

# Защитные и двигательные структуры клетки

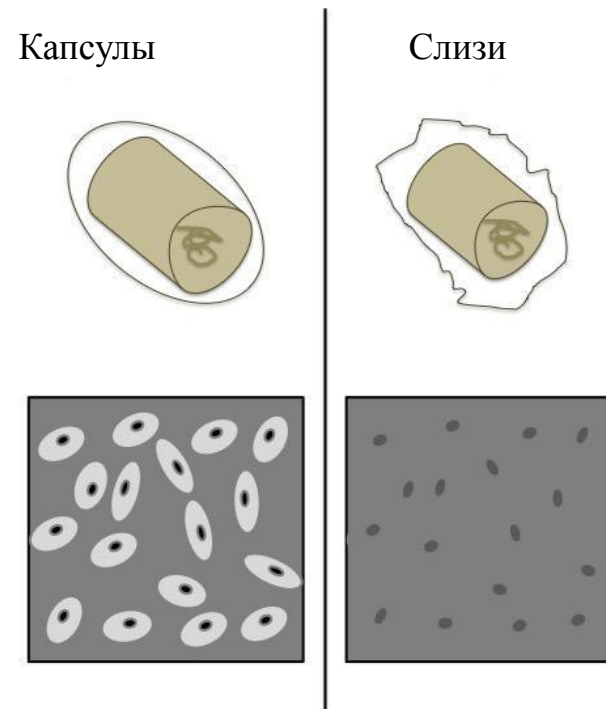
Цитология микроорганизмов



# Внешние гидратированные слои клеток

## По структуре:

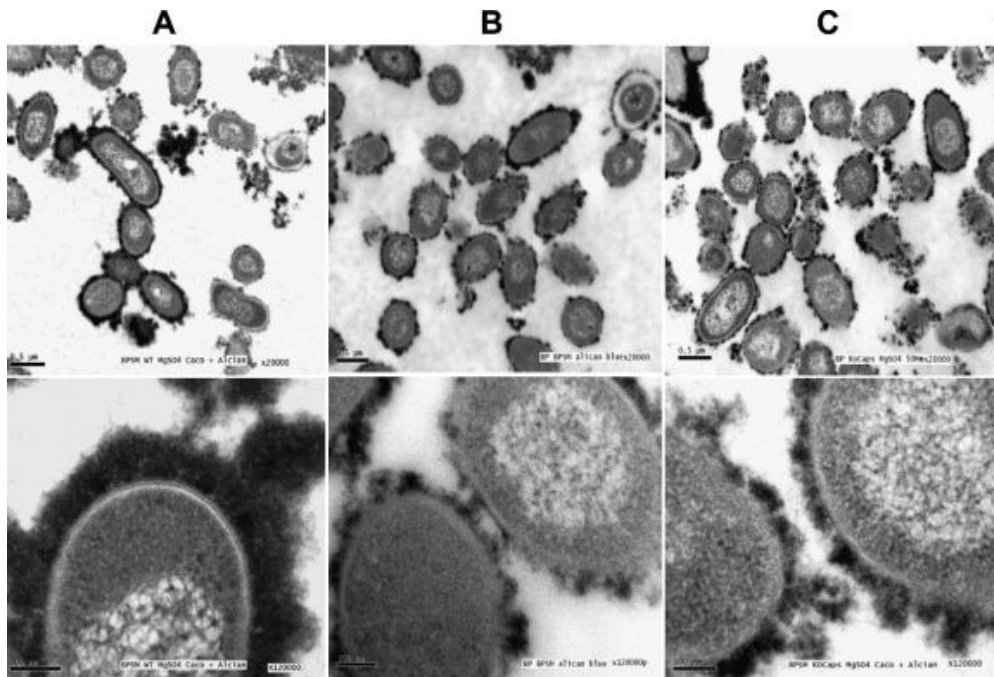
- 1) Прочно связаны с клеточной стенкой:
  - Капсулы
  - Чехлы (структурированы)
- 2) Легко отделяются от клеточной стенки:
  - Слизи
  - Межклеточный матрикс



## По синтезу:

- 1) Путем переноса мономерных молекул на внешнюю сторону клеточной стенки с использованием ундекапренилфосфата и энергии УТФ (по аналогии с синтезом пептидогликана).
- 2) Путем секреции во внешнюю срезу ферментов, осуществляющих полимеризацию присутствующих там дисахаридов с образованием декстранов или ливанов.

# Капсулы бактерий

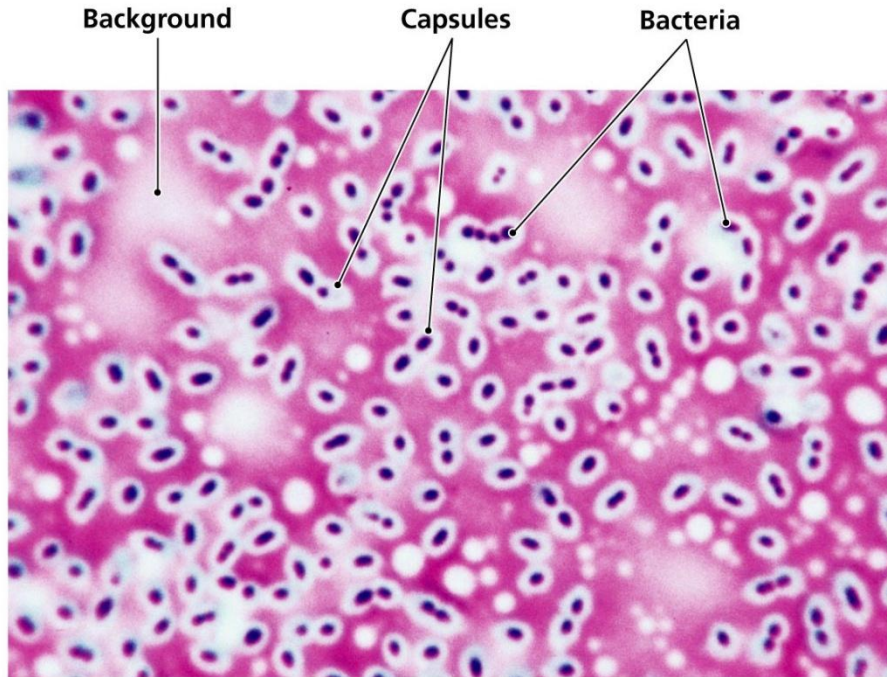


Визуализация  
полисахаридной капсулы  
*Bordetella pertussis* с  
помощью просвечивающей  
электронной микроскопии

Капсулы – это слизистая структура, прочно связанная с клеточной стенкой бактерий и имеющая чётко очерченные внешние границы

Капсулы относят к группе К-антигенов, являющихся важным фактором вирулентности бактерий (например, для *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis*, *Klebsiella pneumoniae*). Безкапсульные мутанты этих видов бактерий авирулентны.

# Капсулы бактерий в световом микроскопе



Окраска капсул реализована путем сочетания негативного и позитивного методов окрашивания (например, по Бурри-Гинсу)

LM 5 μm

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Микрокапсула – толщина менее 200 нм

Макрокапсула – толщина более 200 нм

# Химический состав гидратированных слоев бактерий

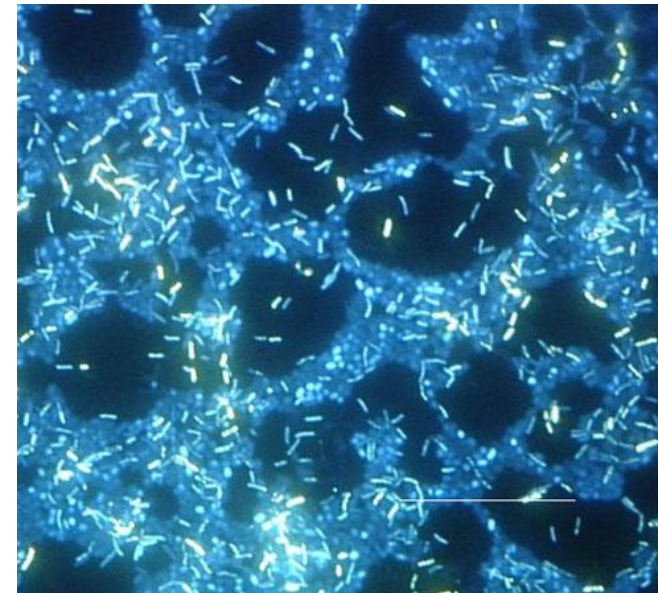
Вид бактерий	Состав капсулы	Структурные мономеры
<b>Грамположительные</b>		
<i>Bacillus anthracis</i>	Полипептид	Глутаминовая кислота
<i>Bacillus megaterium</i>	Полипептид и полисахарид	Глутаминовая кислота, аминсахара, сахара
<i>Streptococcus mutans</i>	Полисахарид	Глюкоза (декстран)
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Полисахарид	Сахара, аминсахара, уроновые кислоты
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Полисахарид	Ацетилглюкозамин и глюкуроновая кислота
<b>Грамотрицательные</b>		
<i>Acetobacter xylinum</i>	Полисахарид	Глюкоза (целлюлоза)
<i>Escherichia coli</i>	Полисахарид	Глюкоза, галактоза, фукоза, глюкуроновая кислота
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Полисахарид	Маннуроновая кислота
<i>Azotobacter vinelandii</i>	Полисахарид	Глюкуроновая кислота
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Полисахарид	Глюкоза (глюкан)

# Химический состав гидратированных слоев бактерий

Чехлы обычно имеют и более сложный химический состав. В частности, чехол *Sphaerotilus natans* содержит 36% сахаров, 11% гексозамина, 27% белков, 5,2% липидов и 0,5% фосфора. Кроме того, чехлы ряда бактерий, метаболизм которых связан с использованием различных металлов, часто инкрустированы их окислами (например, оксидами железа или марганца)



Слизи формируются из неспецифичных компонентов. Бактерия *Leuconostoc mesenteroides* быстро превращает раствор сахарозы в 1,6- $\alpha$ -глюкан, параллельные цепочки которого связываются в единую трехмерную сеть. Еще одним примером являются *Streptococcus mutans* и *Streptococcus salivarius*, выделяющие другую гексозилтрансферазу, превращающую сахарозу в полифруктозы (леваны).





# Роль гидратированных слоев бактерий

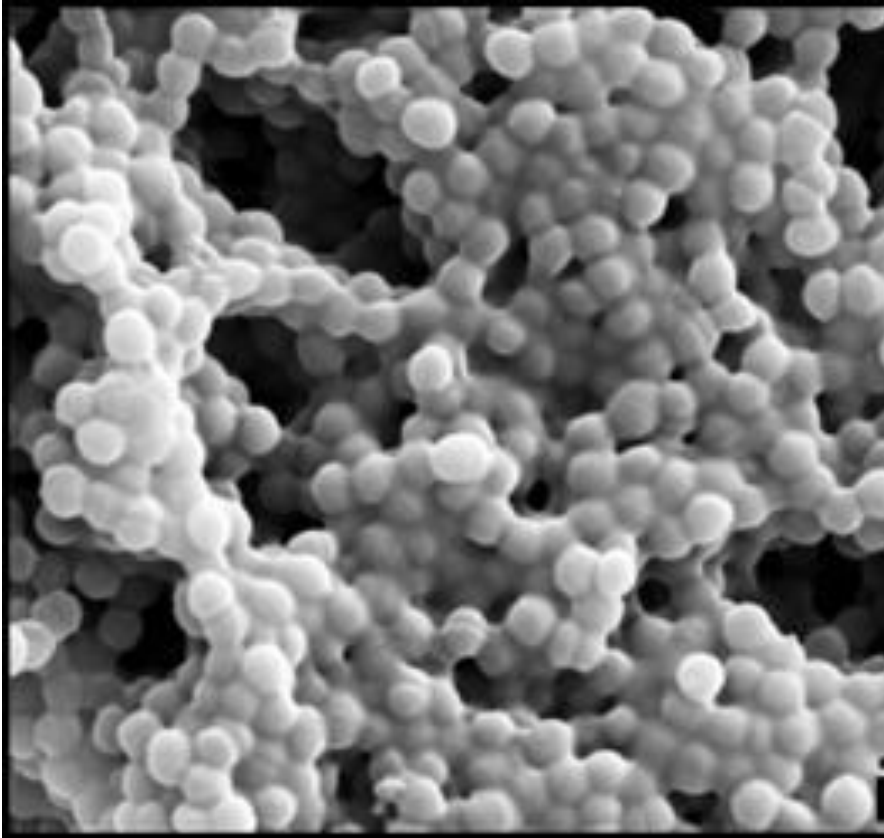
Наиболее универсальной из них является **защита бактериальной клетки от высыхания и механических повреждений**, а также формирование дополнительного **осмотического барьера** между клеткой и внешней средой. Наличие данных структур может сообщать образующим их бактериям **способность к прикреплению** к различным поверхностям. Кроме того, образование слизи считается свойством, достаточно общим для всех скользящих прокариот и в определенных условиях облегчающим **отталкивание** клетки от твердого субстрата.

Описана и роль поверхностных структур прокариот в их защите от ряда биологических факторов. В частности, капсулы и слизи многих бактерий могут служить **препятствием для адсорбции** на их поверхности **бактериофагов**.

Обладание капсулой также сообщает некоторым патогенным бактериям **устойчивость к фагоцитозу**, что объясняется нарушением процесса опсонизации клеточной поверхности сывороточными факторами или формированием эффекта электростатического отталкивания между бактерией и фагоцитирующей клеткой.

Новая волна интереса к поверхностно расположенным биополимерным материалам прокариот обусловлена их ролью в **обеспечении связи между отдельными клетками и формировании упорядоченной структуры** микробных популяций.

# Биопленка



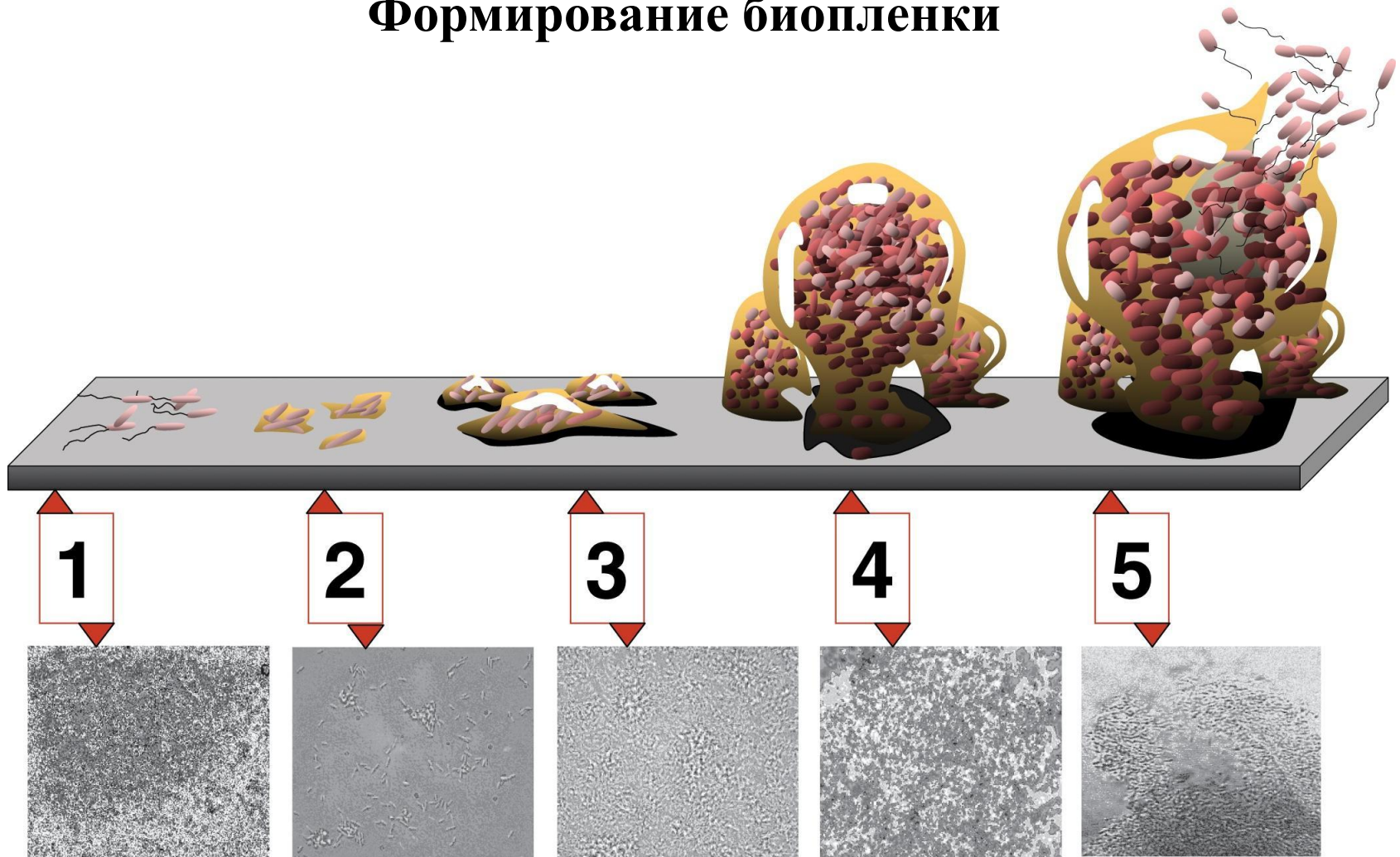
Это упорядоченное сообщество микроорганизмов, объединенных с помощью капсул и прикрепленных к живой или инертной поверхности.

Свойства:

- структурная разнородность
- генетическое разнообразие
- сложные межклеточные взаимодействия
- наличие внеклеточного матрикса.

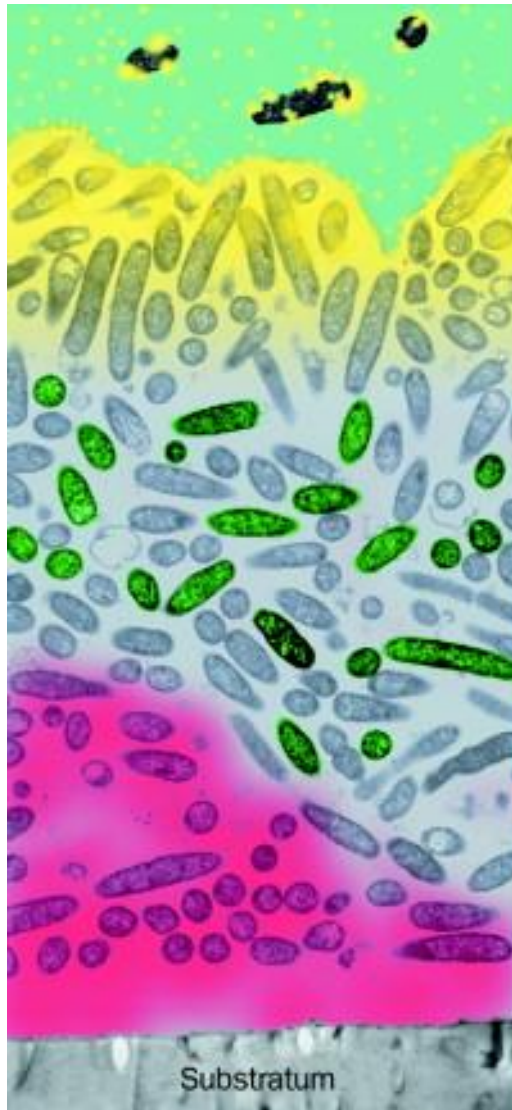


# Формирование биопленки



1 – адгезия на поверхности; 2 – накопление экзополисахарида; 3 – активация чувства кворума; 4 – созревание биопленки; 5 – расселение биопленки.

# Свойства бактерий в биопленке



## Замедленная диффузия

Антибиотики с трудом проникают в глубинные слои биопленки и задерживаются на поверхности

## Устойчивый фенотип

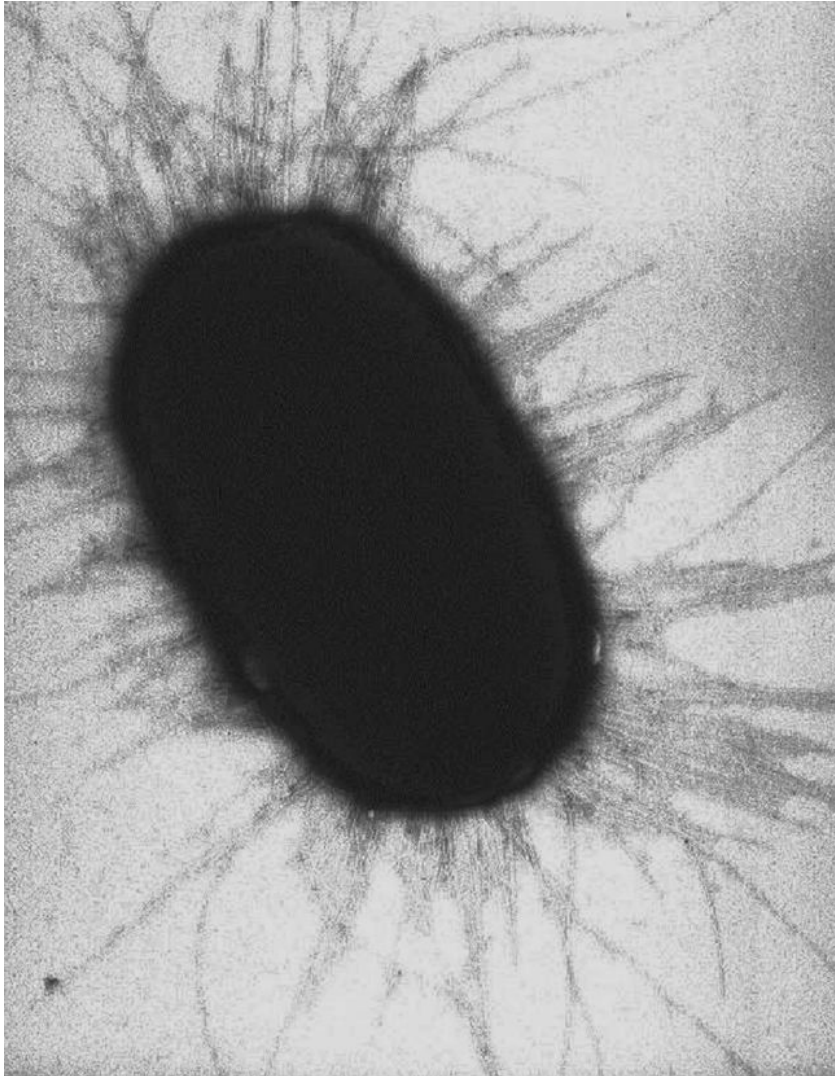
Некоторые бактерии дифференцируются в фенотипические формы, проявляющие повышенную устойчивость к внешним воздействиям

## Альтернативное микроокружение

В глубинных слоях меняется состав среды, что обеспечивает более высокую выживаемость бактерий и антагонизм к антибиотикам

# Пили прокариотической клетки

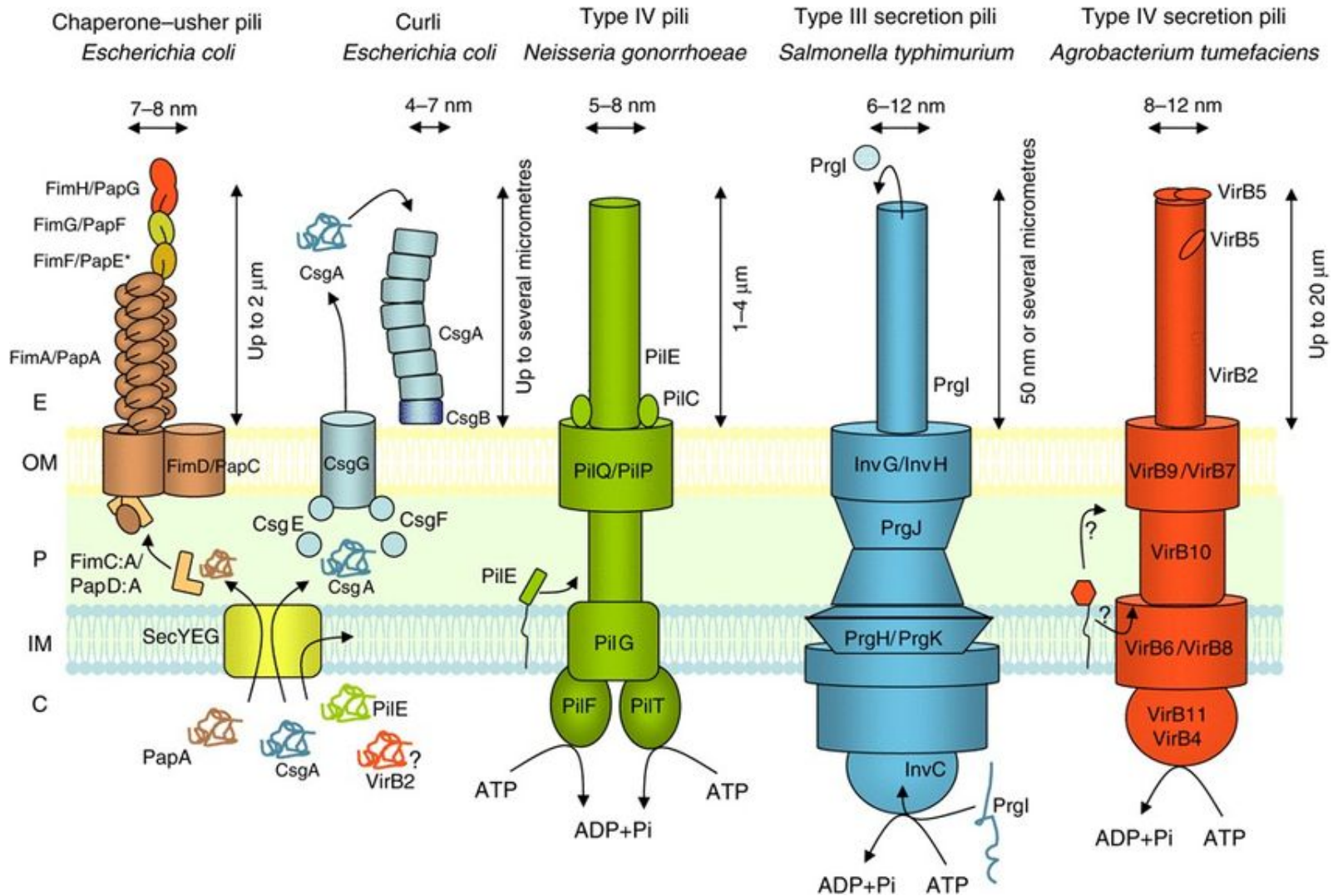
Белковые цилиндры длиной 1-1,5 мкм и диаметром 7-10 нм



## Виды:

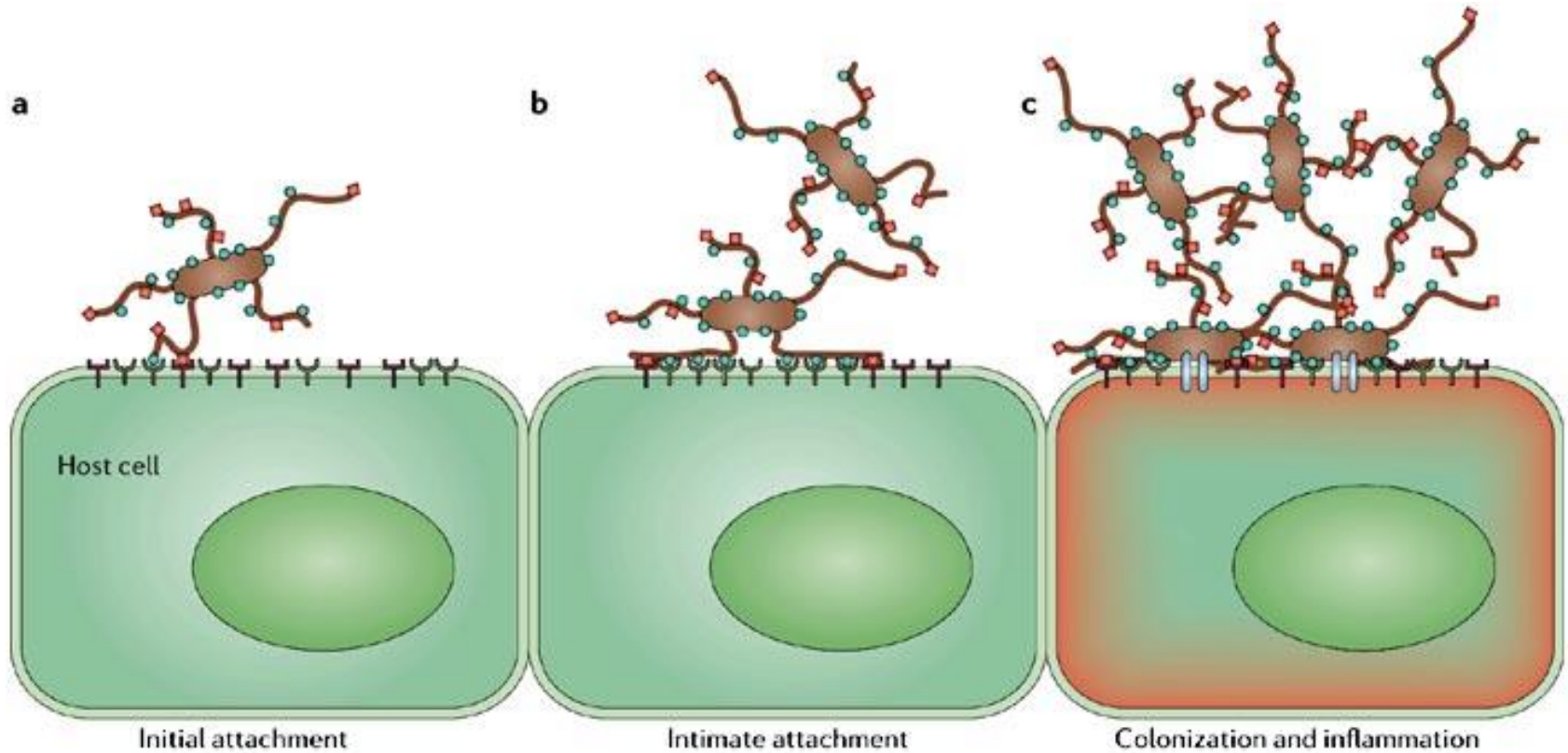
- 1) Пили общего типа (отвечают за адгезию и взаимодействие с поверхностями).  
Адгезивность пилей зависит от гидрофобности образующего их белка пилина, а их количество от характера среды культивирования;
- 2) Половые (F) пили (отвечают за передачу генетической информации между клетками. Обеспечивается наличием фактора трансмиссивности, который либо является автономным репликоном (F-фактор), либо входит в состав автономного репликона, либо интегрирован с бактериальной хромосомой.

# Пили грамотрицательных бактерий

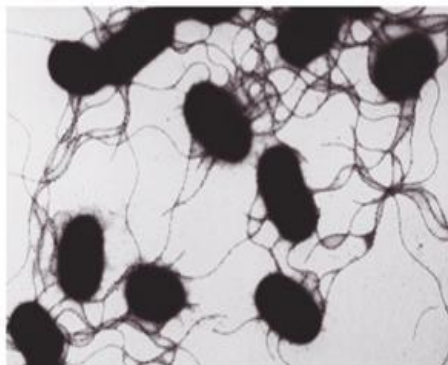
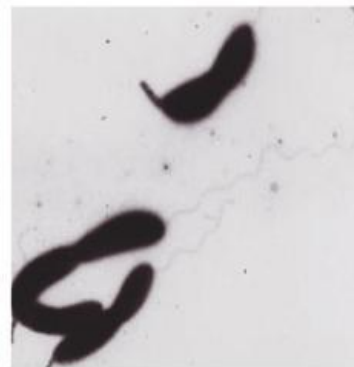
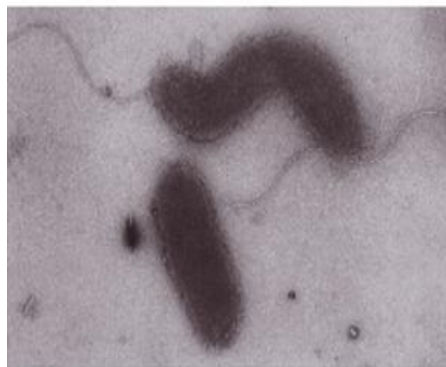




# Механизм адгезии бактерий



# Жгутики прокариотической клетки



# Расположение жгутиков у бактерий

## Монотрихи

*Vibrio, Caulobacter*



## Лофотрихи

*Pseudomonas, Chromatium*



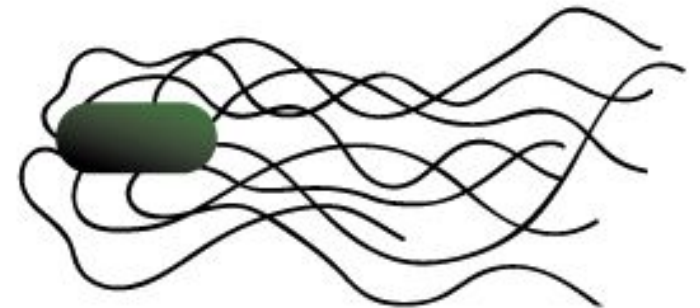
## Амфитрихи

*Spirillum*



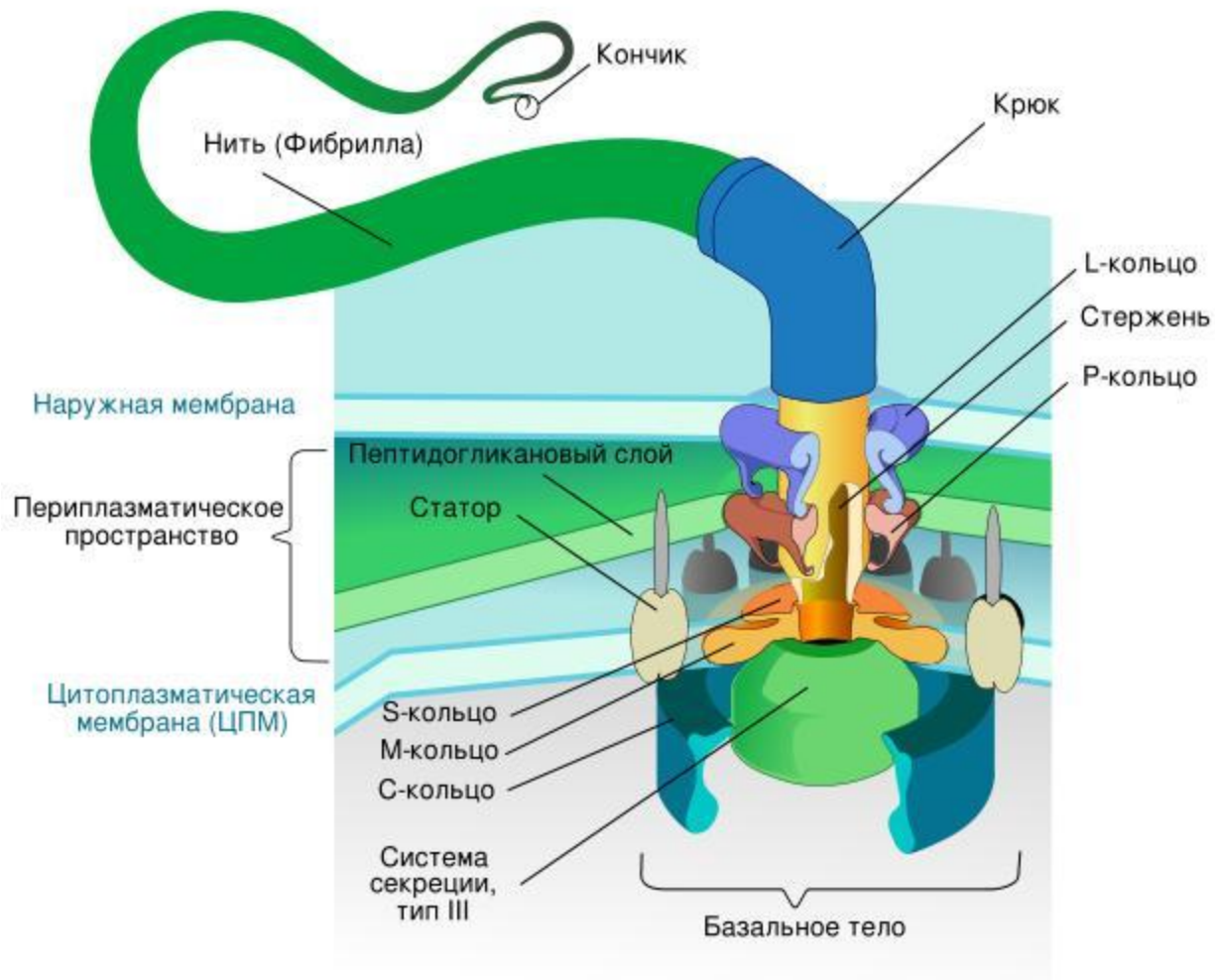
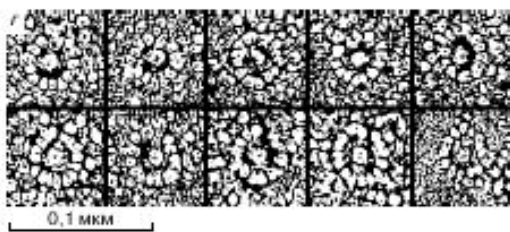
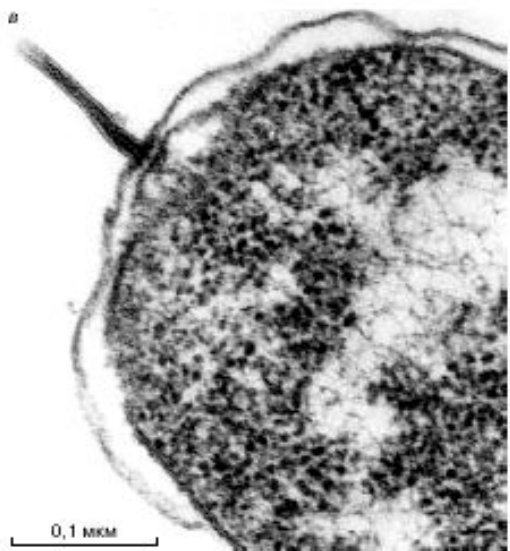
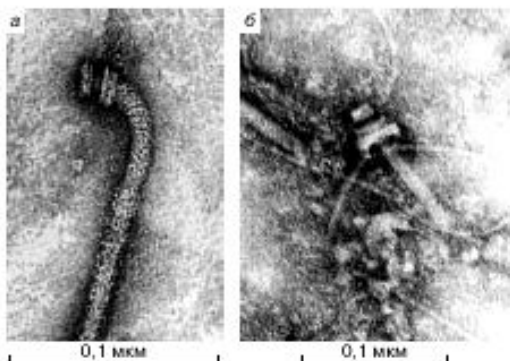
## Перитрихи

*Escherichia, Proteus*



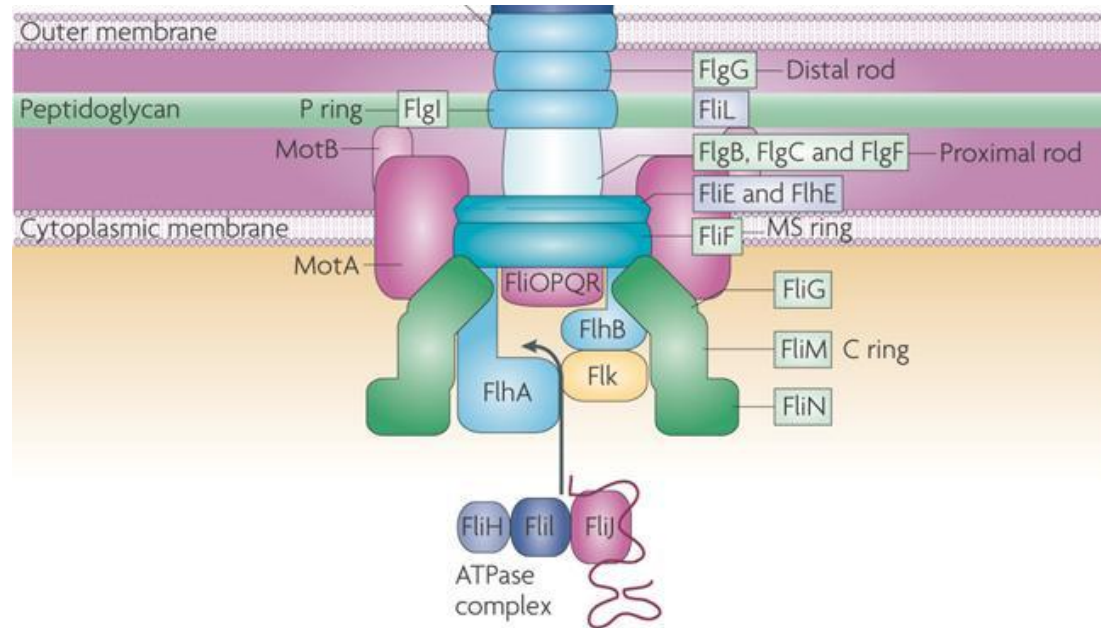


# Строение жгутика у бактерий



а - жгутик с базальным телом, полученный из кишечной палочки; б - то же, из морского вибриона; в - срез через клетку морского вибриона; г - скол, прошедший по внешней поверхности внутренней мембраны стрептококка в область базального тела. Приведены микрофотографии десяти базальных тел

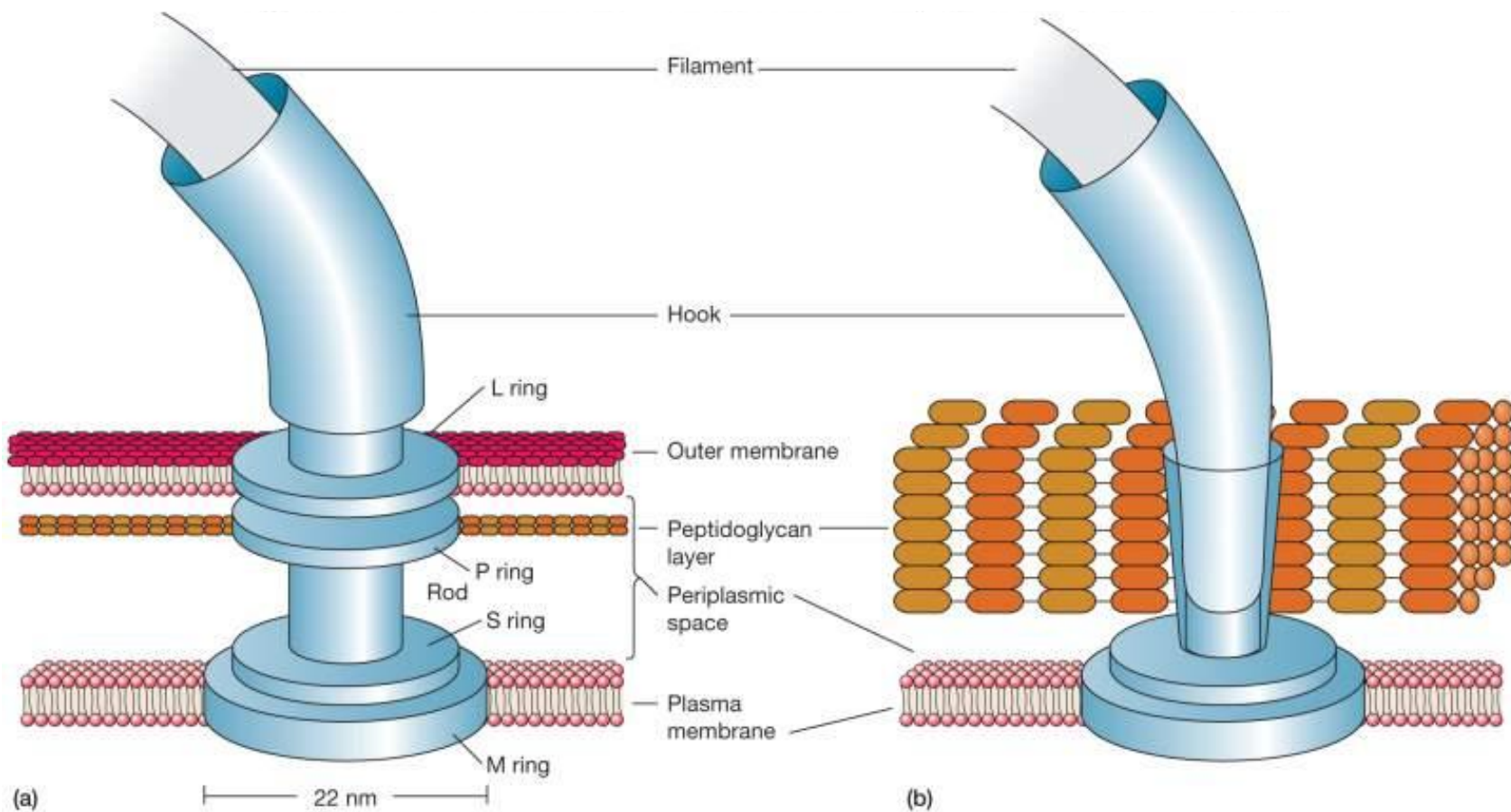
# Схема строения базального тела (на примере грамотрицательных бактерий)



## Компоненты базального тела:

- 1) стержень, стыкующийся с крюком;
- 2) нанизанные на стержень соосные диски M и S (MS-кольцо);
- 3) группа белковых комплексов (от 10 до 16 в зависимости от вида бактерий), окружающих MS-кольцо;
- 4) цитоплазматический фрагмент, утопленный в цитозоле (С-кольцо).

# Особенности структуры базального тела граммотрицательных (а) и грамположительных (б) бактерий



# Принцип работы жгутика бактерий

*E. coli*  
*Salmonella*

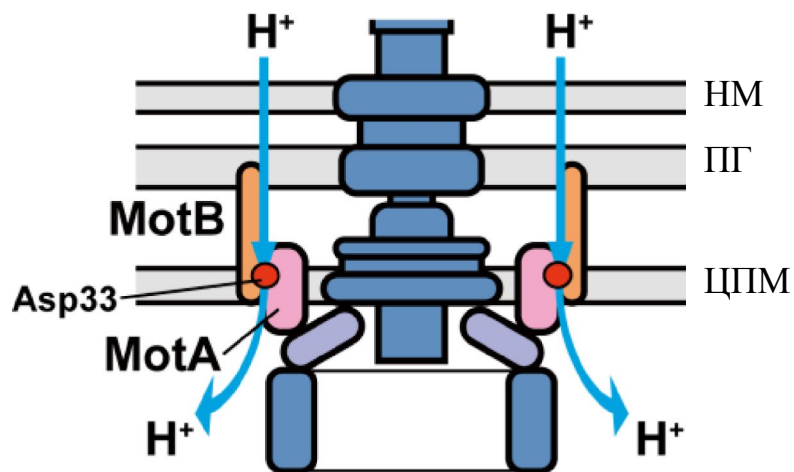
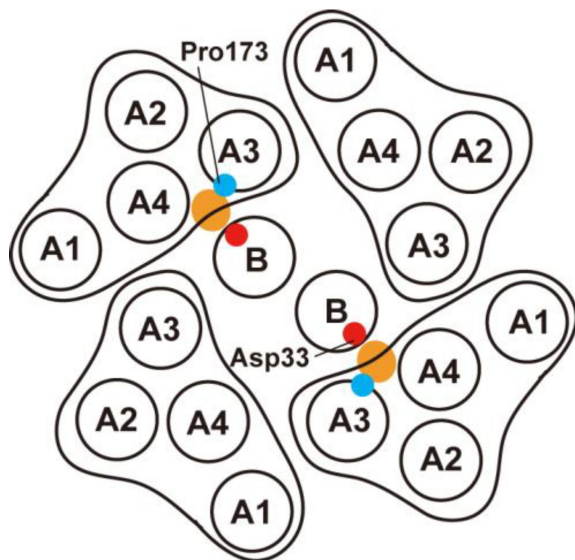
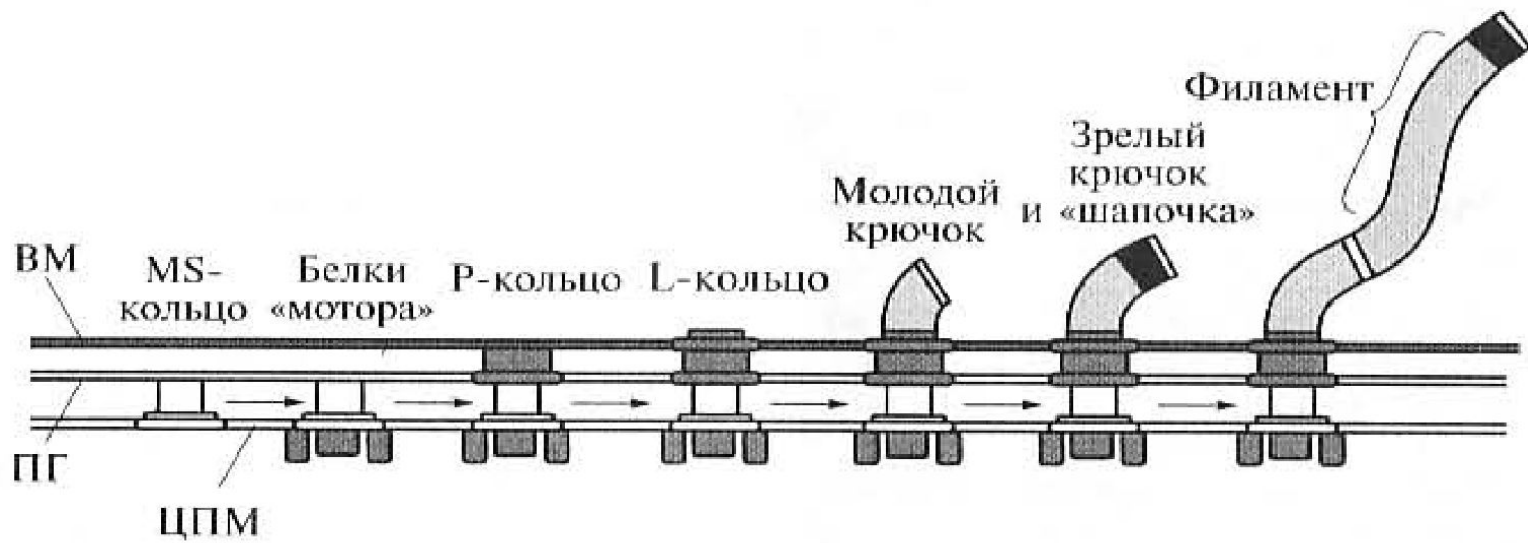


Схема расположения белков статора (MotA/MotB) вокруг белков ротора (MS- и С-кольцо)



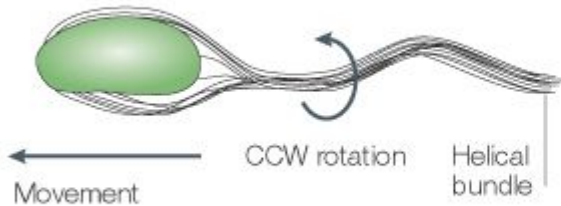
Устройство трансмембранных сегментов комплекса MotA/B, который состоит из четырех копий MotA и двух копий MotB (вид из периплазматического пространства). Комплекс имеет два протонопроводящих пути, показанный оранжевыми кругами.

# Схема синтеза жгутика у бактерий



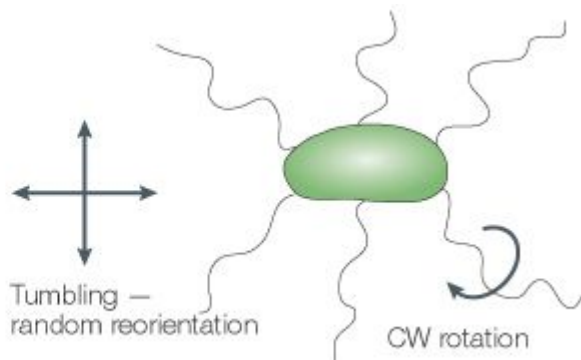


# Движение бактерий



Скорость перемещения : **20-80 мкм/с**  
Время пробега: **1-3 с**

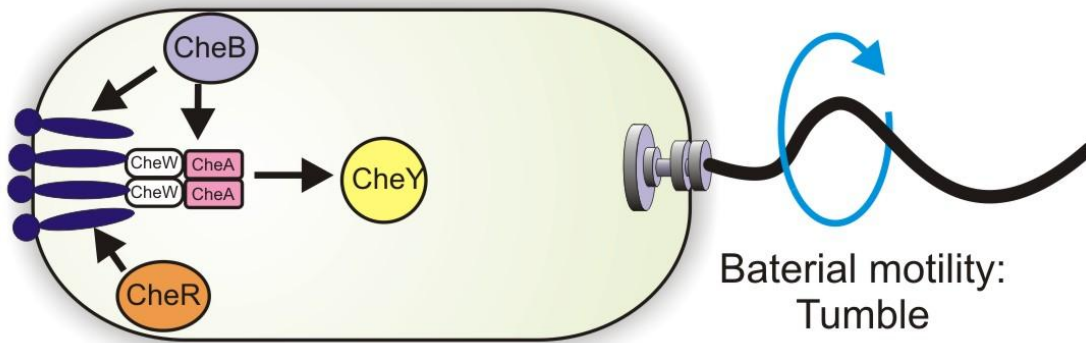
**Пробег:** Вращение жгутиков против часовой стрелки, образование единого жгута (у перитрихий), движение вперед



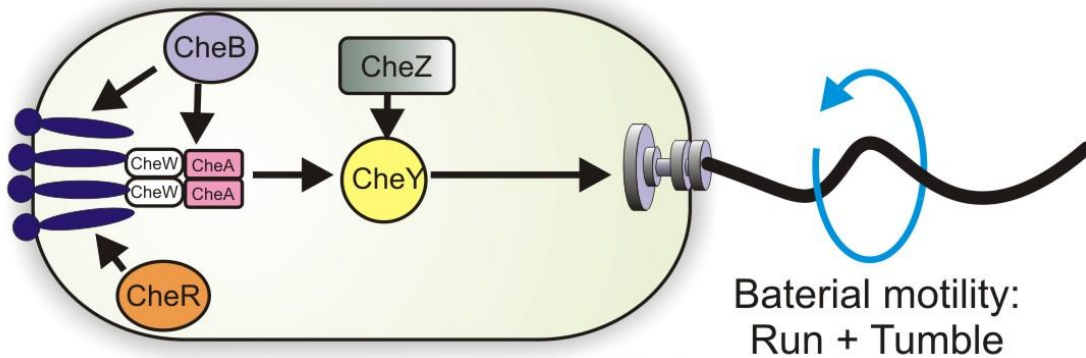
Переключение направления вращения мотора: **0,01 с**  
Время тамблинга: **0,1 с**  
Время передачи сигнала от рецептора к мотору: **0,2 с**

**Тамблинг:** Вращение жгутиков по часовой стрелке, разобщение жгутиков на отдельные нити, вращение на месте

# Таксис



Восприятие химических молекул или физических факторов регулирует направление вращения жгутика.



Виды:

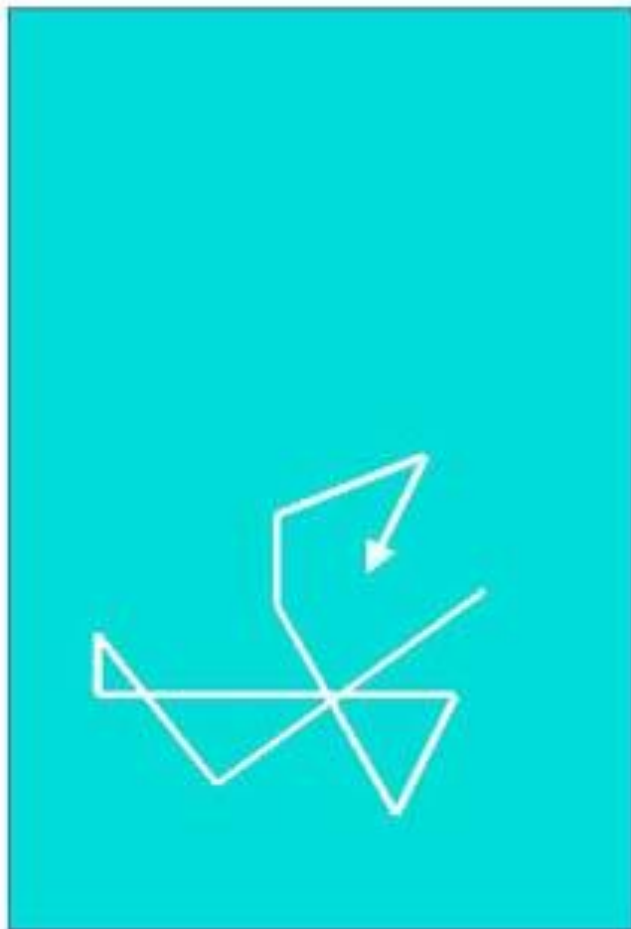
аэротаксис  
баротаксис  
магнитотаксис  
термотаксис  
фототаксис  
хемотаксис  
электротаксис



# Влияние аттрактанта на характер движения

## ДВИЖЕНИЕ БАКТЕРИИ

в изотропной среде



в градиенте аттрактанта

