



Классификация и строение микроорганизмов

М.Р. Карпова

- **Медицинская микробиология** изучает строение микробов, способных вызвать у человека болезни, их жизнедеятельность (физиологию), генетику, экологию, патогенез (механизм болезнетворности), основные клинические проявления инфекционных болезней, специфическую диагностику, профилактику и лечение инфекционных болезней, а также их эпидемиологические особенности.
- **Иммунология** – наука, изучающая способы и механизмы защиты организма от генетически чужеродных веществ – антигенов.

Многоклеточный
паразит

• Вирус



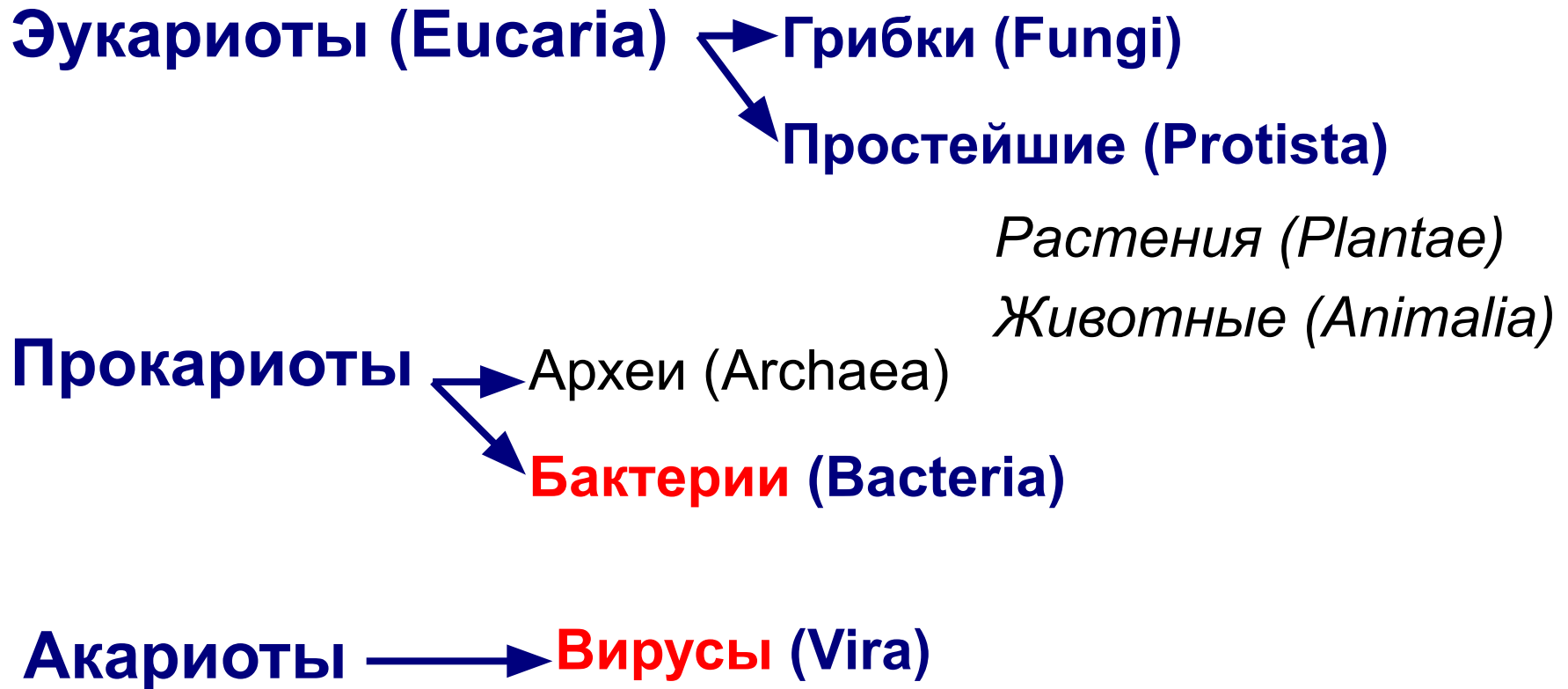
Бактерия



Простейшие

1мм=1000мкм, 1мкм=1000нм

Mundus microbiorum:



Классификация микроорганизмов

- 1923 г. – американское общество бактериологов издало первый международный «Определитель бактерий» под редакцией Д. Берджи.
- Комитет Bergey's Manual Trust:
 - «Bergey's Manual of Determinative Bacteriology» – идентификация;
 - «Bergey's Manual of Systematic Bacteriology» – систематика.

Определитель бактерий Берджи (1994):

1. **Gracilicutes** – токостенные, грамотрицательные (1 – 16 группы);
2. **Firmicutes** – толстостенные, грамположительные (17 – 29);
3. **Tenericutes** – лишены клеточной стенки (30-ая группа);
4. **Mendosicutes** – археобактерии (стенки лишены пептидогликана, имеются особенности строения рибосом, мембраны и РНК – 31 – 35 группы).

Систематика микроорганизмов

- Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (2001) отражает филогенетическое родство.
- Микроорганизмы систематизированы по:
 - **фенотипическим** признакам;
 - **генотипическим** признакам;
 - **филогенетическим** признакам (секвенирование 16S и 23S рРНК, анализ рРНК-нуклеотидных последовательностей).

Таксоны классификации Vergey

- **Царство** – regnum (лат.);
- **домен** – domeni (лат.);
- **филум** – phylum (лат.);
- **класс** – class (лат.);
- **порядок** – ordo (лат.);
- **семейство** – familia (лат.);
- **род** – genus (лат.);
- **вид** – species (лат.).

Таксономическая схема бактерий, имеющих медицинское значение (Domain Bacteria)

Phylum	Class	Order	Family	Genus	
Proteobacteria	"Alphaproteobacteria"	Rickettsiales	Rickettsiaceae	Rickettsia	
			Ehrlichiaeceae	Ehrlichia Anaplasma	
		"Rhizobiales"	Brucellaceae	Brucella	
	"Betaproteobacteria"	"Burkholderiales"	Alcaligenaceae	Bordetella	
		"Neisseriales"	Neisseriaceae	Neisseria	
	"Gammaproteobacteria"	"Thiotrichales"	"Francisellaceae"	Francisella	
		"Legionellales"	Legionellaceae	Legionella	
			"Coxiellaceae"	Coxiella	
		Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Pseudomonas	
		"Vibrionales"	Vibrionaceae	Vibrio	
		"Enterobacteriales"	Enterobacteriaceae	Escherichia	Klebsiella
					Proteus
	Salmonella				
	Shigella				
	Yersinia				
	"Epsilonproteobacteria"	"Campylobacterales"	Campylobacteraceae	Campylobacter	
			"Helicobacteraceae"	Helicobacter	

Firmicutes	"Clostridia"	Clostridiales	Clostridiaceae	Clostridium	
				Sarcina	
	Mollicutes	Mycoplasmatales	Mycoplasmataceae	Mycoplasma	
				Ureaplasma	
	"Bacilli"	Bacillales		Bacillaceae	Bacillus
				"Staphylococcaceae"	Staphylococcus
"Lactobacillales"		"Enterococcaceae"	Enterococcus		
		Streptococcaceae	Streptococcus		
Actinobacteria	Class Actinobacteria Subclass Actinobacteridae	Order Actinomycetales	Actinomycetaceae	Actinomyces	
		Suborder Actinomycineae			
		Suborder Micrococcineae	Micrococcaceae	Micrococcus	
		Suborder Corynebacterineae	Corynebacteriaceae	Corynebacterium	
			Mycobacteriaceae	Mycobacterium	
			Nocardiaceae	Nocardia	
		Suborder Streptomycineae	Streptomycetaceae	Streptomyces	
Order Bifidobacteriales	Bifidobacteriaceae	Bifidobacterium			
Chlamydiae	"Chlamydiae"	Chlamydiales	Chlamydiaceae	Clamydia	
				Chlamydophila	
Spirochaetes	"Spirochaetes"	Spirochaetales	Spirochaetaceae	Borrelia	
				Treponema	
			Leptospiraceae	Leptospira	

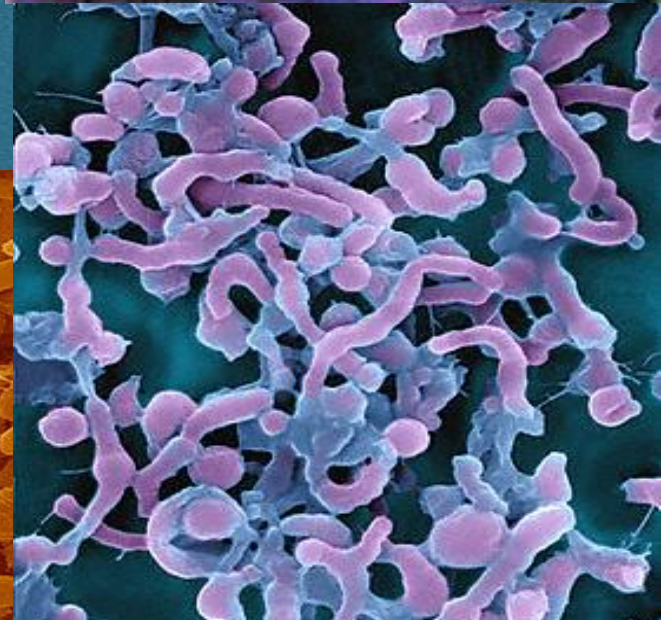
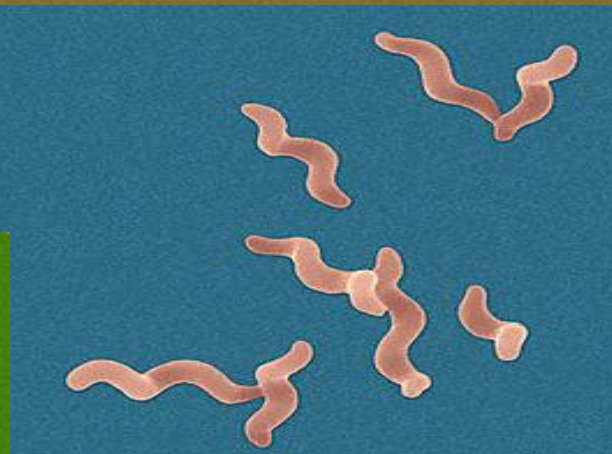
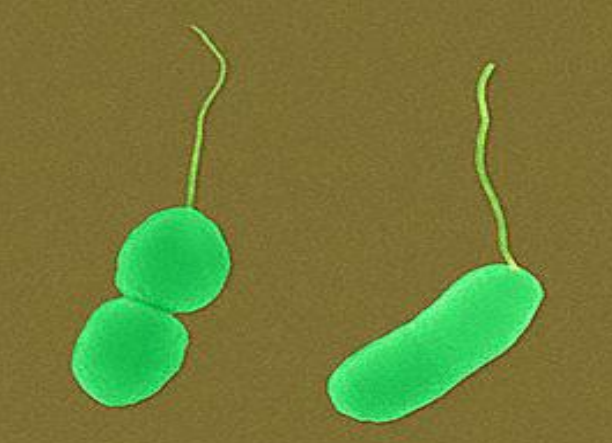


<http://www.ssmu.ru/ofice/f4/micro/>

- **Вид** – это эволюционно сложившаяся совокупность особей, имеющих единый тип организации, который в стандартных условиях проявляется сходными фенотипическими признаками: морфологическими, физиологическими, биохимическими и др.
- Бинарная номенклатура :
Staphylococcus aureus (*S.aureus*).

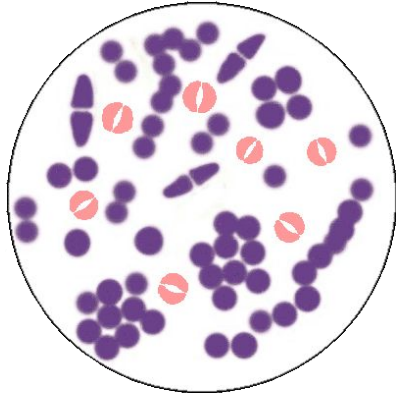
Внутривидовые варианты

- **штамм** – популяция бактерий, выделенных из какого-либо исследуемого материала;
- **клон** – популяция бактерий, полученная из одной бактериальной клетки;
- **морфовары** (типы) – варианты, отличающиеся от основного вида по морфологическим свойствам;
- **хемовары** – по биохимическим свойствам;
- **серовары** – по антигенной структуре;
- **резистовары** – по чувствительности к АБ;
- **фаговары** – по чувствительности к бактериофагам;
- **геновары** – по строению части генома;
- **биовары** – по нескольким биологическим свойствам.

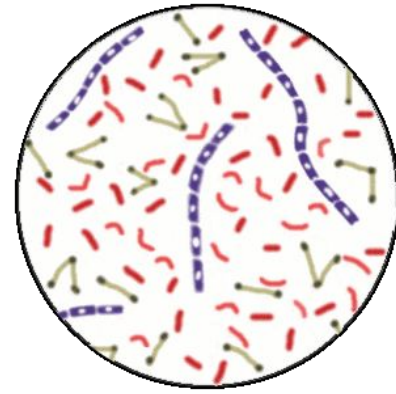


МОРФОТИПЫ БАКТЕРИЙ

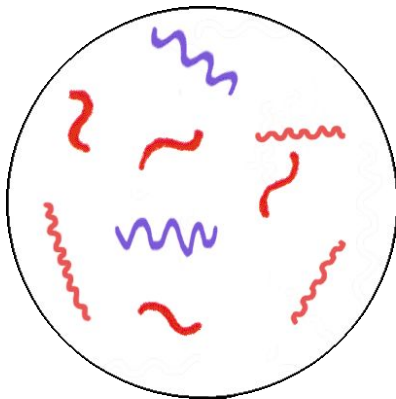
Морфология микроорганизмов



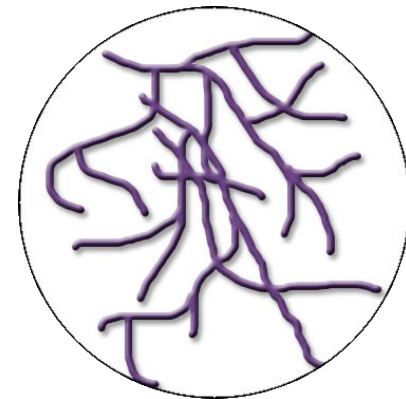
КОККИ



палочки

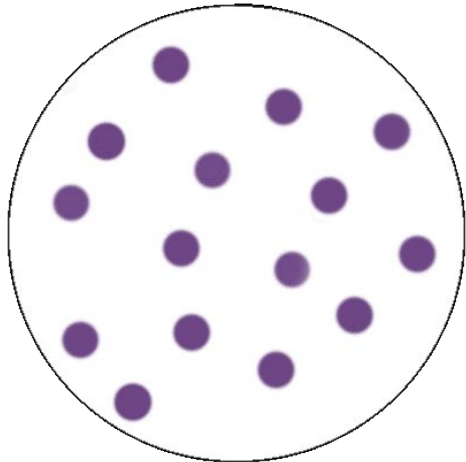


извитые формы

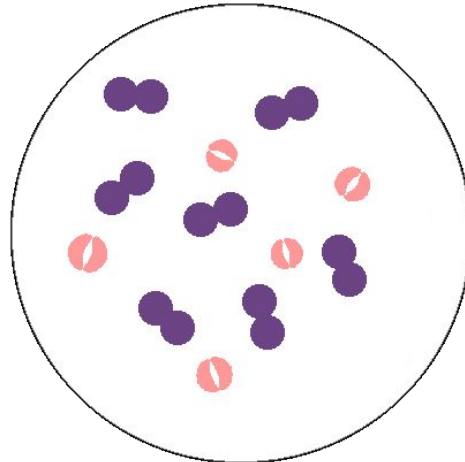


нитевидные формы

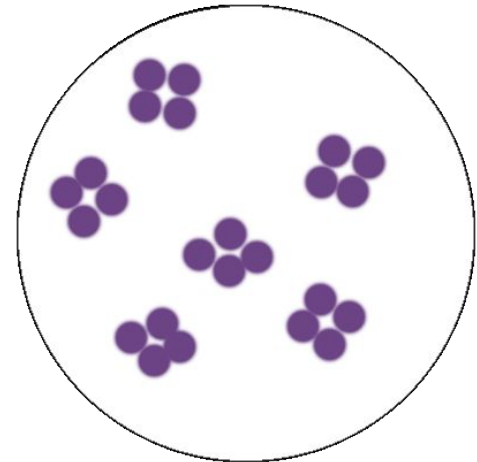
Кокковидные микроорганизмы



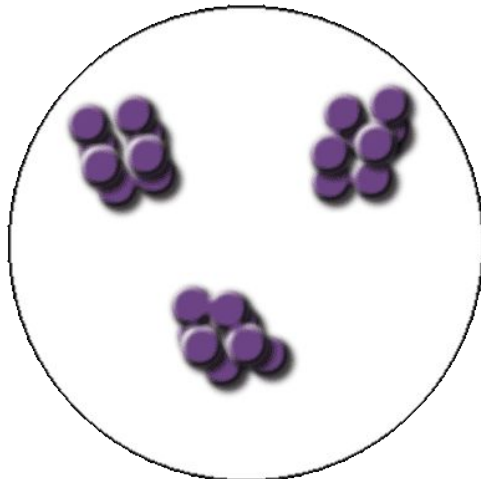
микрোকочки



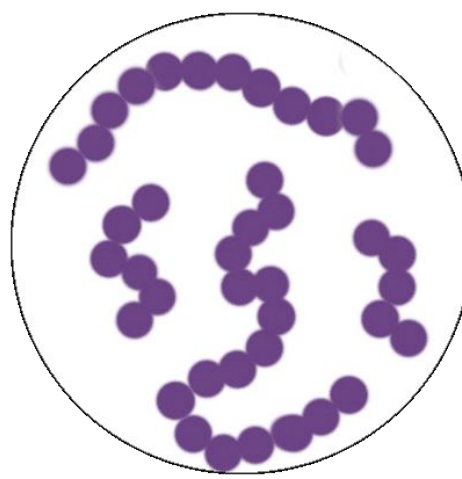
диплококки



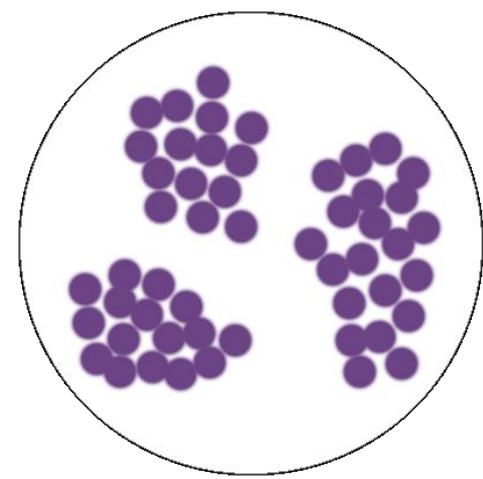
тетракокки



сарцины

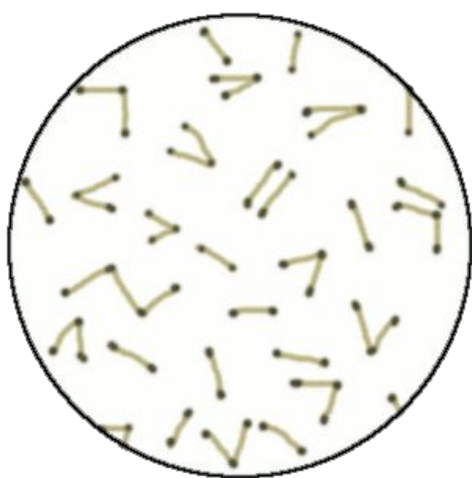


стрептококки

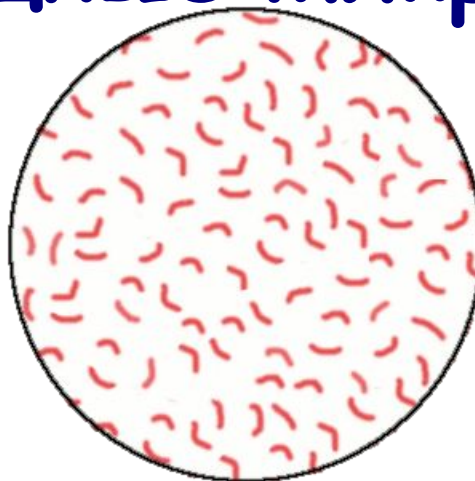


стафилококки

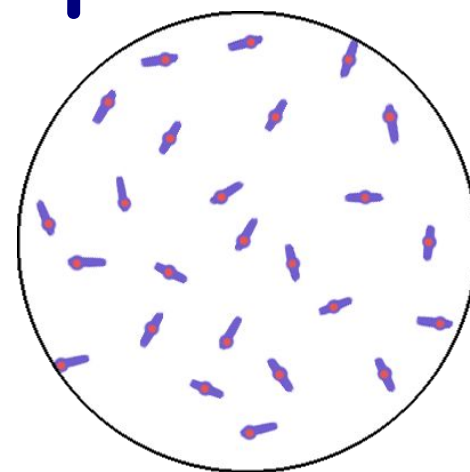
Палочковидные микроорганизмы



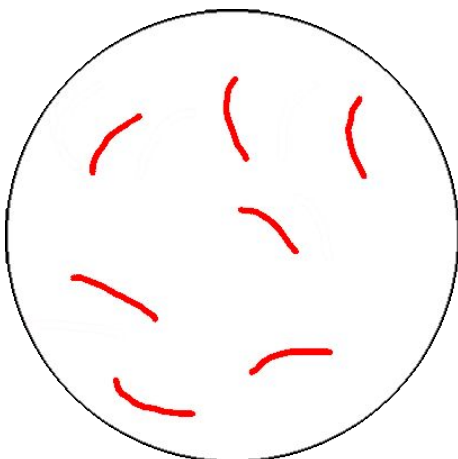
коринебактерии



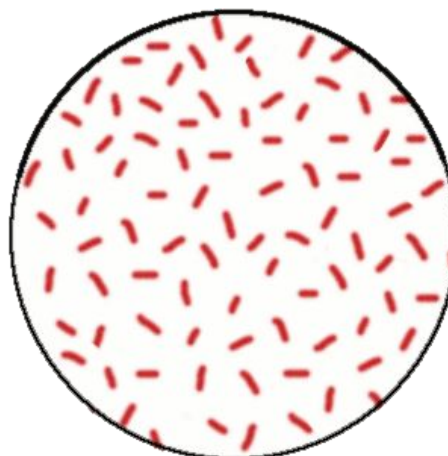
вибрионы



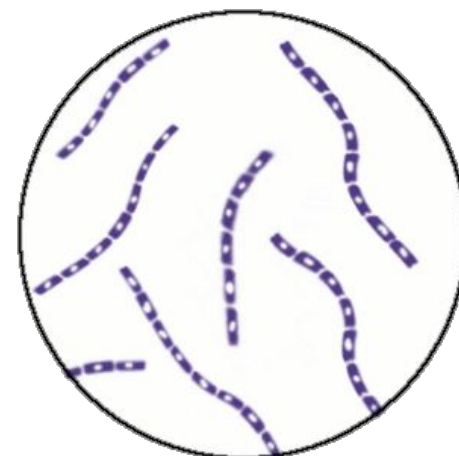
кlostридии



микобактерии

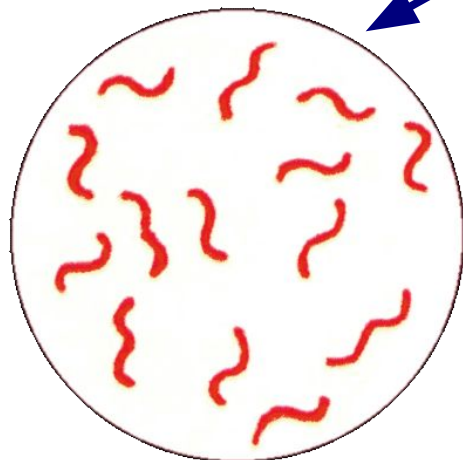


эшерихии

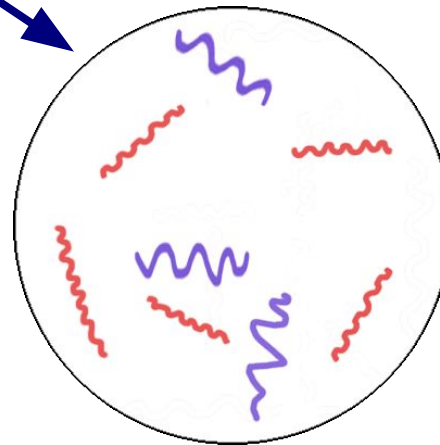


стрептобациллы

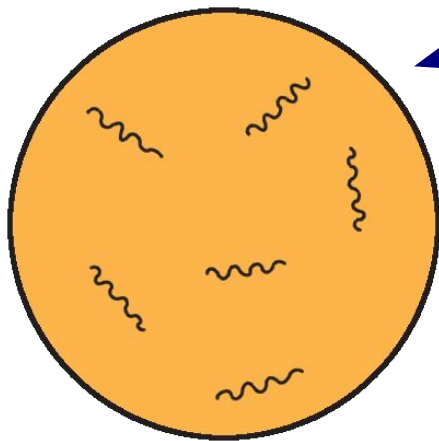
Извитые микроорганизмы



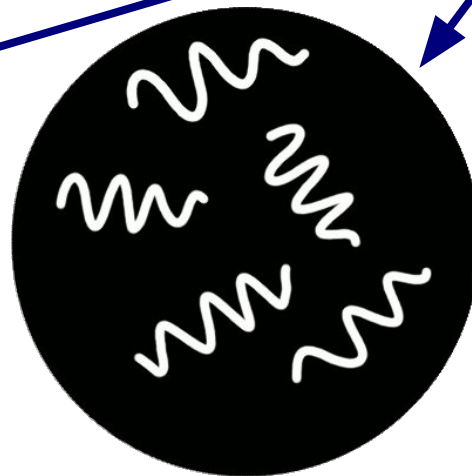
спириллы



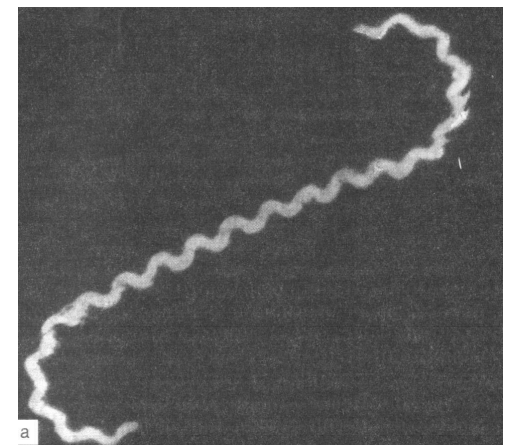
спирохеты



трепонемы

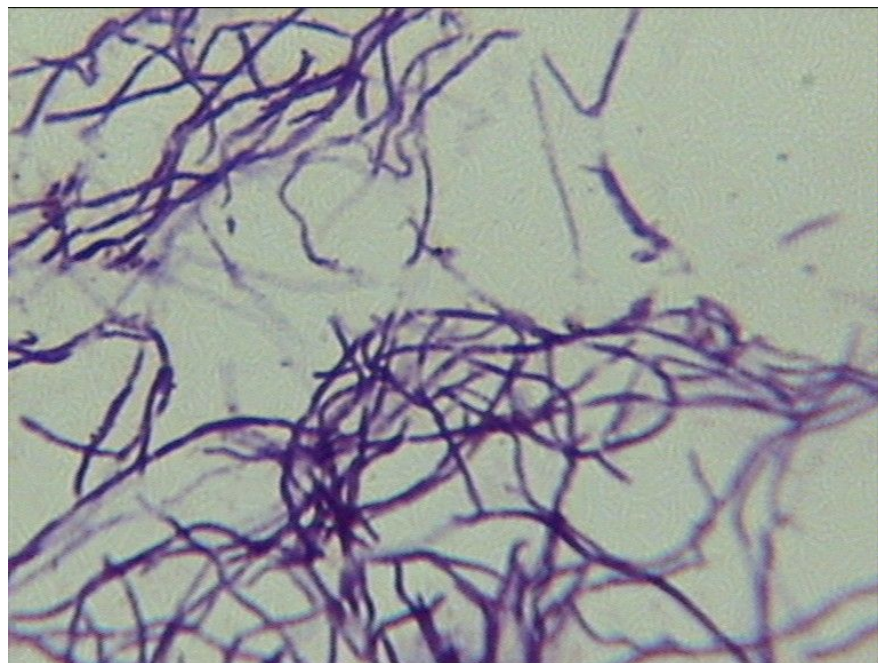
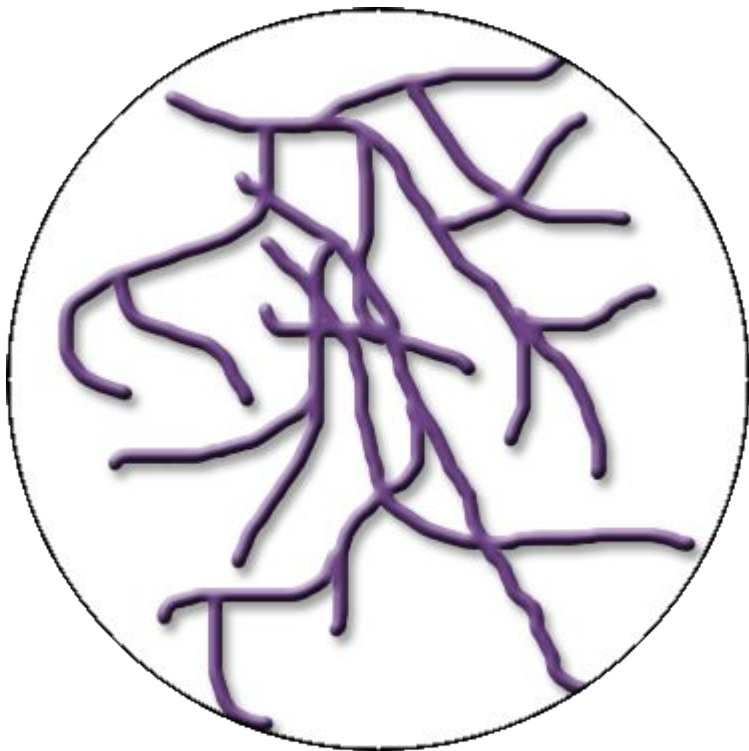


боррелии



лептоспиры

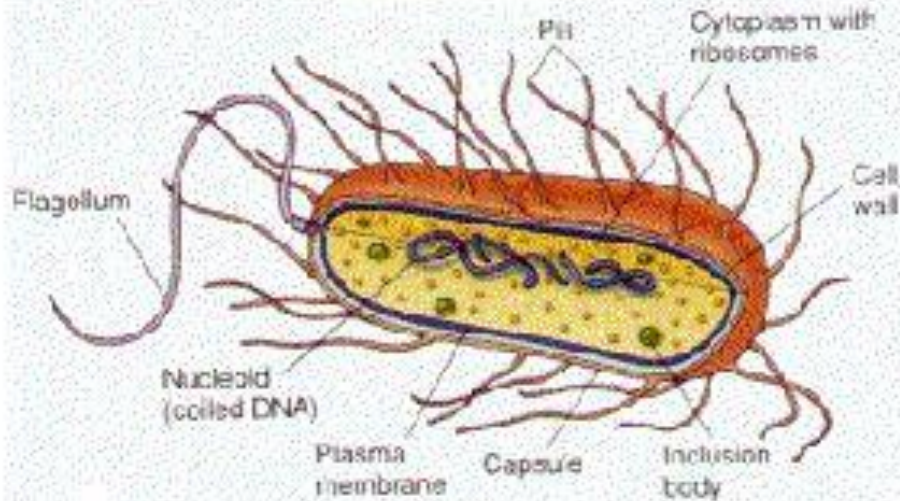
Нитевидные микроорганизмы



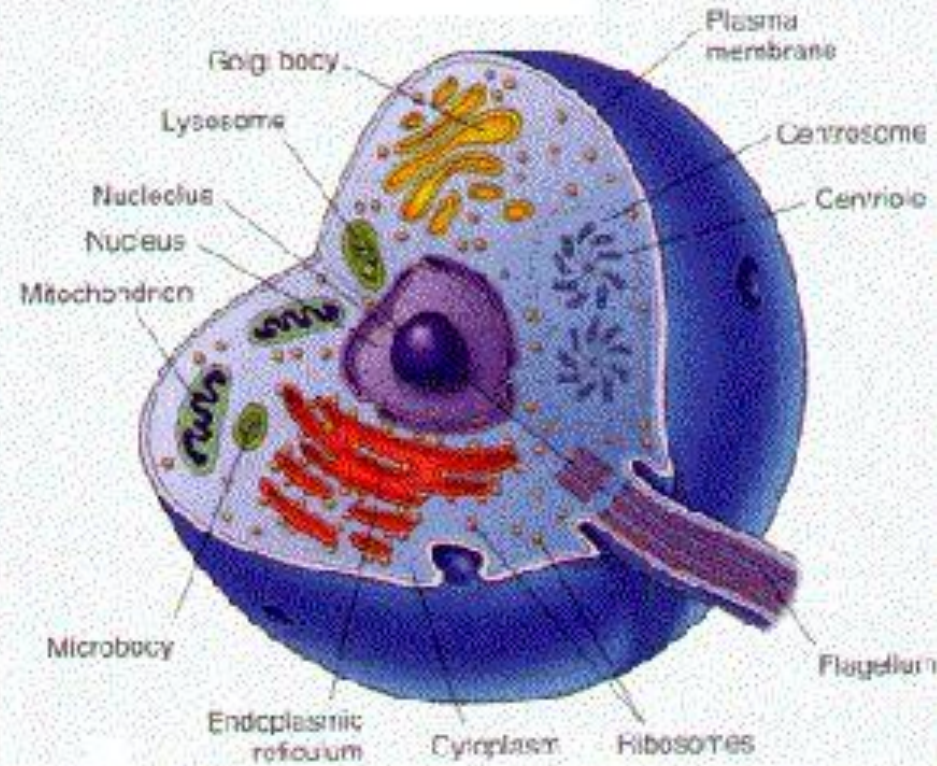
актиномицеты

Отличия прокариот и эукариот

Bacteria Cell (Prokaryote)



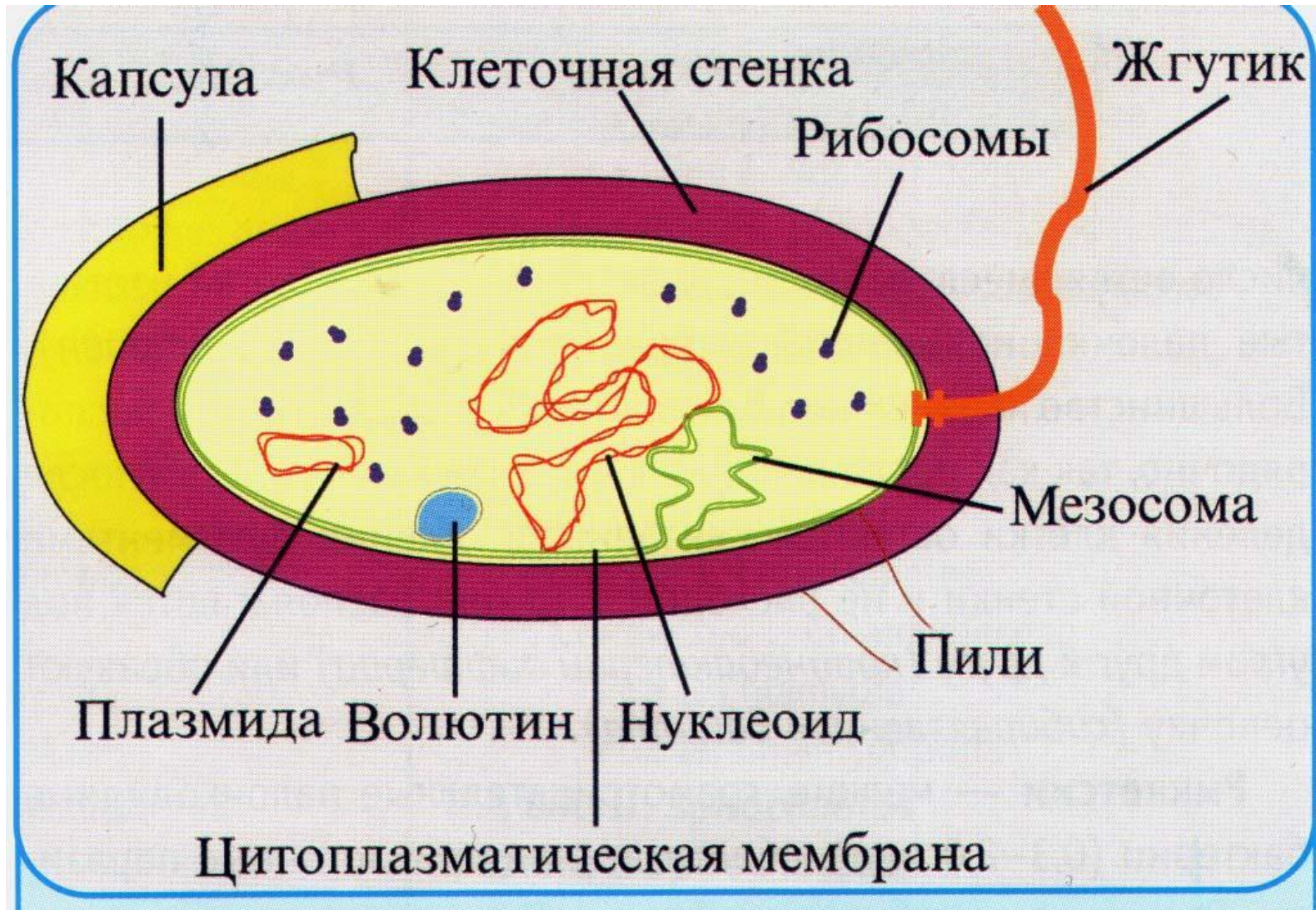
Animal Cell (Eukaryote)



Отличия прокариот и эукариот

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Оформленное ядро	—	+
Размеры клеток	0,2-2,0 мкм	>2,0 мкм
Наличие митохондрий, хлоропластов, аппарата Гольджи, лизосом, ЭПР	—	+
Локализация рибосом	Рассеяны в цитоплазме	Прикреплены к ЭПР
КС рибосом	70S	80S
Структура жгутика	1 фибрилла	9+2
Митоз	—	+
Число хромосом	1	Обычно >1
Хромосома	Кольцевая	Линейная

Анатомия бактериальной клетки



Анатомия бактериальной клетки

Постоянные компоненты

- клеточная стенка,
- ЦПМ,
- цитоплазма,
- рибосомы,
- мезосомы,
- генофор

Непостоянные компоненты

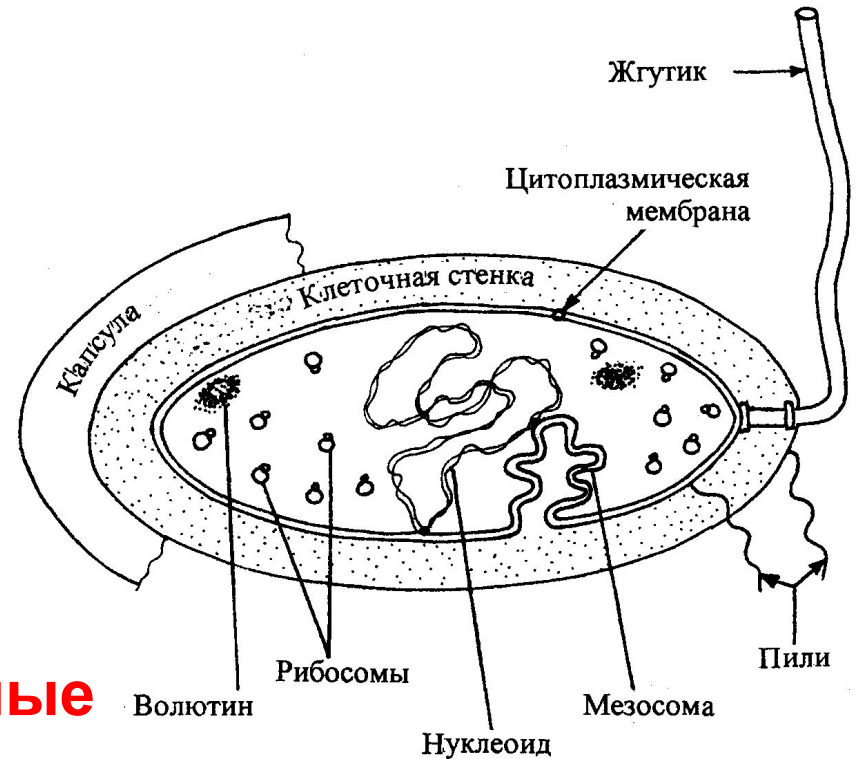
- капсула,
- жгутики,
- пили,
- споры,
- включения,
- плазмиды

Клеточная стенка

- XIX в. – Христиан Грам предложил дифференциальную окраску → бактерии

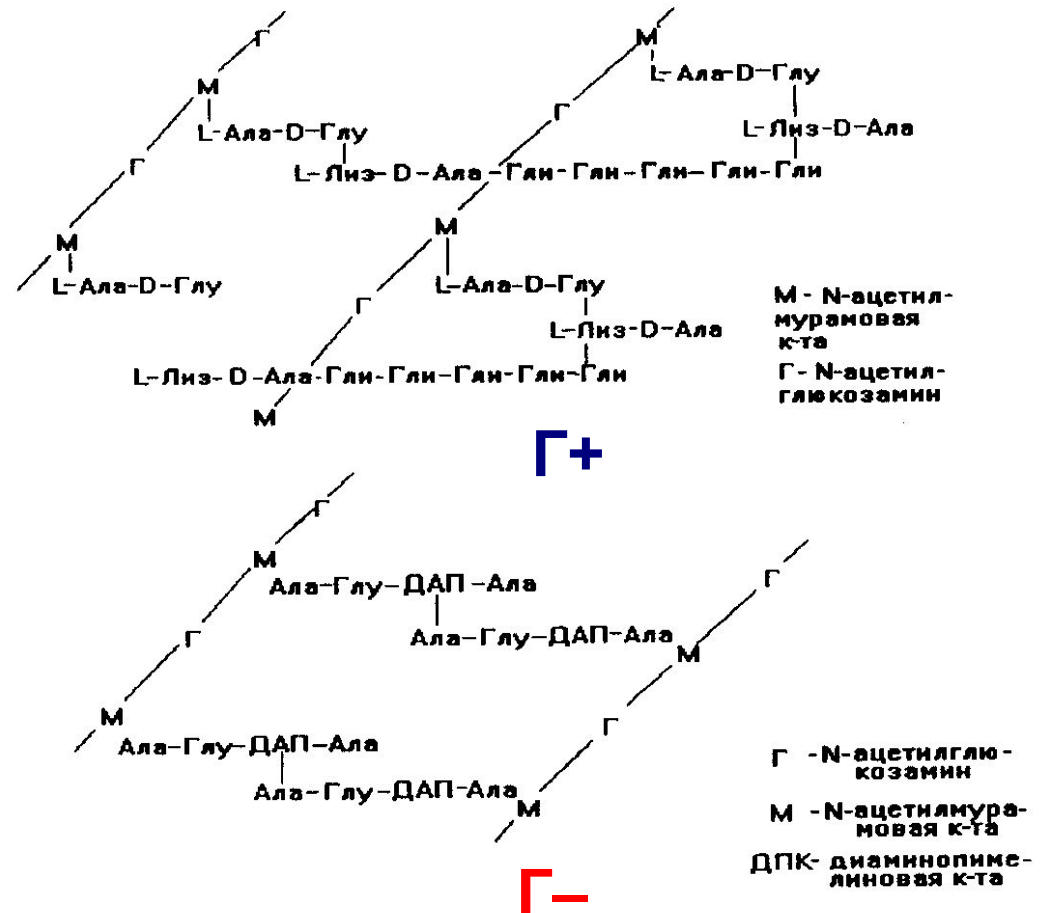
грамположительные

грамотрицательные



Пептидогликан

- муреин, мукопептид, гликопептид;
- Гликан: остатки N-ацетилглюкозамина и N-ацетилмурамовой кислоты, соединенные гликозидной связью.
- Транспептидазы (ПСБ)
- **Г+** 40 слоев, 50 нм и более, до 90% сухой массы КС;
- **Г-** 1-2 слоя, 15-20 нм, около 10% КС.

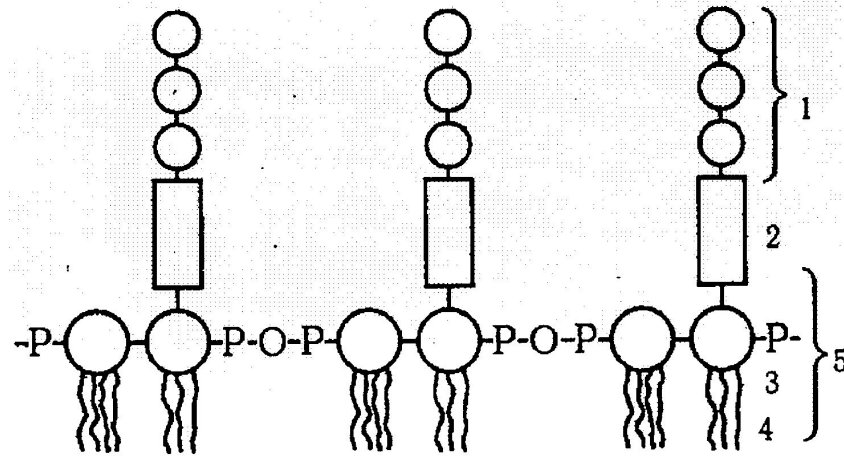


Г+ бактерии

- **тейхоевые** или **липотейхоевые кислоты** (от греч. *teichos* – стенка) – цепи из 8-50 остатков глицерола и рибитола, соединенных фосфатными мостиками (рибитолтейхоевые и глицеринтейхоевые) → адгезины, антигены, репеленты фагоцитоза, токсины;
- **белки** (А, М, Т, R и др.) – антифагины, репеленты фагоцитоза, протеин А у стафилококка – аналог рецептора для антител.

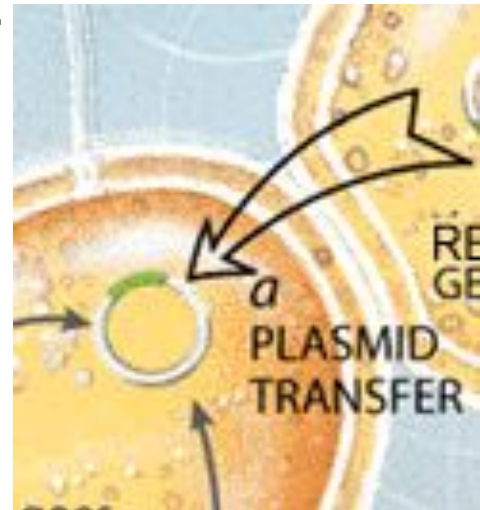
Г- бактерии

- наружная мембрана;
- липополисахарид (ЛПС):
 - липид А – эндотоксин;
 - ядро (базис) – полисахарид, включающий глюкозу, галактозу, N-ацетилглюкозамин и кетодезоксиоктонат (КДО);
 - O-специфическая цепь олигосахаридных последовательностей (галактоза, манноза, рамноза, N-ацетилглюкозамин, абеквоза, колитоза, тивелоза и др.). O-антиген.

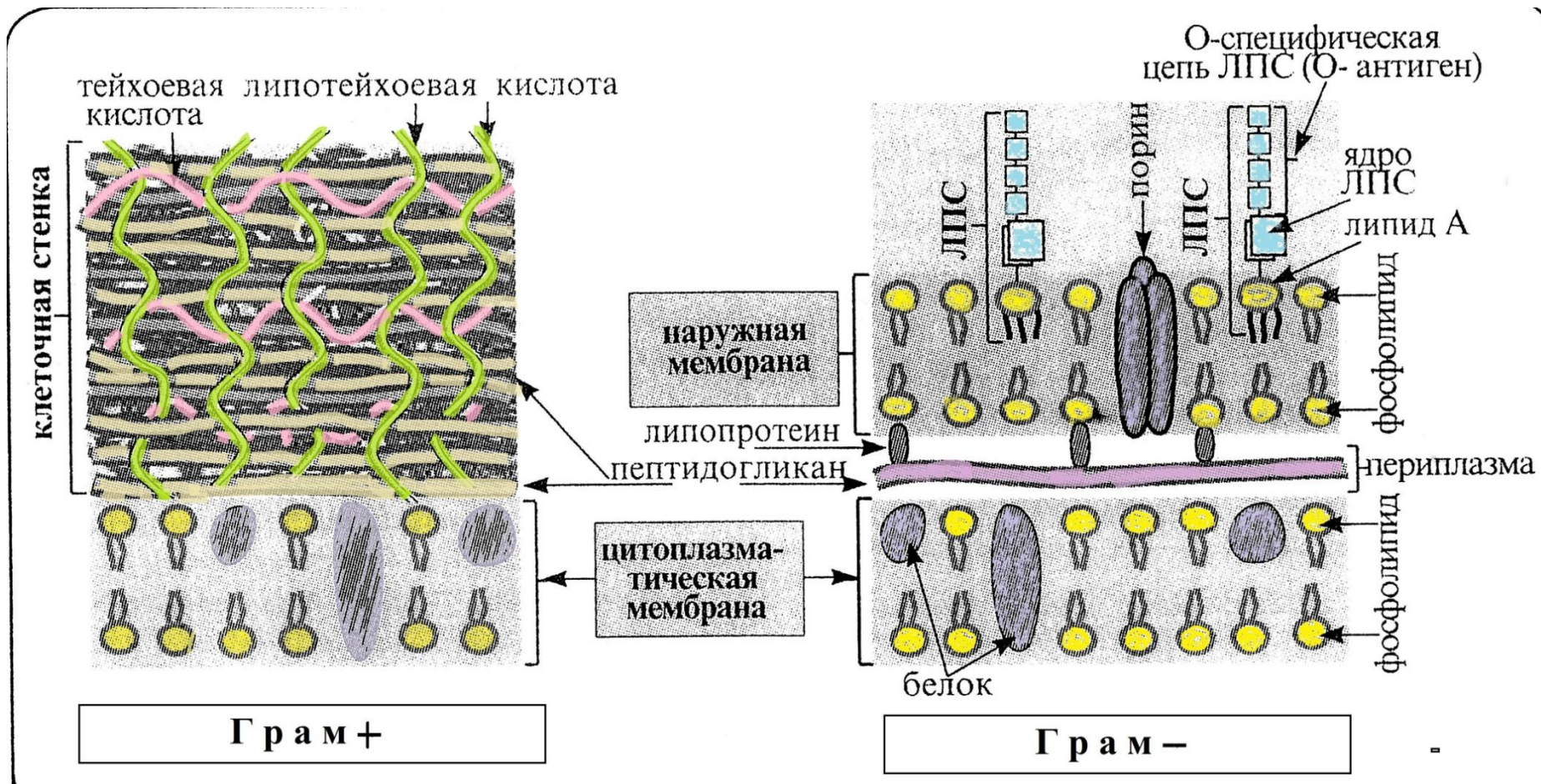


Порины

- Белки массой до 700, окаймляют гидрофильные поры, обеспечивают диффузию химических веществ в микробную клетку.
- Функции: метаболизм, конъюгация.
- Порины I (полностью пронизывают КС), II (прерываются в периплазматическом пространстве) и III порядка (имеют вставочный белок).
- Γ^+ – порины I и III порядка;
- Γ^- – порины I и II порядка.



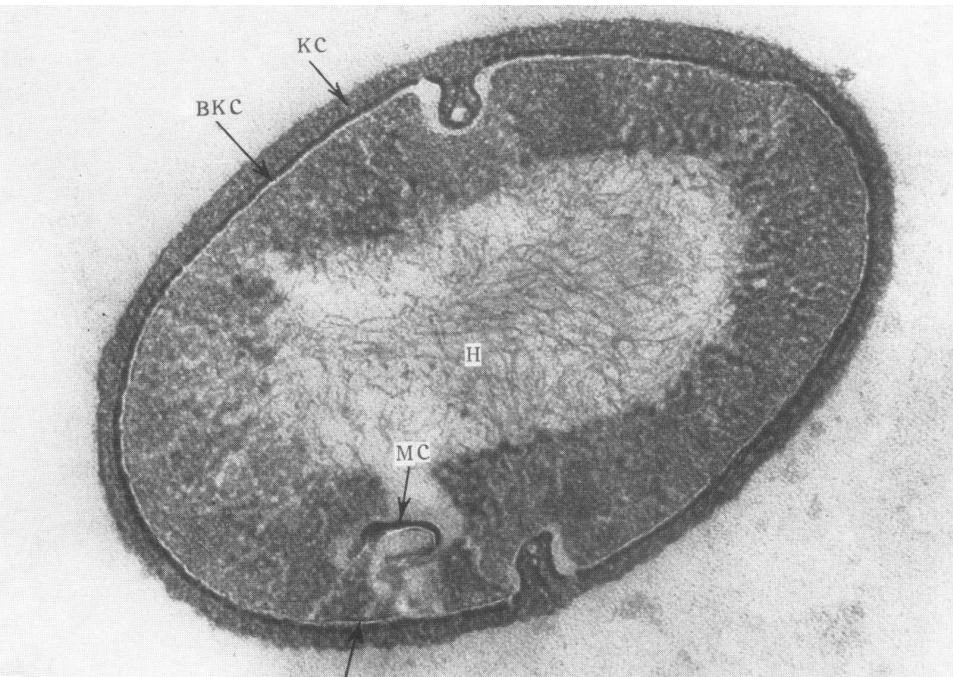
Клеточная стенка



Клеточная стенка

Г-

Г+

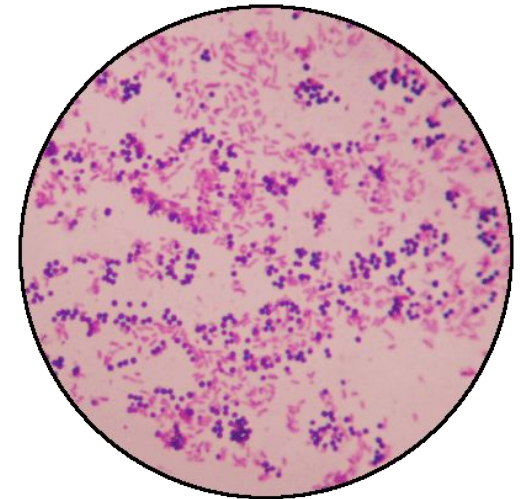
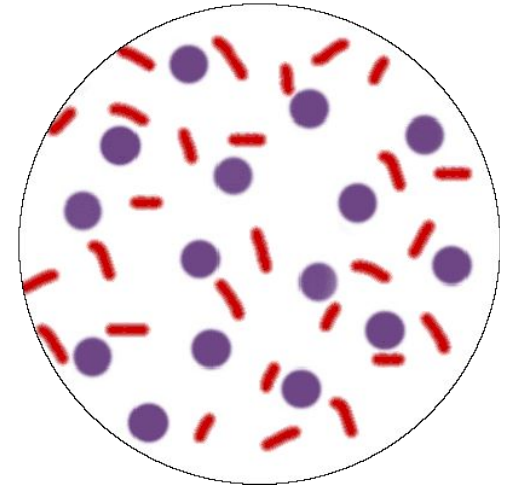


Функции клеточной стенки

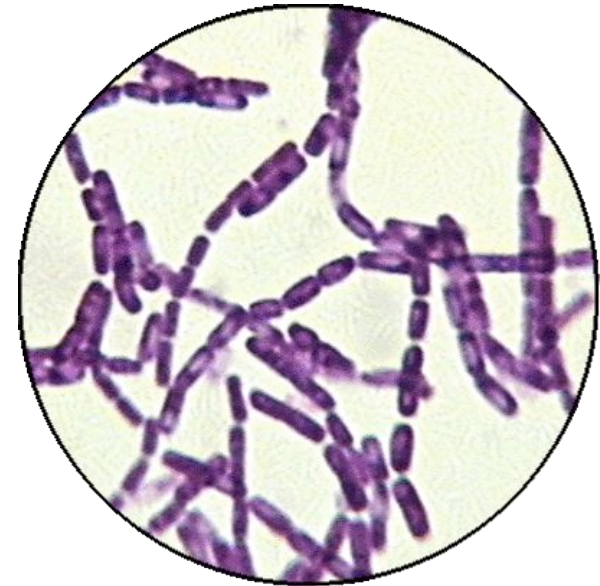
- придает форму;
- защитная;
- содержит рецепторы для фагов, колицинов, химических соединений;
- антигенная;
- транспорт веществ;
- постоянство внутренней среды;
- определяет способность бактерий воспринимать красители (**тинкториальные свойства**).

Принцип окраски по Граму

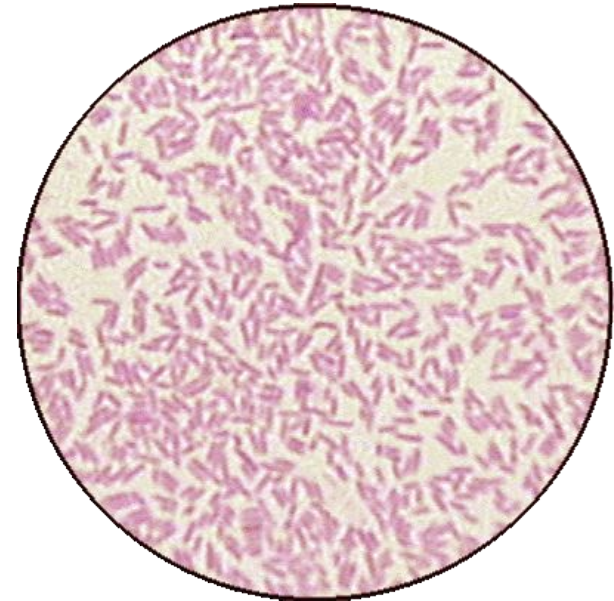
- **Грамположительные** бактерии удерживают генциановый фиолетовый в комплексе с йодом – **фиолетовая окраска** бактерий;
- **Грамотрицательные** бактерии после воздействия спирта утрачивают краситель, обесцвечиваются и при обработке фуксином окрашиваются в **красный цвет**.



- **Фирмикутные** (толстостенные, грамположительные):
большинство кокков (пневмококки, стрептококки, стафилококки, сарцины), палочки (бациллы, клостридии, коринебактерии, микобактерии, бифидобактерии), ветвящиеся бактерии – актиномицеты.



- **Грациликутные** (тонкостенные, грамотрицательные): извитые формы, спирохеты и спириллы, разнообразные палочки, вибрионы, хеликобактерии, кокки (нейссерии), риккетсии и хламидии.



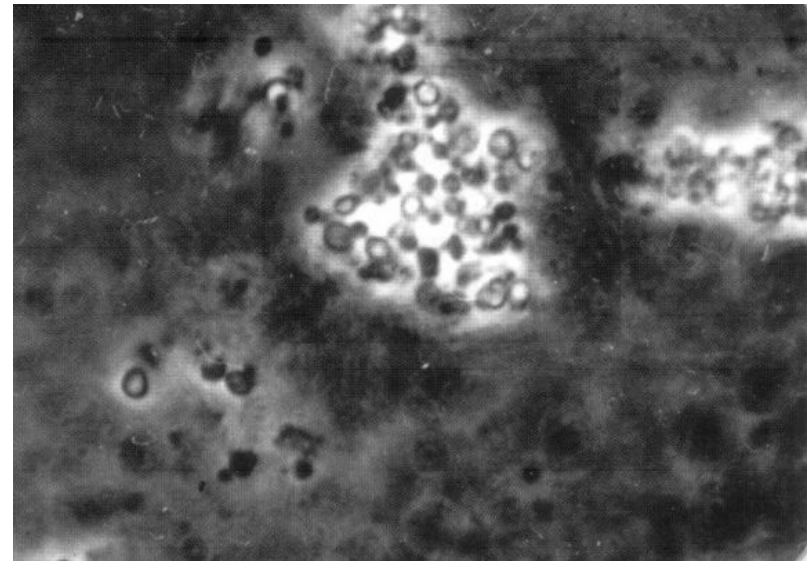
Кислотоустойчивые бактерии

- Г+ с высоким содержанием жирных кислот (туберкулостеариновая, миколовая и др.), восков, фосфолипидов → прочность, устойчивость к кислотам и щелочам.
Mycobacterium tuberculosis.
- **Метод Циля-Нильсена:**
кислотоустойчивые бактерии не обесцвечиваются кислотой и остаются **рубиново красными**, а кислотонеустойчивые – обесцвечиваются и докрашиваются метиленовым синим в **синий цвет**.



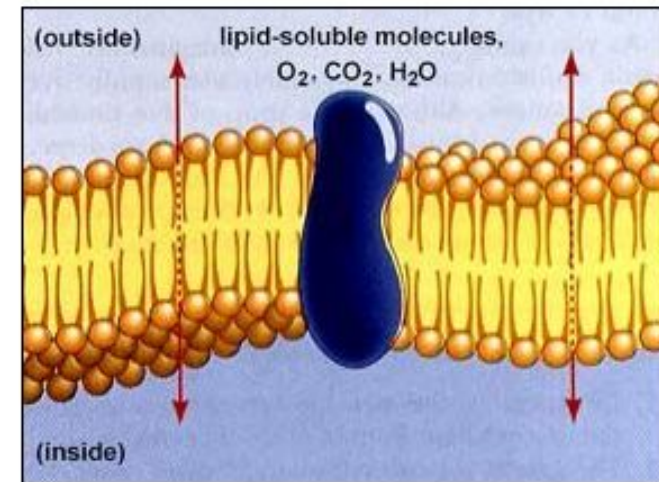
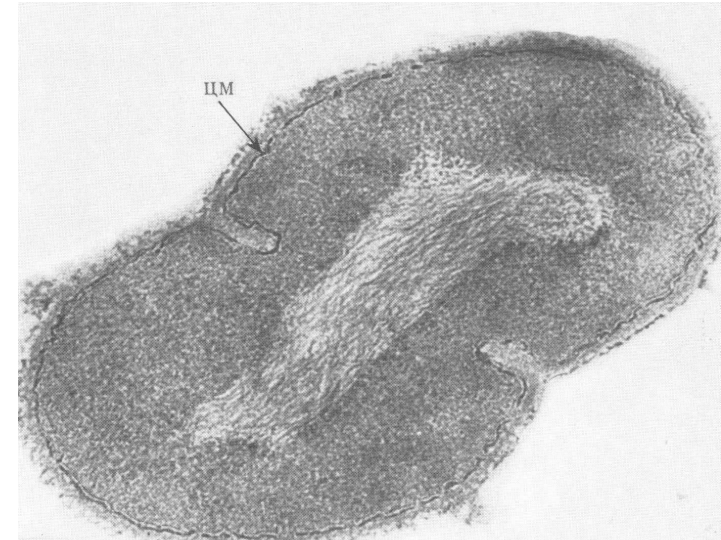
Бактерии, лишенные КС

- Фильтрующиеся, инволютивные формы бактерий, протопласты, сферопласты, L-формы.



ЦПМ

- **ЦПМ** – липопротеин: 15-30% липиды, 50-70% протеины (структурные и функциональные), 2-5% углеводы и РНК.
- **ЭМ**: трехслойная мембрана.
- ЦПМ – мобильная текучая структура.
- **Функции ЦПМ**: регуляция поступления в клетку метаболитов и ионов, регуляция осмотического давления, транспорт веществ и энергетический метаболизм клетки, репликация ДНК, спорообразование.

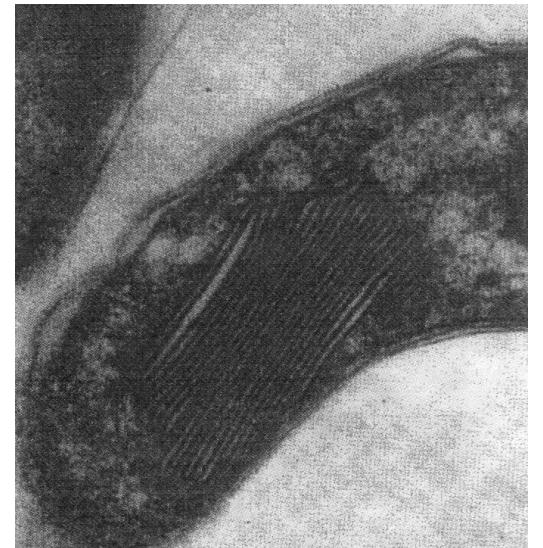
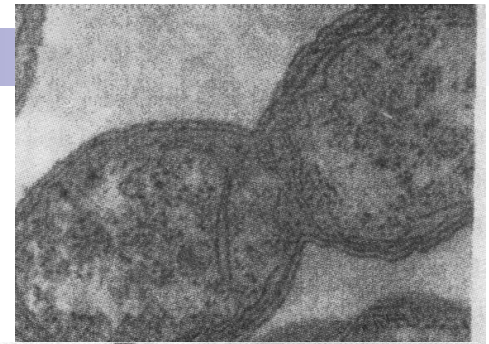


Мезосомы

Функции мезосом:

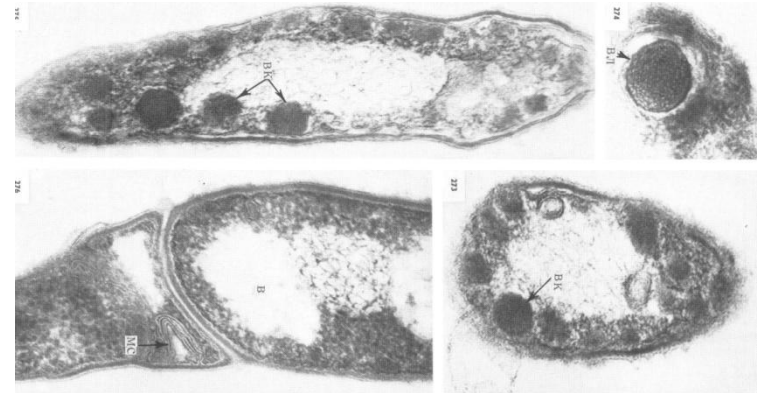
- генерация энергии;
- кариогенез;
- рост, деление; синтез углеводов, липидов.

Тилакоиды.

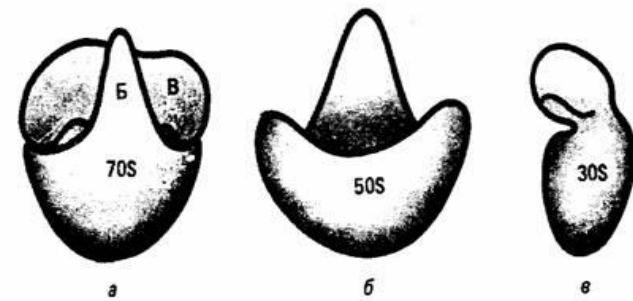


Цитоплазма

- Коллоидная система: вода (около 75%), минеральные вещества, ферменты, растворимые белки, РНК, включения и **рибосомы**.
- **Включения:** гранулы гликогена, полисахариды, полифосфатов (**волютина**).
- Волютин обладает метахромазией (**метод Нейссера**).



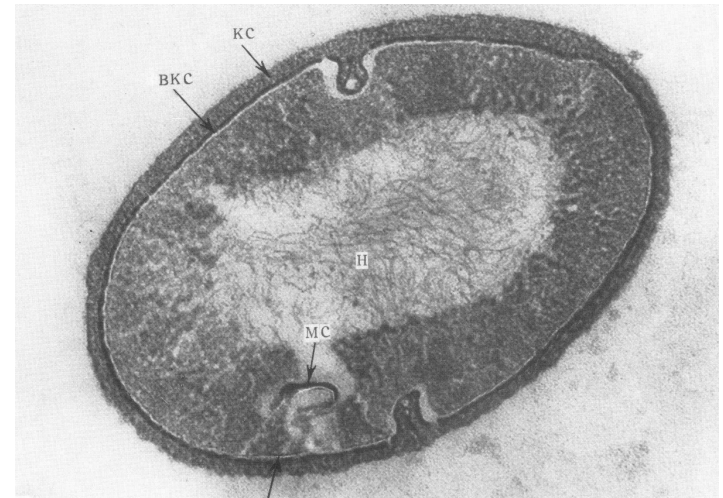
Рибосомы



- **Рибосомы:** размер около 20 нм, две субъединицы (50 S и 30 S). Перед началом синтеза белка – объединение в 70S. Не объединены в эндоплазматическую сеть.
- **Рибосомные РНК** (рРНК) – консервативные элементы бактерий («молекулярные часы» эволюции). 16S рРНК – малая субъединица, а 23S – большая. **16S рРНК** – геносистематика (степень родства организмов).
- В зависимости от интенсивности роста – от 5000 до 50000 рибосом.

Генетическая система бактерий

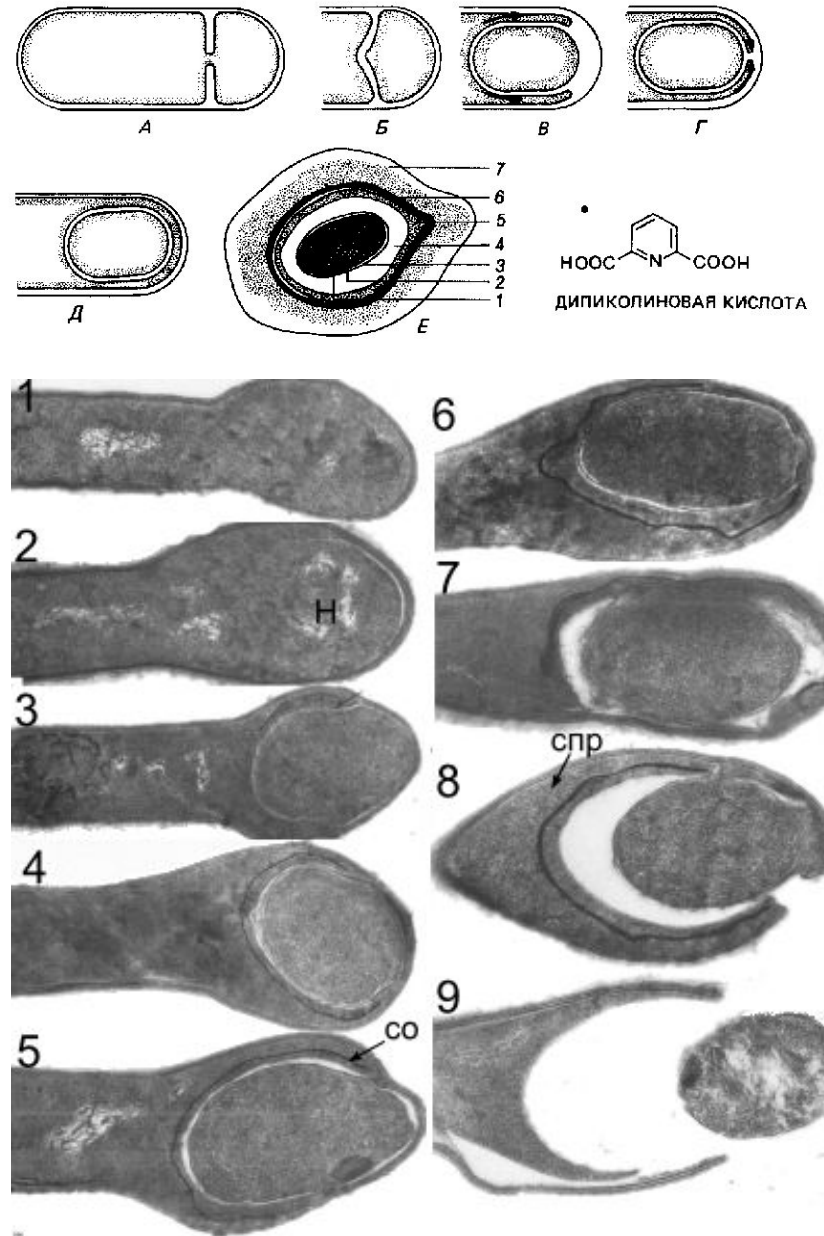
- **Нуклеоид** (генофор) – бактериальная хромосома (двунитевая суперспирализованная ДНК кольцевой формы), содержит до 4000 отдельных генов.
- Выявление: по Фельгену, по Романовскому-Гимзе, ЭМ.
- **Плазмиды** – ковалентно замкнутые кольцевые двунитевые ДНК размером от 10^6 до 10^8 Д, от 40 до 50 генов. Количество – от 1 до 200.
- Эписомы и интегрированные плазмиды.



Функции: регуляторные, кодирующие (экзотоксины, ферменты, бактериоцины, устойчивость к лекарственным препаратам и т.д.).

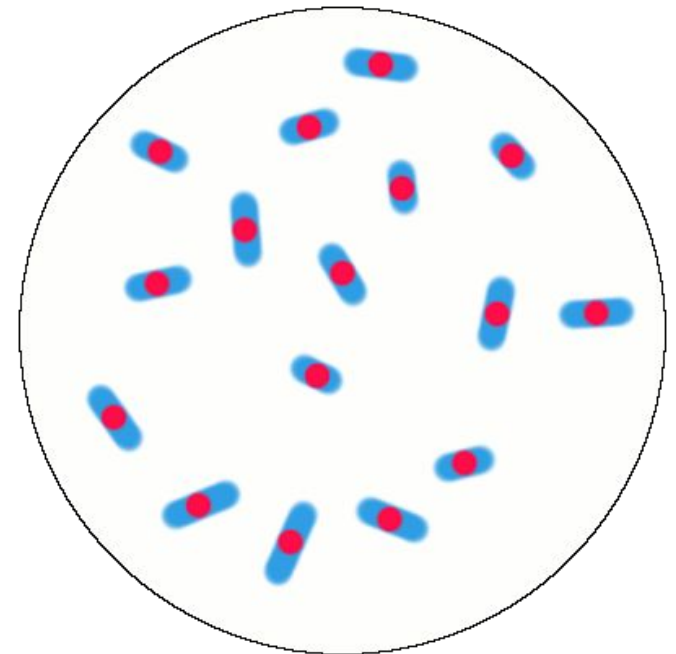
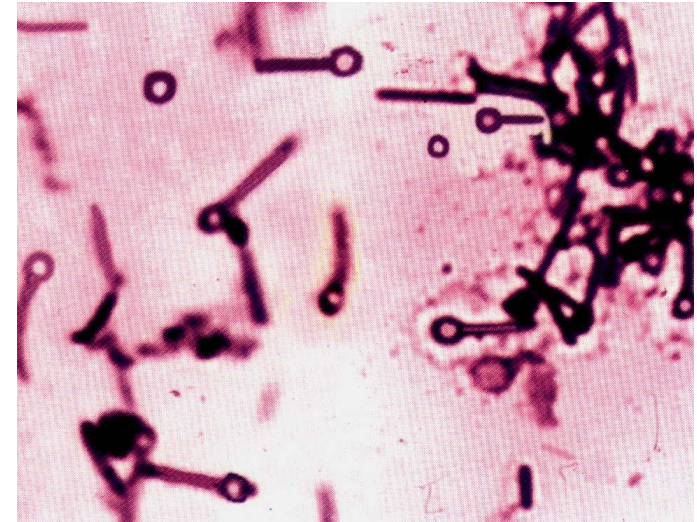
Споры

- Споры образуются при неблагоприятных условиях у Г+ бактерий.
- Одна бактерия – одна спора.
- Бациллы, клостридии.
- Спорообразование (споруляция) – 18-20 ч.
- Прорастание (4-5 ч): активация, инициация, прорастание.



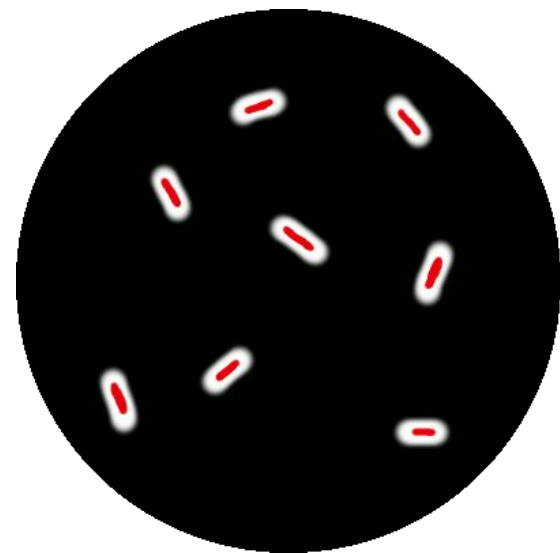
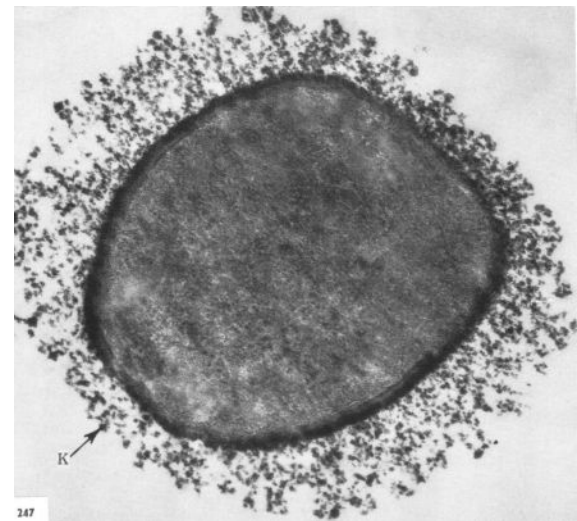
Споры

- Форма, размер и расположение спор – видовое свойство бактерии.
- Выявление: при обычном окрашивании и по **методу Ожешко** (спора прокрашивается в рубиново-красный цвет карболовым фуксином, а вегетативная клетка после обесцвечивания кислотой докрашивается метиленовым синим).

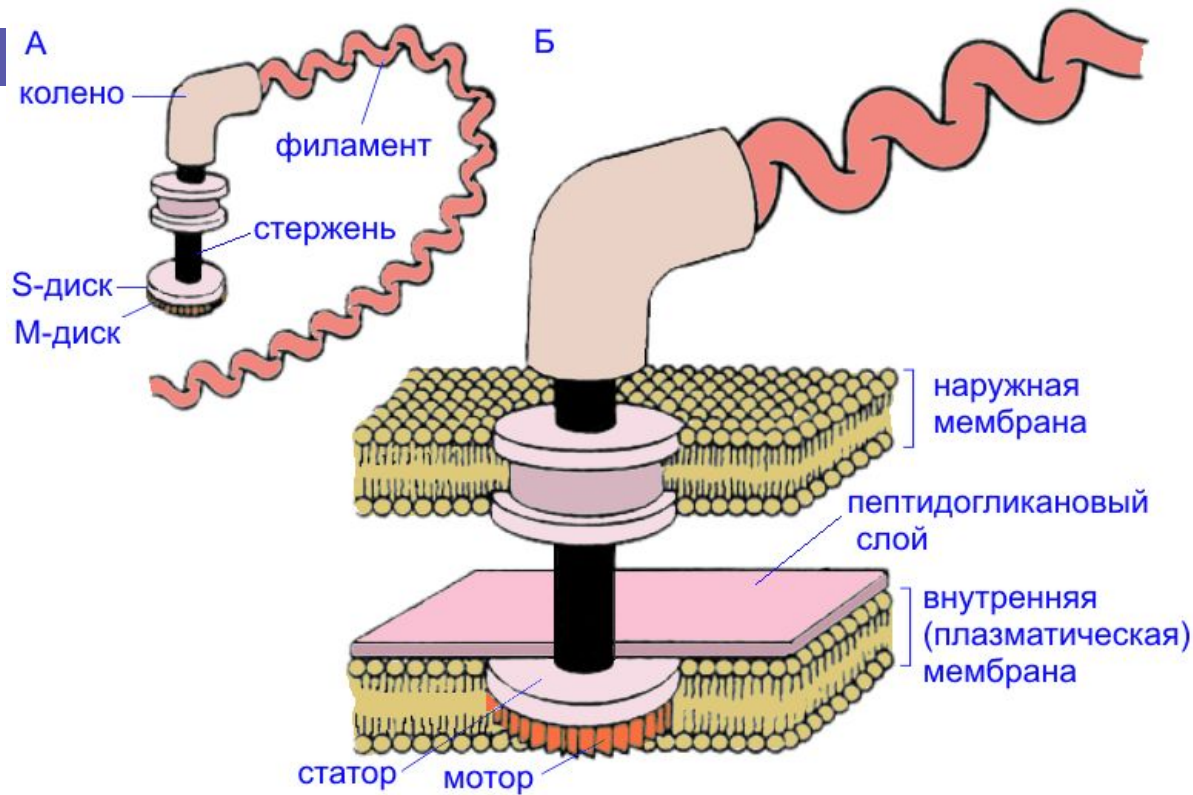
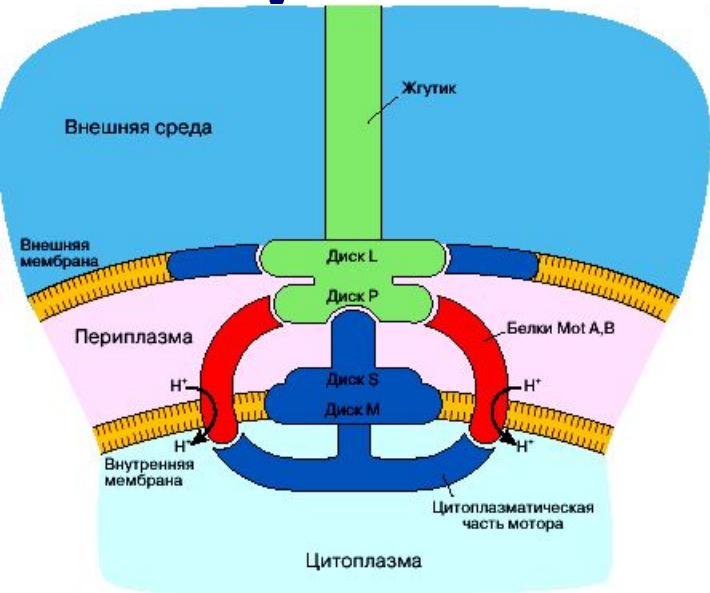


Капсула

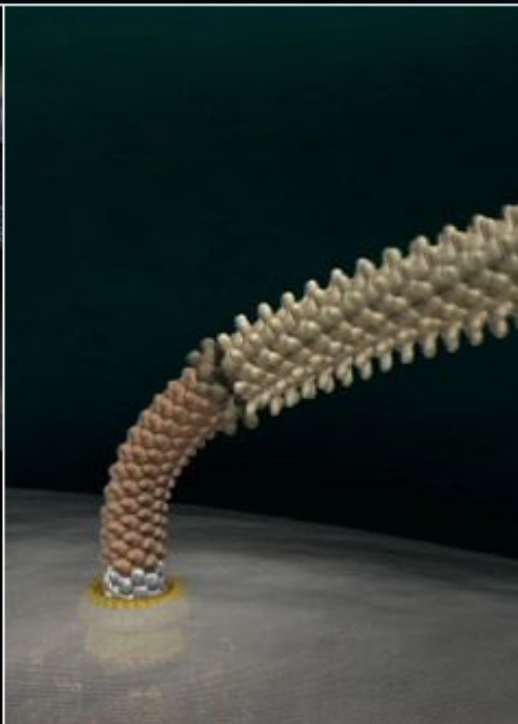
- **Капсула** – слизистая структура толщиной более 0,2 мкм;
- **Состав:** полисахариды и полипептиды (мономеры D-глутаминовой кислоты).
- Капсула гидрофильна, препятствует фагоцитозу бактерий.
- **Функции** капсулы: защитные, адгезивные, патогенные и антигенные.
- **Выявление:** негативное контрастирование по **Бурри-Гинсу**;
- **Микрокапсула** – слизистое образование толщиной менее 0,2 мкм, выявляемое при ЭМ.
- **Слизь** – мукоидные полисахариды, не имеющие четких внешних границ.



Жгутики



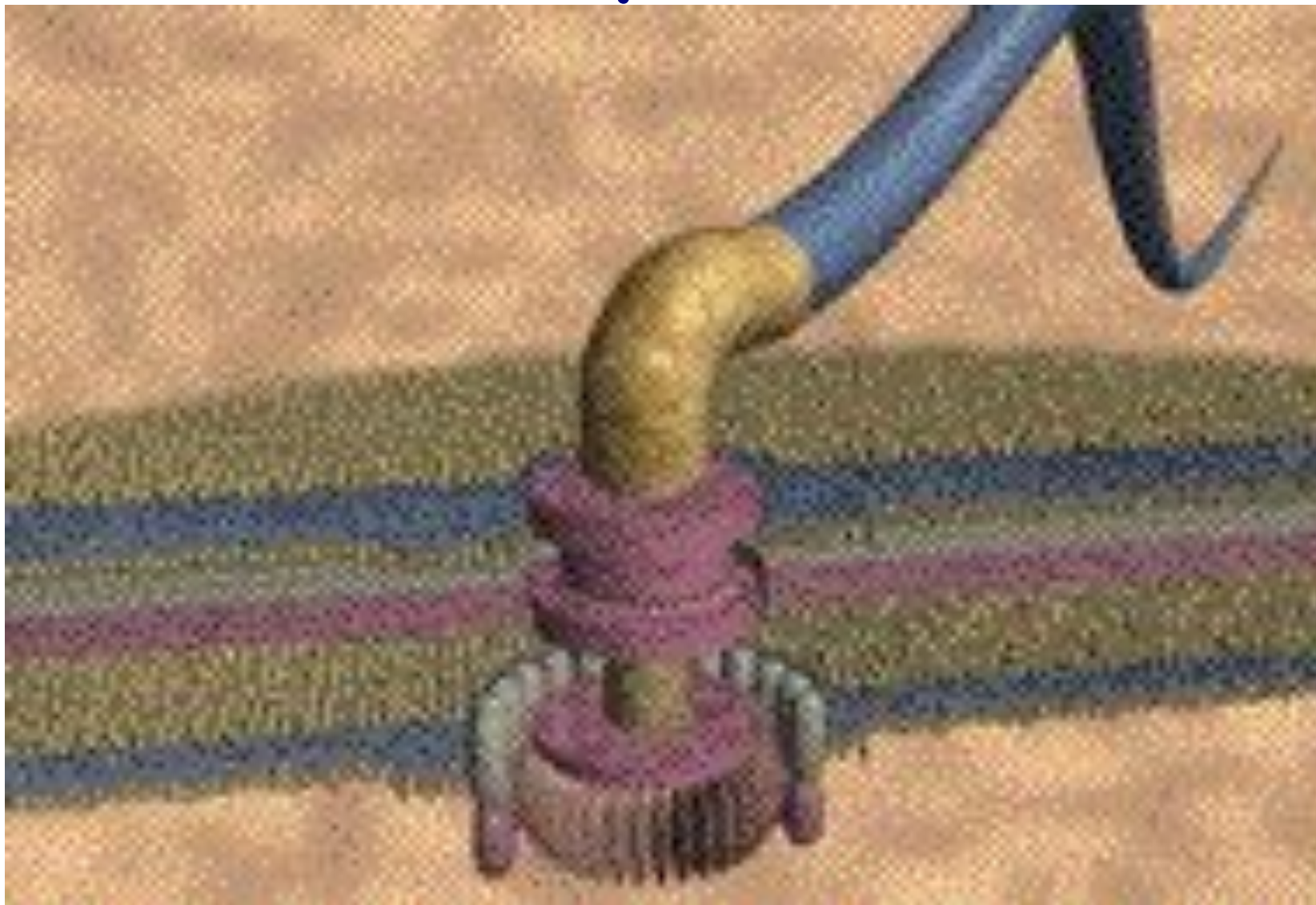
- Жгутики – толщина 12-20 нм, длина 3-12 мкм.
- **Флагеллин** (от. лат. *flagellum* – жгутик), антигенная специфичность.
- Хемомеханический преобразователь (флагеллиновый мотор).



Движение жгутика



Жгутики



Жгутики

Моноплярное
монотрихальное



Vibrio

Моноплярное
политрихальное
(лофотрихальное)



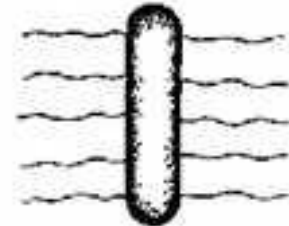
Pseudomonas

Биплярное
политрихальное
(амфитрихальное)

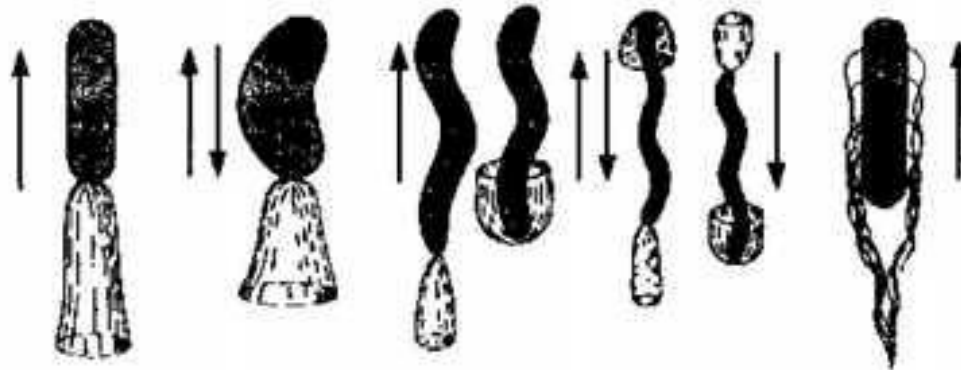


Spirillum

Перитрихальное

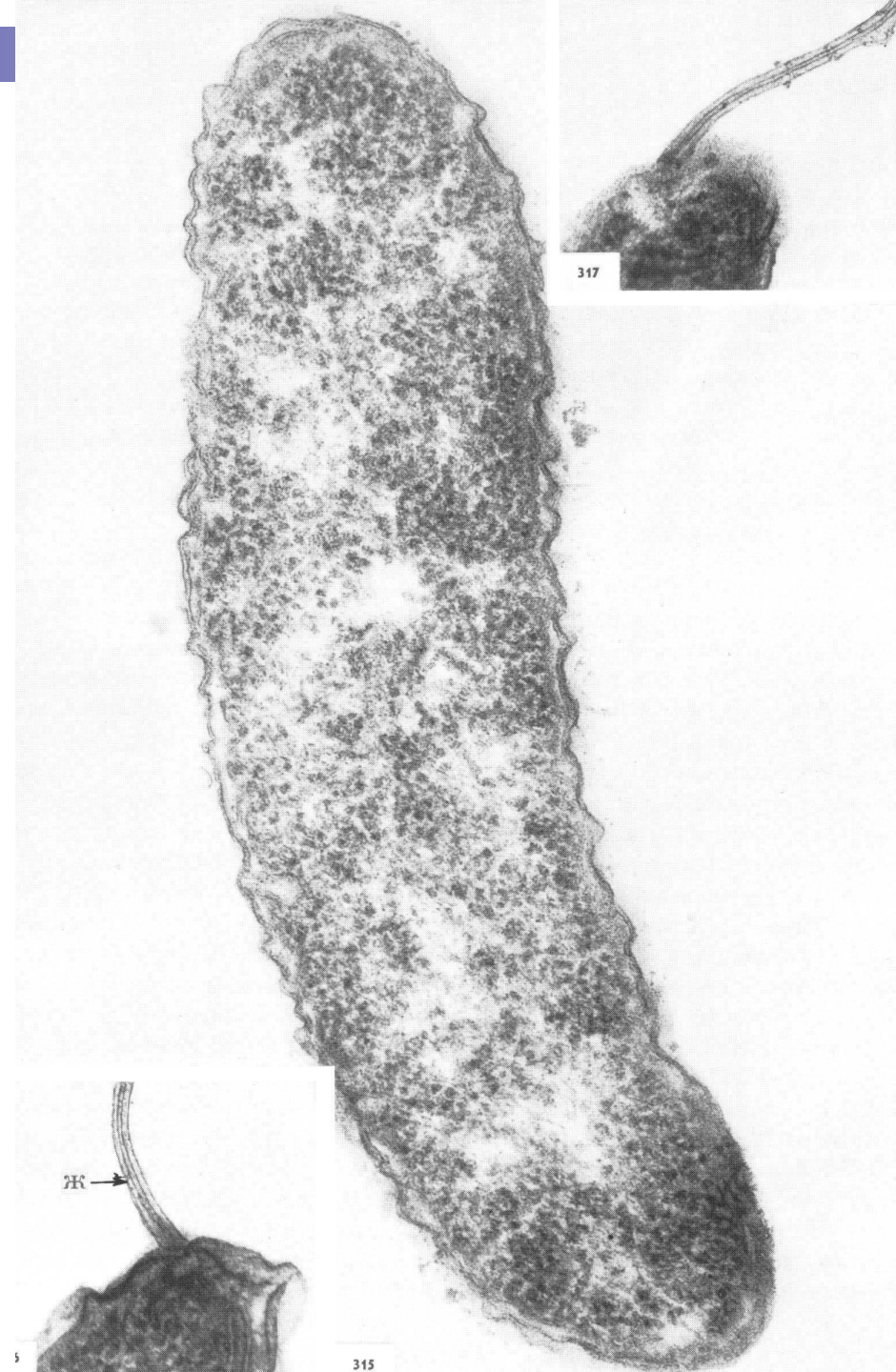


Proteus



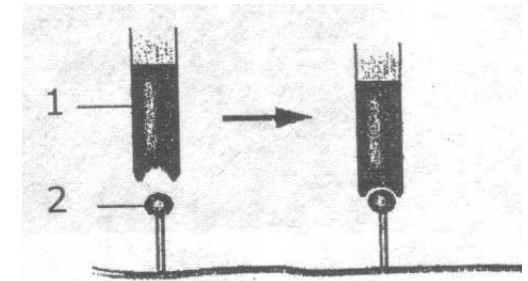
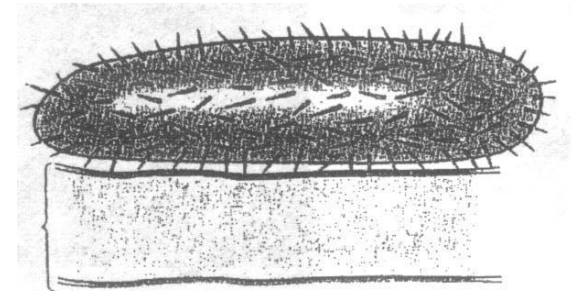
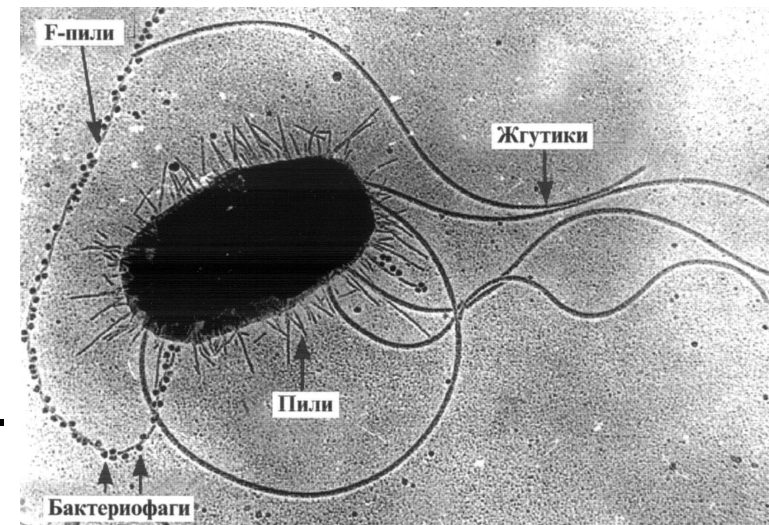
Жгутики

- Хемотаксис, аэротаксис, фототаксис.
- Скорость движения бактерий: *Vacillus megaterium* – 27 мкм/с, *V. cholerae* – 200 мкм/с.
- **Выявление:** ЭМ, по Леффлеру, серебрением, при помощи фазово-контрастной или световой микроскопии «раздавленной» или «висячей» капли.



Пили

- **Пили** (ворсинки, фимбрии от англ. *fimbria* – бахрома) – тонкие полые нити белковой природы (3-10 нм x 0,3-10 мкм).
- **Пилин**, антигенная активность.
- Пили 1-го или общего типа – *common pili*: адгезия, их много, снижают заряд бактерии и уменьшают электростатические силы отталкивания, увеличение площади поверхности бактериальной клетки → утилизация питательных веществ.



Пили

- **Пили 2 типа** (половые, F-пили, конъюгативные – *sex pili*): конъюгация бактерий, имеются только у бактерий-доноров (1-4 на клетку), более длинные (0,5-10 мкм).
- Взаимодействие с «мужскими» сферическими бактериофагами.

