- Дифференциальная окраска бактерий предложена датским ученым Грамом в 1884 г.
- Окраска по Граму – признак видоспецифичный, используется для определения вида бактерий.
- Окрашивают только односуточные культуры.
- Клеточные стенки грам(+) и грам(-) бактерий отличаются по структуре и химическому составу.

2. КЛЕТОЧНАЯ СТЕНКА ГРАМ(+) БАКТЕРИЙ

- В состав клеточной стенки грам(+) бактерий входят:

✔ **пептидогликан – 40-90 %,**

✔ **тейхоевые кислоты** - это полимеры из 8-50 остатков ***глицерина*** или ***рибита***, связанные между собой фосфодиэфирными связями. Некоторые свободные гидроксильные группы в молекулах этих спиртов замещены остатками Д-аланина, глюкозы, N-ацетилглюкозамина и др. сахаров.

- **тейхуроновые кислоты,**
- **липотейхоевые кислоты**
- **полисахариды, белки, липиды**

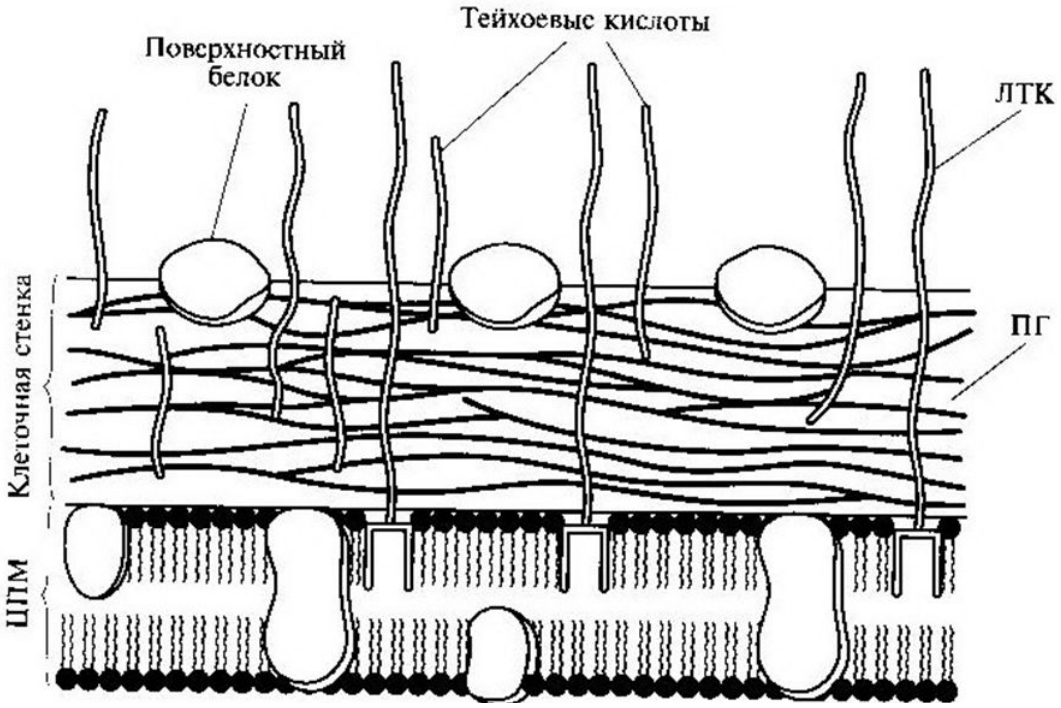
(в небольших количествах).

Строение клеточной стенки грам(+) бактерий

Имеет толщину 20-80 нм (~40 молекул пептидогликана), плотно прилегает к ЦПМ, имеет **поры диаметром 1-6 нм**.

Тейхоевые кислоты пронизывают **пептидогликановый слой**, ковалентно связываются с **пептидогликаном (ПГ),** достигают внешней поверхности клеточной стенки и являются **антигенами**, а их сахарные компоненты – **рецепторы для бактериофагов**.

Липотейхоевые кислоты (ЛТК) закреплены в гидрофобной области ЦПМ.



Полисахариды и липиды ковалентно связаны с пептидогликаном и тейхоевыми кислотами.

Белки располагаются на поверхности островками или тесно упакованы и формируют

К грам(+) бактериям относятся:

- бактерии **р.** ***Bacillus*** – ***B. anthracis*** *(возбудитель сибирской язвы),* ***B. thuringiensis*** *(поражает насекомых),* ***B. mesentericus*** *(картофельная палочка, сапрофит) и др.*
- бактерии **р.** ***Clostridium*** – ***C. tetani*** *(возбудитель столбняка),* ***C. botulinum*** *(возбудитель ботулизма) и др.*
- ***Staphylococcus aureus*** *(золотистый стафилококк)*
- ***Streptococcus pyogenes*** *(возбудитель тонзилита) и др.*

3. Клеточная стенка грам(-) бактерий

Химический состав:

- ✔ пептидогликан - 1 - 10 %,
- ✔ липополисахариды,
- ✔ фосфолипиды,
- ✔ белки,
- ✔ полисахариды,
- ✔ липопротеины.

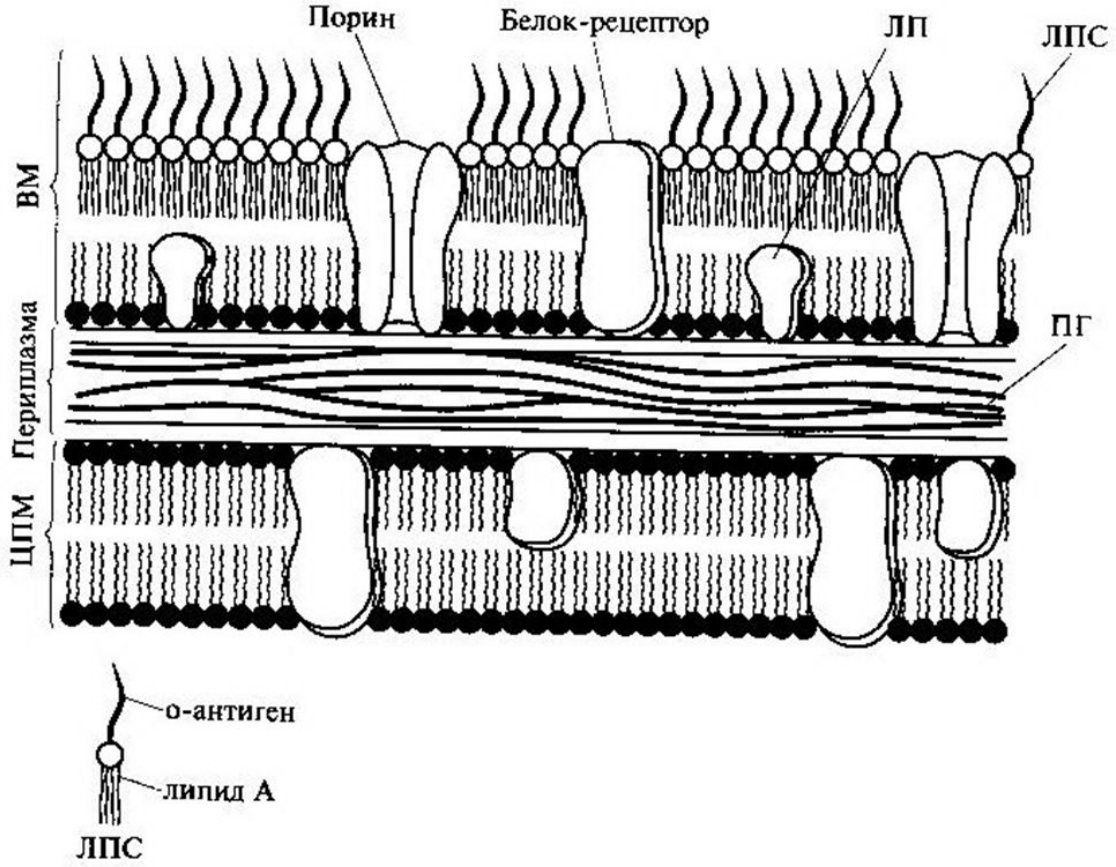
Строение клеточной стенки грам(-) бактерий

КС грам(-) бактерий имеет сложное строение. В их КС имеется:

Наружная (внешняя) мембрана (ВМ), она располагается поверх **пептидогликанового слоя (ПГ),** содержит **липолисахариды (ЛПС)** на внешней поверхности и **липопротеины (ЛП)** – на внутренней поверхности.

Липополисахарид состоит из ***липидной части***, которая обращена внутрь наружной мембраны, и ***полисахаридной части***, которая обращена во внешнюю среду и служит в качестве **антигена**.

В наружной мембране также находятся **белки-порины**, которые образуют в ней каналы для переноса малых молекул, и **белки-переносчики** и **белки-рецепторы**.



Между ЦПМ и наружной мембраной находится **периплазматическое пространство (периплазма).**

В периплазме - **транспортные белки и ферменты-гидролазы** (протеазы, липазы и др.).

К Грам(-) бактериям относятся:

- ***Escherichia coli***
- ***Pseudomonas aeruginosa*** – *синегнойная палочка*
- ***Neisseria gonorrhoeae*** *- возбудитель гонореи*
- ***Neisseria meningitidis*** *– возбудитель менингита*
- ***Vibrio cholerae –*** *холерный вибрион и др.*

4. КЛЕТОЧНЫЕ СТЕНКИ АРХЕЙ

У архей встречаются клеточные стенки трех типов:

Клеточные стенки, содержащие псевдомуреин

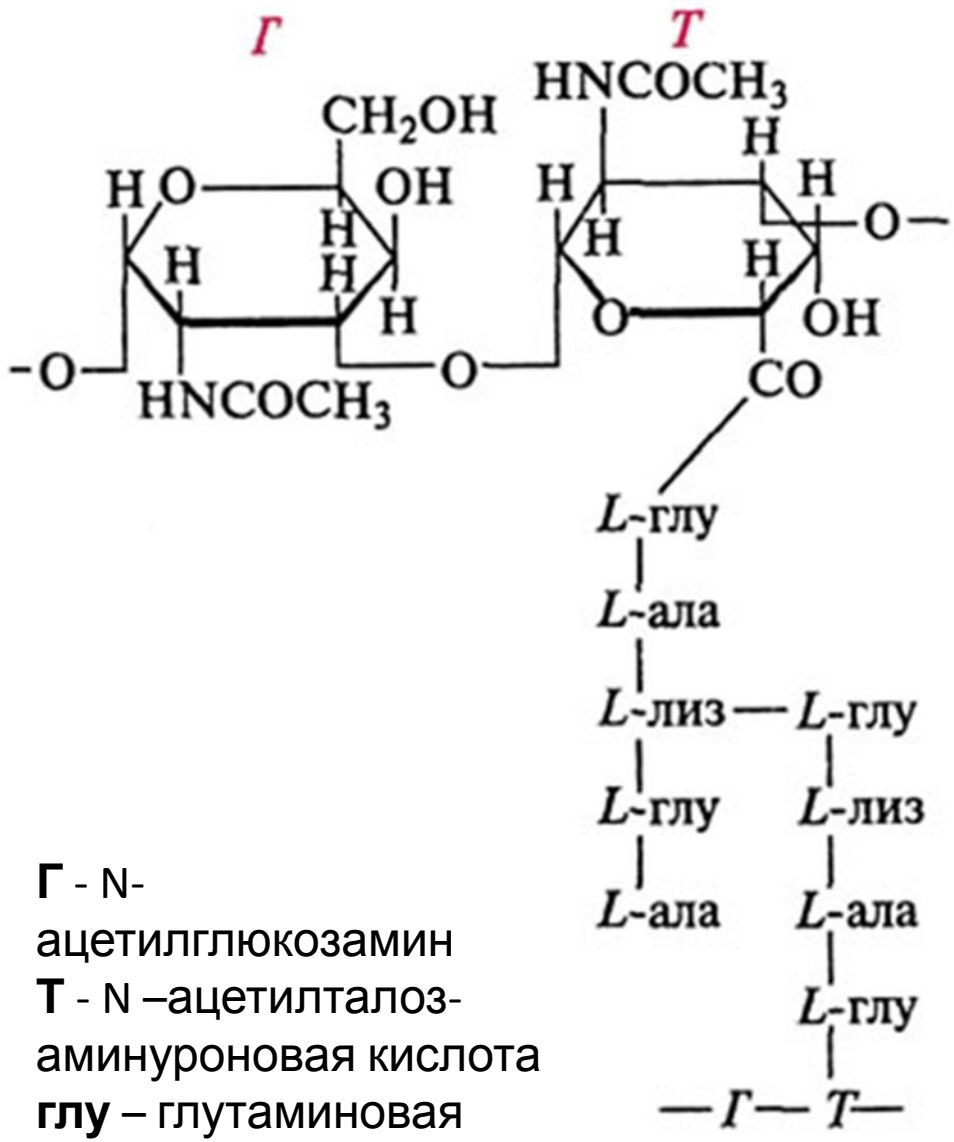
- Имеют толщину 15 — 40 нм.
- Дают положительную окраску по Граму.
- Встречаются у метанообразующих архей.

Структура псевдомуренина архей

Псевдомуреин

построен из N-ацетилглюкозамина и N-ацетилталозамин-уроновой кислоты, а пептидные фрагменты — только из L-аминокислот.

Аминосахара гликановой цепи псевдомуреина соединены через **β-1,3-гликозидные связи**.



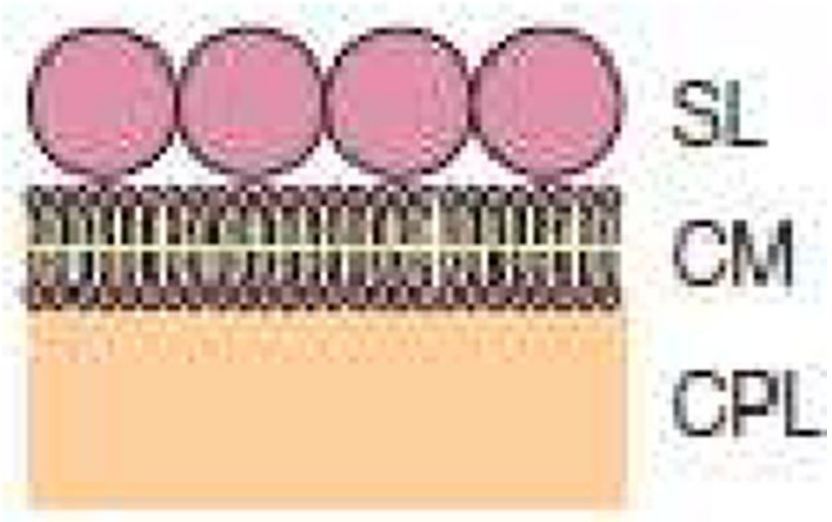
Г - N-ацетилглюкозамин
Т - N –ацетилталоз-аминуроновая кислота
глу – глутаминовая кислота
ала – аланин
лиз - лизин

Клеточные стенки, построенные из кислого гетерополисахарида

- Описаны у метанообразующих архей.
- Аморфной структуры, толщиной до 500 нм.
- Дают положительную реакцию по Граму.
- Построены из гетерополисахарида, в составе которого обнаружены галактозамин, нейтральные сахара и уроновые кислоты.

Белковые клеточные стенки

- У галобактерий, ацидофильно-термофильных архей и большинства метаногенов клеточная стенка состоит из белка.
- В некоторых случаях в следовых количествах обнаружены аминосахара.
- Под электронным микроскопом клеточная стенка выглядит как ряд регулярно расположенных белковых субъединиц.
- Археи с белковой клеточной стенкой являются грам(-).



Белковая клеточная стенка археи *Thermoproteus*
SL – клеточная стенка, состоящая из белковых субъединиц (**S-слой**), толщиной 20-40 нм;
CM - мембрана клетки;
CPL – цитоплазма.

5. ФУНКЦИИ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ ПРОКАРИОТ

- Придает клеткам **определенную** форму.
- Является **механическим** и **осмотическим барьером**.
- Выполняет **транспортную функцию**.
- На поверхности клеточной стенки располагаются **рецепторы** для бактериофагов, бактериоцинов, а также **антигены** (тейхоевые кислоты, липополисахарид), макромолекулы на поверхности обеспечивают межклеточное взаимодействие при конъюгации.
- Содержит **аутолизины** – ферменты растворяющие пептидогликан, что необходимо для процессов роста клеточной стенки и