

Защитные и двигательные структуры клетки

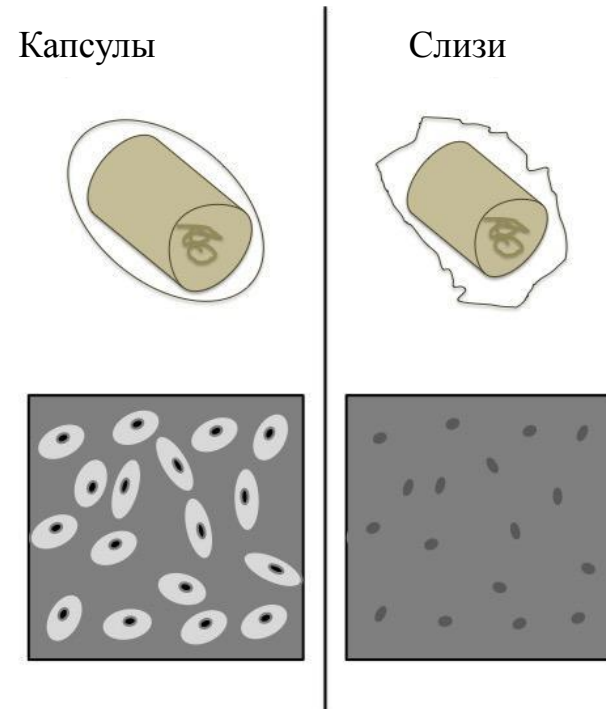
Цитология микроорганизмов



Внешние гидратированные слои клеток

По структуре:

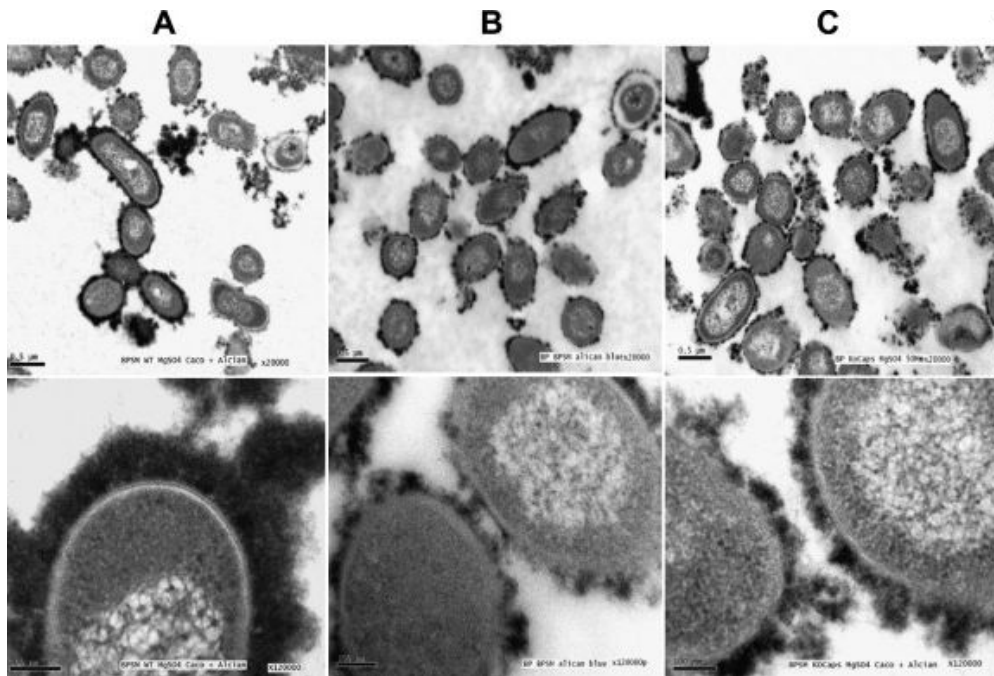
- 1) Прочно связаны с клеточной стенкой:
 - Капсулы
 - Чехлы (структурированы)
- 2) Легко отделяются от клеточной стенки:
 - Слизи
 - Межклеточный матрикс



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

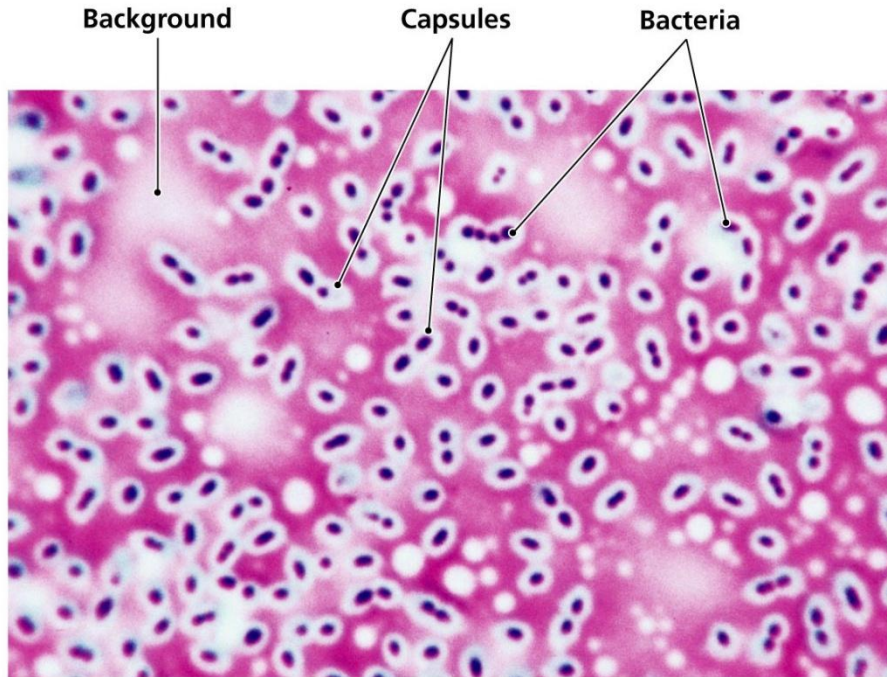


Визуализация
полисахаридной капсулы
Bordetella pertussis с
помощью просвечивающей
электронной микроскопии

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

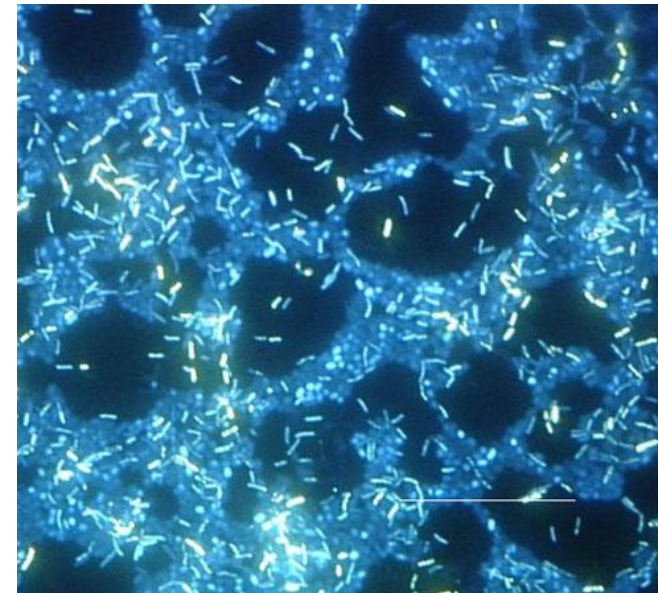
| Вид бактерий | Состав капсулы | Структурные мономеры |
|----------------------------------|--------------------------|--|
| Грамположительные | | |
| <i>Bacillus anthracis</i> | Полипептид | Глутаминовая кислота |
| <i>Bacillus megaterium</i> | Полипептид и полисахарид | Глутаминовая кислота, аминсахара, 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 |
| Грамотрицательные | | |
| <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- α -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

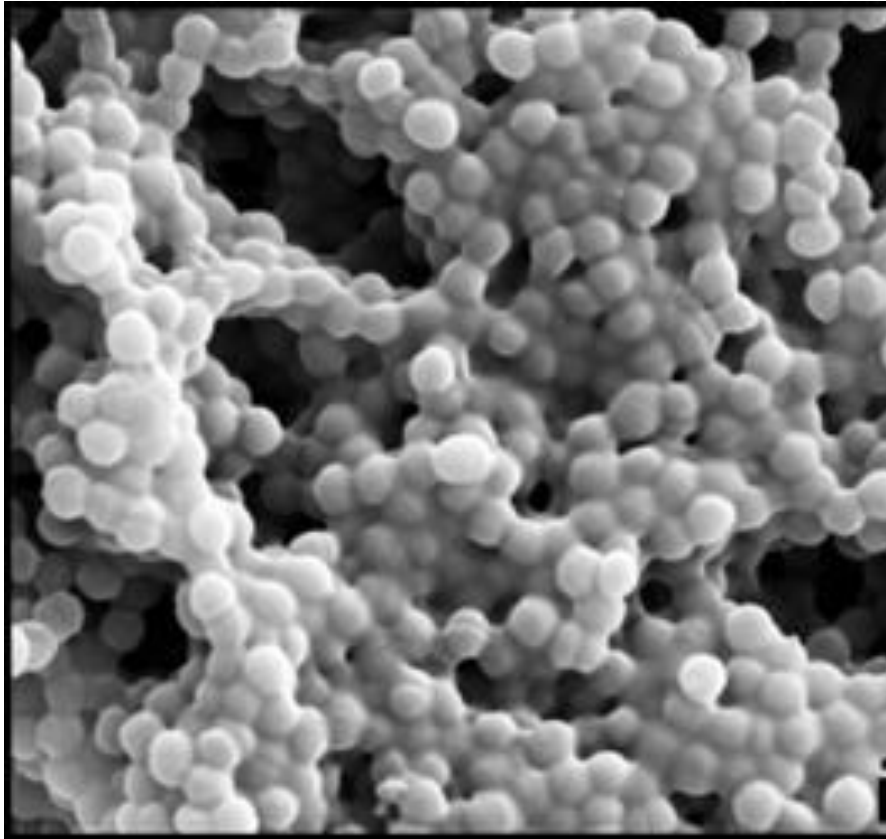
Наиболее универсальной из них является **защита бактериальной клетки от высыхания и механических повреждений**, а также формирование дополнительного **осмотического барьера** между клеткой и внешней средой. Наличие данных структур может сообщать образующим их бактериям **способность к прикреплению** 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

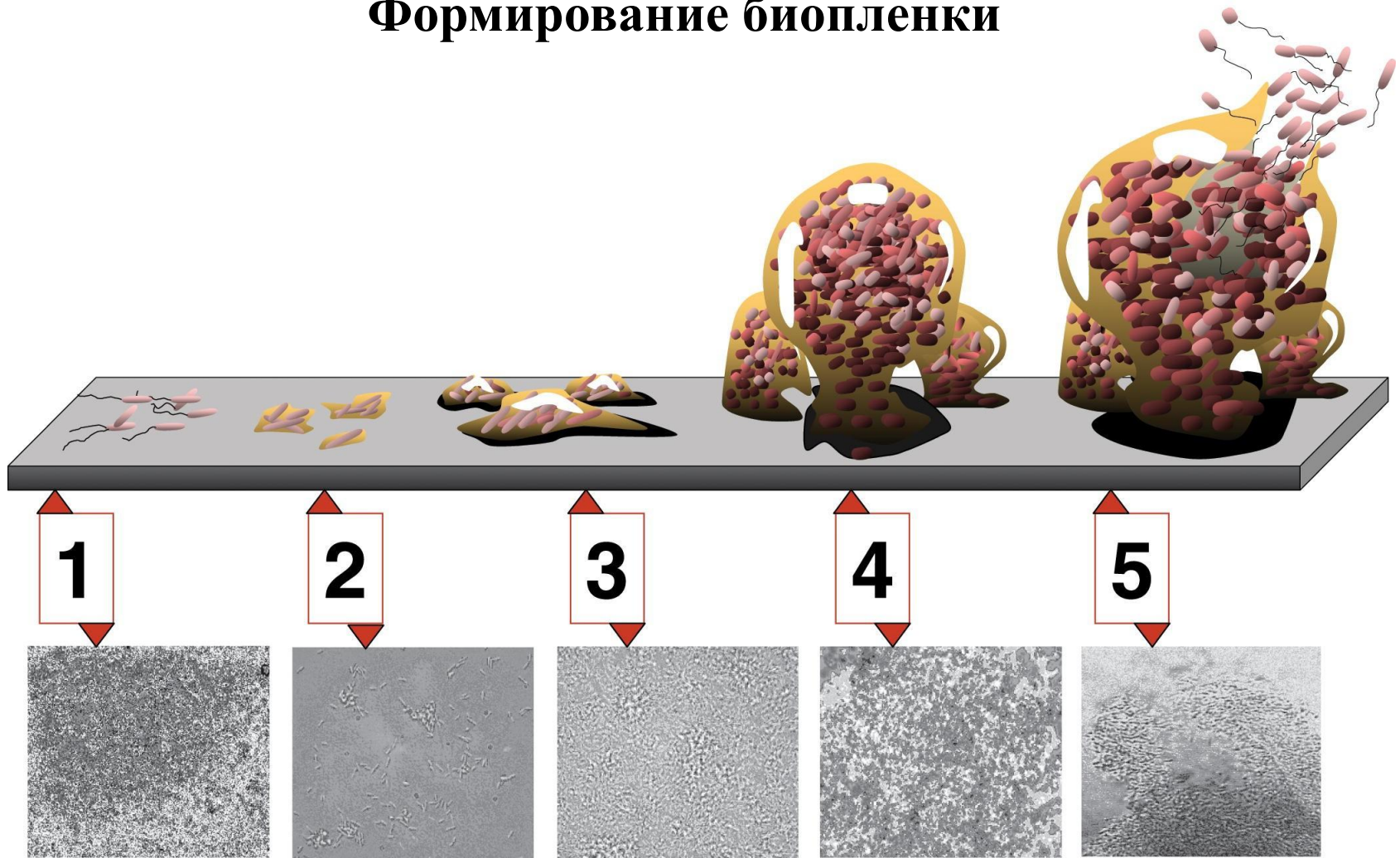


Это упорядоченное сообщество микроорганизмов, объединенных с помощью капсул и прикрепленных к живой или инертной поверхности.

Свойства:

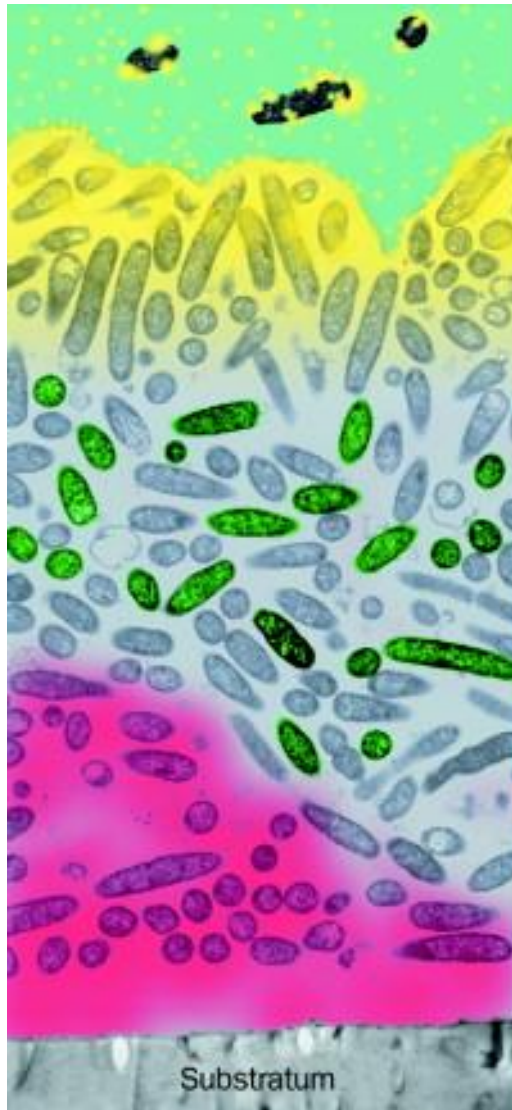
- структурная разнородность
- генетическое разнообразие
- сложные межклеточные взаимодействия
- наличие внеклеточного матрикса.

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

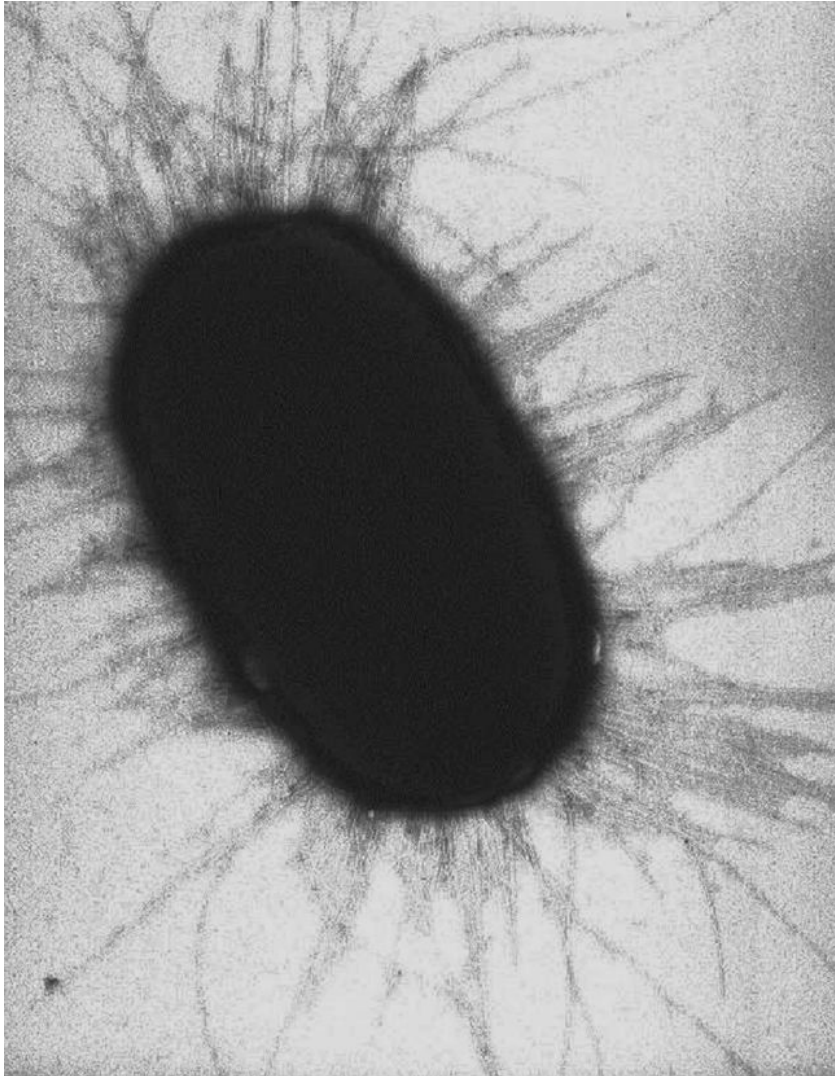
Некоторые бактерии дифференцируются в фенотипические формы, проявляющие повышенную устойчивость к внешним воздействиям

Альтернативное микроокружение

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

Пили прокариотической клетки

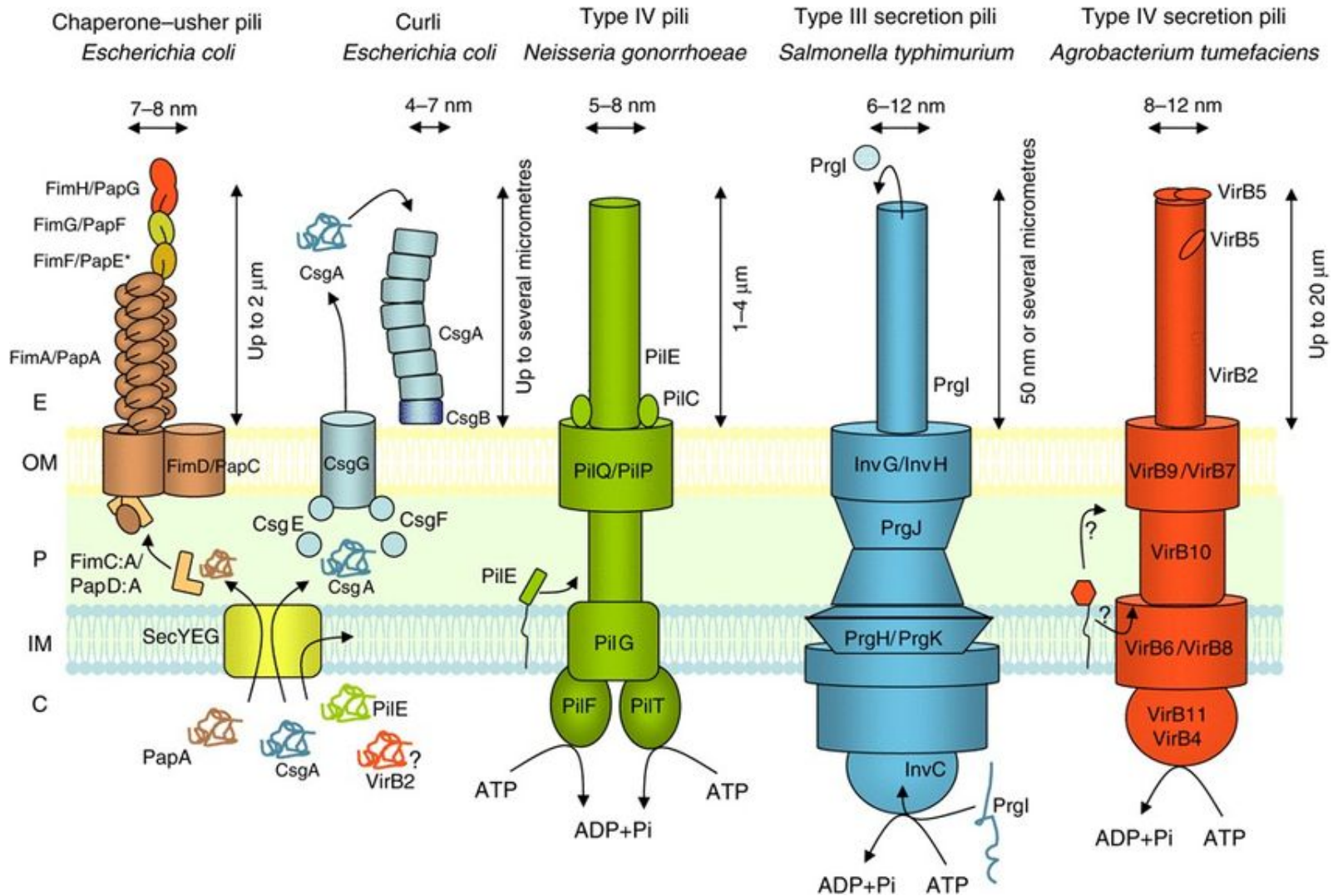
Белковые цилиндры длиной 1-1,5 мкм и диаметром 7-10 нм



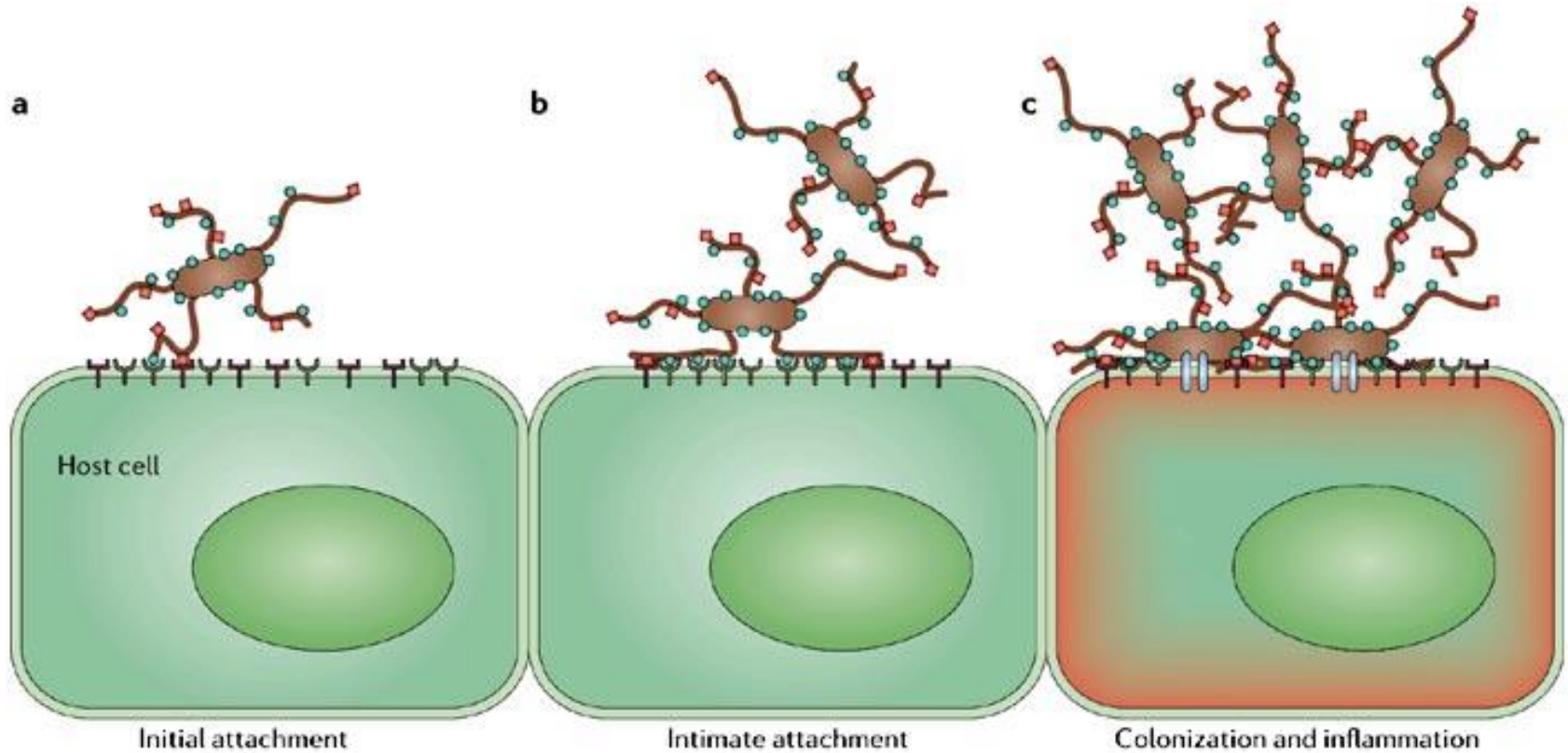
Виды:

- 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.

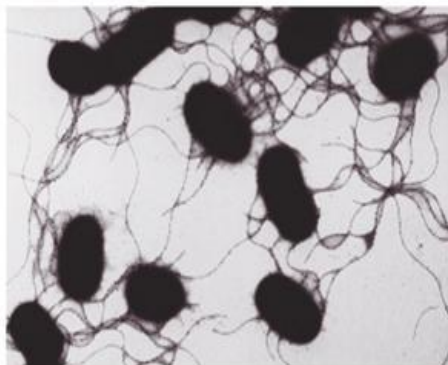
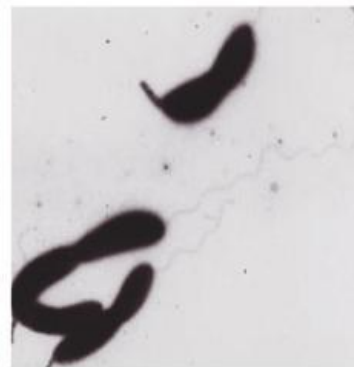
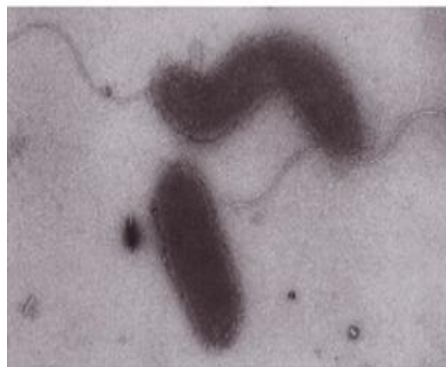
Пили грамотрицательных бактерий



Механизм адгезии бактерий



Жгутики прокариотической клетки



Расположение жгутиков у бактерий

Монотрихи

Vibrio, Caulobacter



Лофотрихи

Pseudomonas, Chromatium



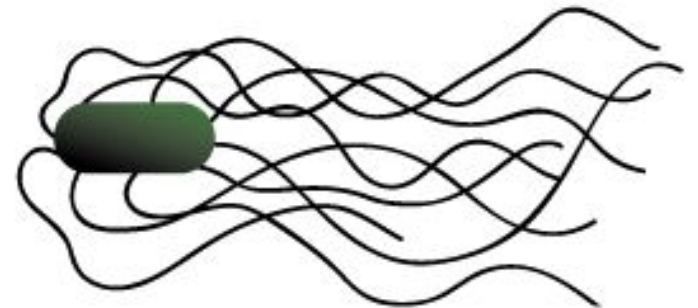
Амфитрихи

Spirillum

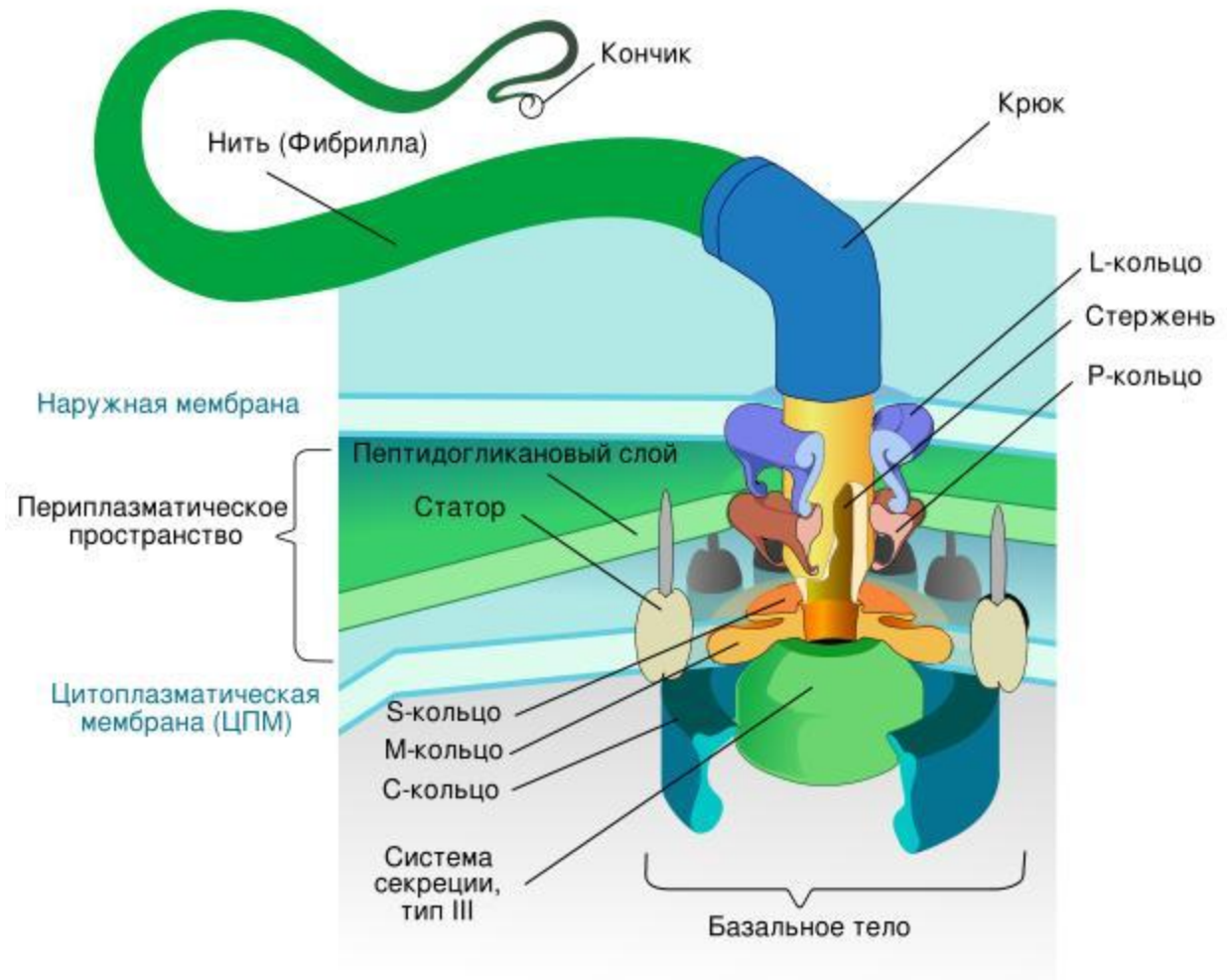
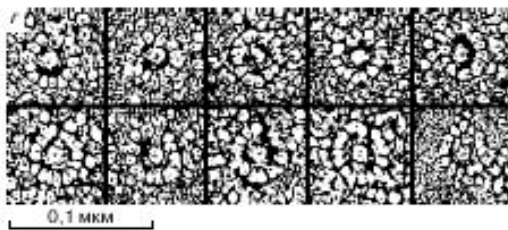
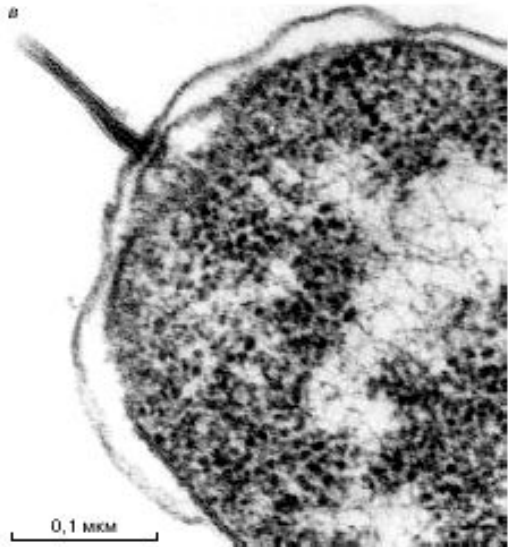
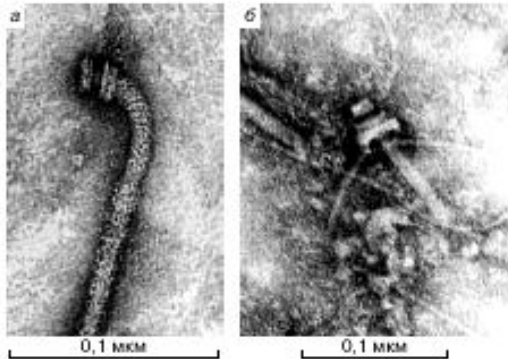


Перитрихи

Escherichia, Proteus

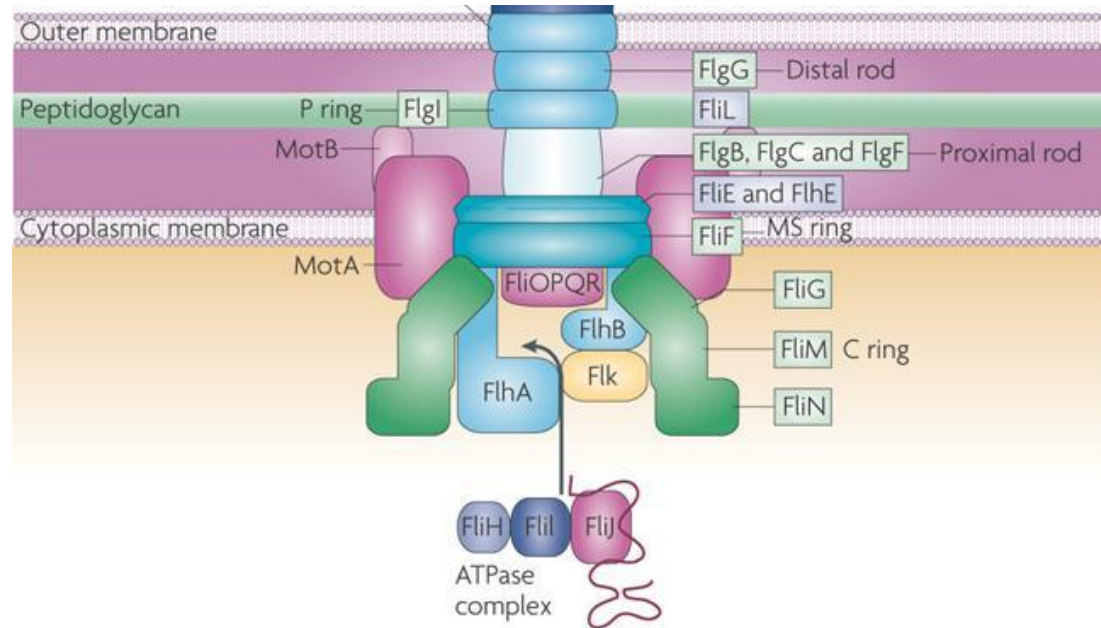


Строение жгутика у бактерий



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

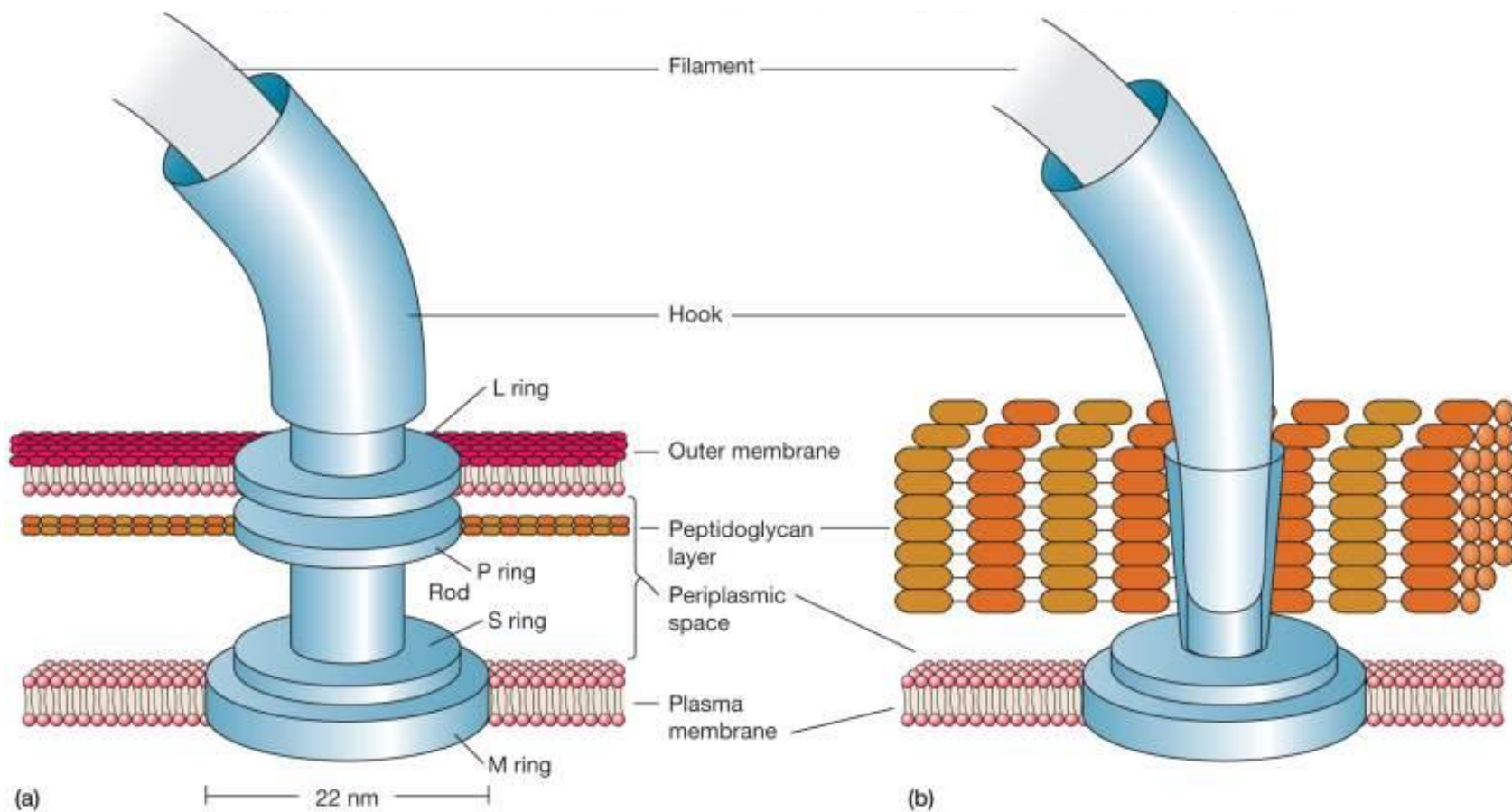
Схема строения базального тела (на примере грамотрицательных бактерий)



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 (C-кольцо).

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



Принцип работы жгутика бактерий

E. coli
Salmonella

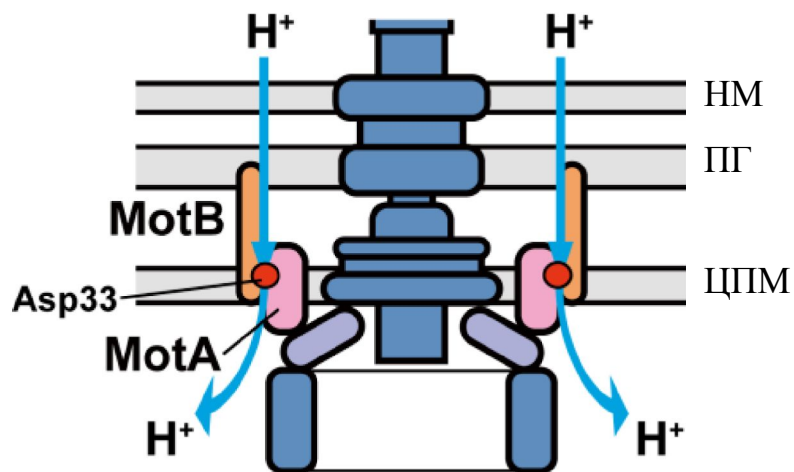
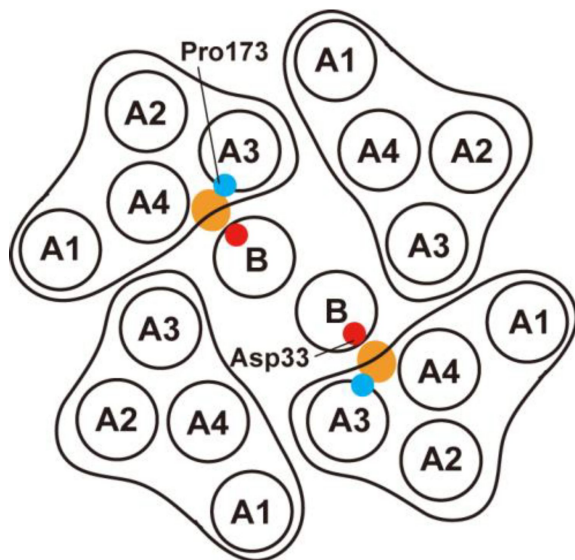
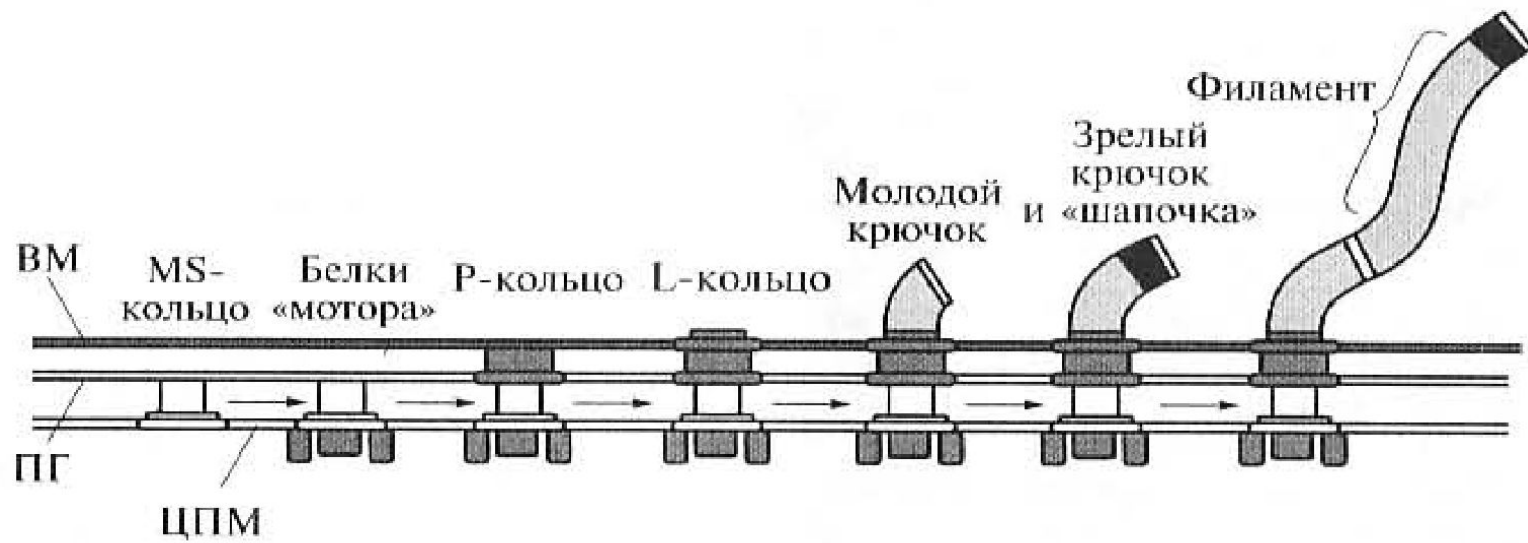


Схема расположения белков статора (MotA/MotB) вокруг белков ротора (MS- и С-кольцо)

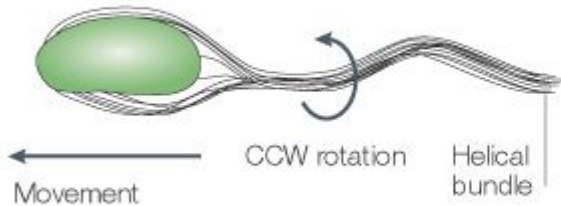


Устройство трансмембранных сегментов комплекса MotA/B, который состоит из четырех копий MotA и двух копий MotB (вид из периплазматического пространства). Комплекс имеет два протонопроводящих пути, показанный оранжевыми кругами.

Схема синтеза жгутика у бактерий

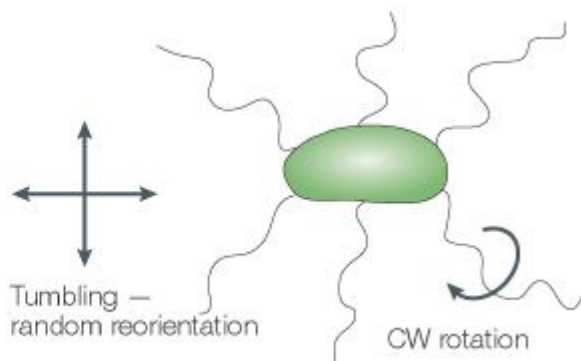


Движение бактерий



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

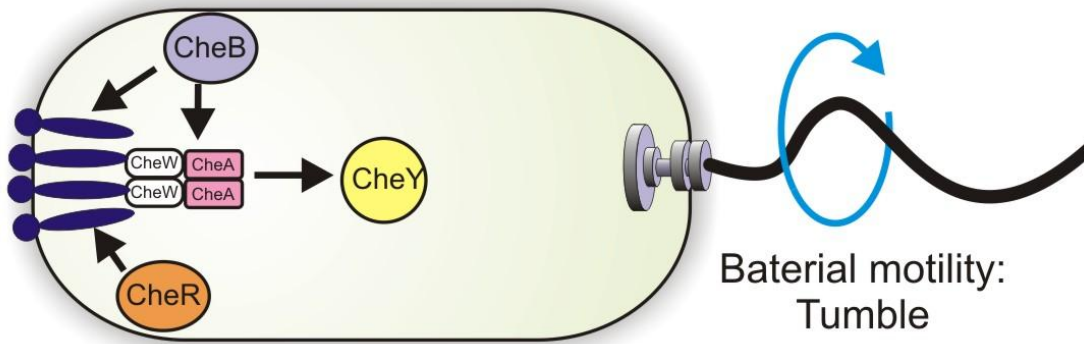
Пробег: Вращение жгутиков против часовой стрелки, образование единого жгута (у перитрихий), движение вперед



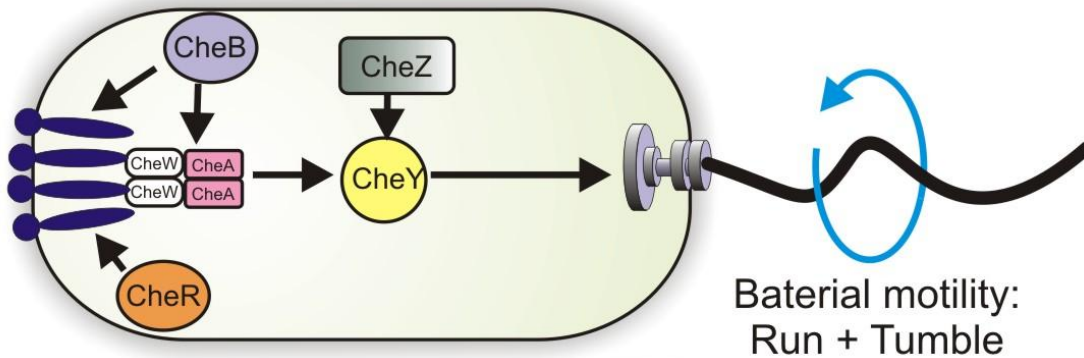
Переключение направления вращения мотора: **0,01 с**
Время тамблинга: **0,1 с**
Время передачи сигнала от рецептора к мотору: **0,2 с**

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.



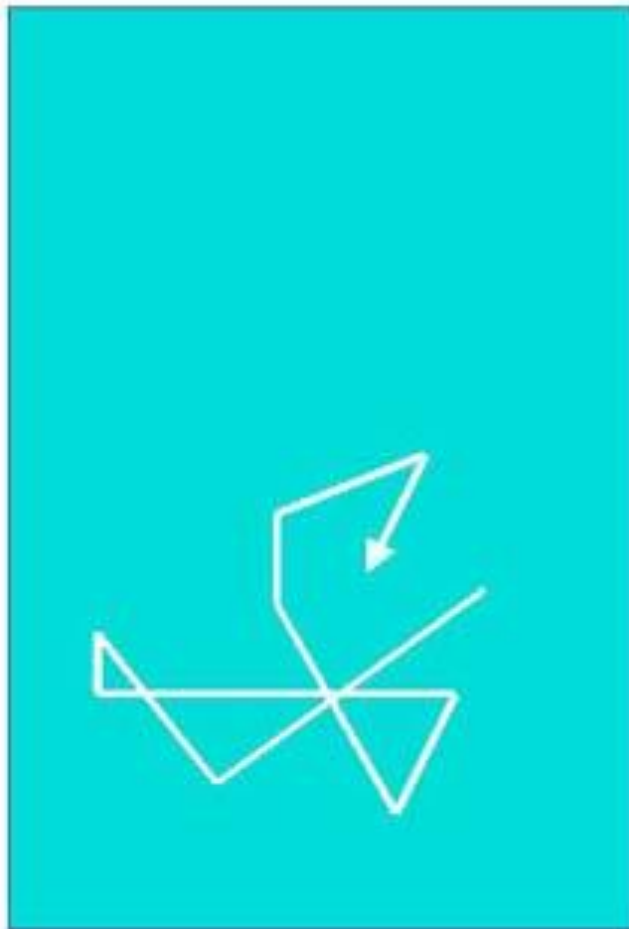
Виды:

аэротаксис
баротаксис
магнитотаксис
термотаксис
фототаксис
хемотаксис
электротаксис

Влияние аттрактанта на характер движения

ДВИЖЕНИЕ БАКТЕРИИ

в изотропной среде



в градиенте аттрактанта

