



Кафедра микробиологии и вирусологии

Принципы классификации. Морфология и структура основных форм микроорганизмов

д.м.н., профессор Шаркова В. А.

1. Таксономия микроорганизмов
2. Принципы классификации микробов
3. Морфология МКО
4. Строение прокариотической клетки
(постоянные и временные структурные
элементы)

Насколько многообразен мир микробов?

Какова структура прокариотической клетки?



Систематика - распределение микроорганизмов в соответствии с их происхождением и биологическим сходством, занимается:


- описанием видов организмов
- выяснением степени родственных отношений между ними

объединением их в различные по уровню родства классификационные единицы- таксоны.



Основные вопросы, решаемые при систематике:

- классификация,**
- идентификация**
- номенклатура**



**Классификация- распределение
(объединение) организмов в соответствии с
их общими свойствами (сходными
генотипическими и фенотипическими
признаками) по различным таксонам**

**Таксономия (taxus –расположение,
nomos - закон) – раздел систематики,
изучающий принципы классификации**

**Таксономия - наука о методах и принципах распределения
(классификации) организмов в соответствии с их
иерархией**



В классификации **Bergey** используются следующие группы или уровни (таксоны):

- царство - **Kingdom** (англ.), **Regnum** (лат.);
- домен - **Domain** (англ.), **Domen** (лат.);
- филум (**phylum** от др. греч. - племя) - тип. В классификации прокариотов для обозначения этого таксона используется термин "филум", а для эукариотов - "тип";
- класс - **Class** (англ., лат.);
- порядок - **Order** (англ.), **Ordo** (лат.); семейство - **family** (англ.), **familia** (лат.);
- род - **genus**;
- вид - **species**.

Таксономические категории
(таксоны): домен, царство, класс,
отдел, порядок, семейство, род, вид

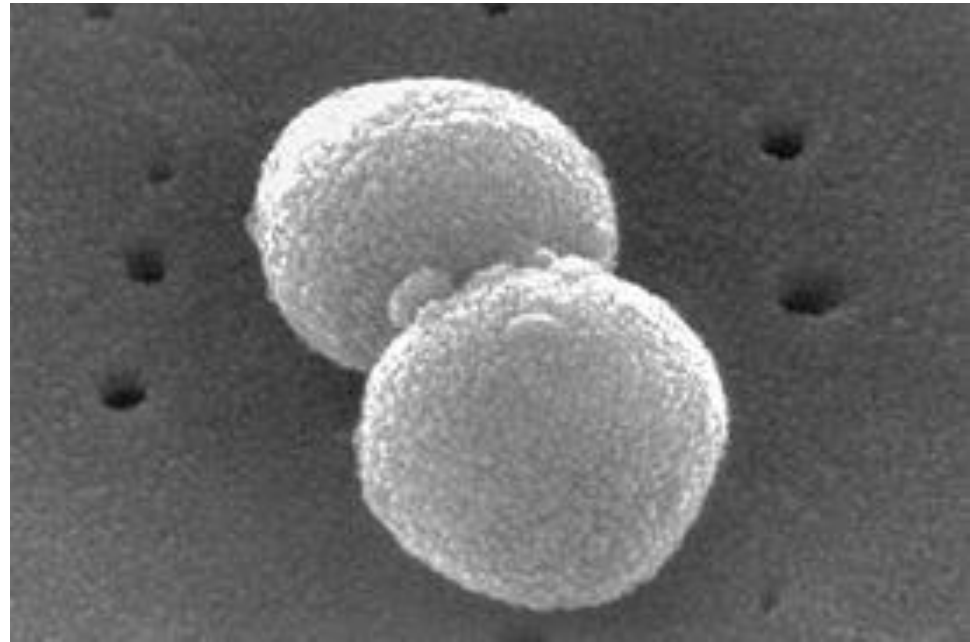
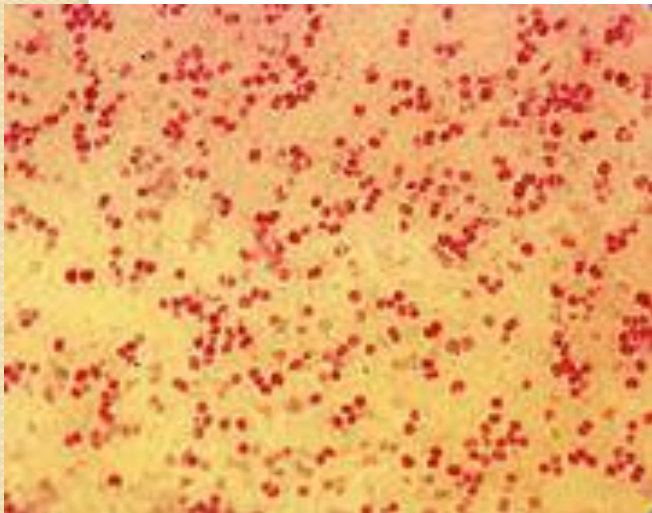
Вид – базовая категория



Номенклатура- название

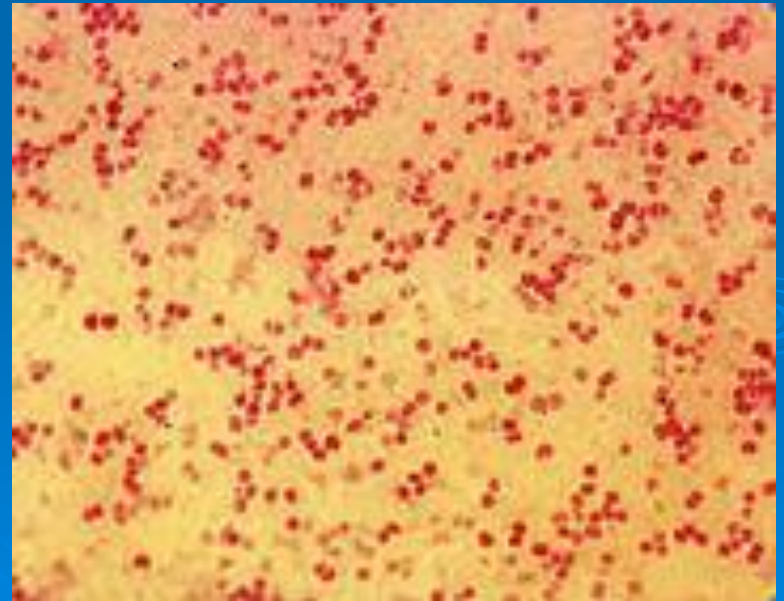
микроорганизмов в соответствии с международными правилами

Для обозначения видов бактерий используют бинарную латинскую номенклатуру род/вид (*Streptococcus pneumoniae*, *N. meningitidis*)



Вид – совокупность особей с одинаковым фенотипом, дающих потомство и обитающих в определенном ареале

Вид – совокупность микроорганизмов, имеющих общее эволюционное происхождение, близкий генотип (высокую степень генетической гомологии) и максимально близкие фенотипические характеристики



N. meningitidis

Различные механизмы изменчивости приводят к определенной нестабильности признаков с образованием подвида или варианта:

Серотипы - штаммы одного вида, различающиеся по антигенным характеристикам (сероварианты, серовары)

Фаготипы - по чувствительности к специфическим фагам

Хемовары - по биохимическим свойствам

Биовары - по биологическим свойствам

резистенсвары - по устойчивости к антибиотикам;
геновары - по строению части генома;
рибовары - совокупность бактерий внутри вида,
характеризующиеся одинаковым или близким
профилем фрагментов ДНК, которые образуются при
воздействии рестриктаз и выявляются методом
электрофореза;
патовар - штамм бактерий одного вида с отличающейся
вирулентностью

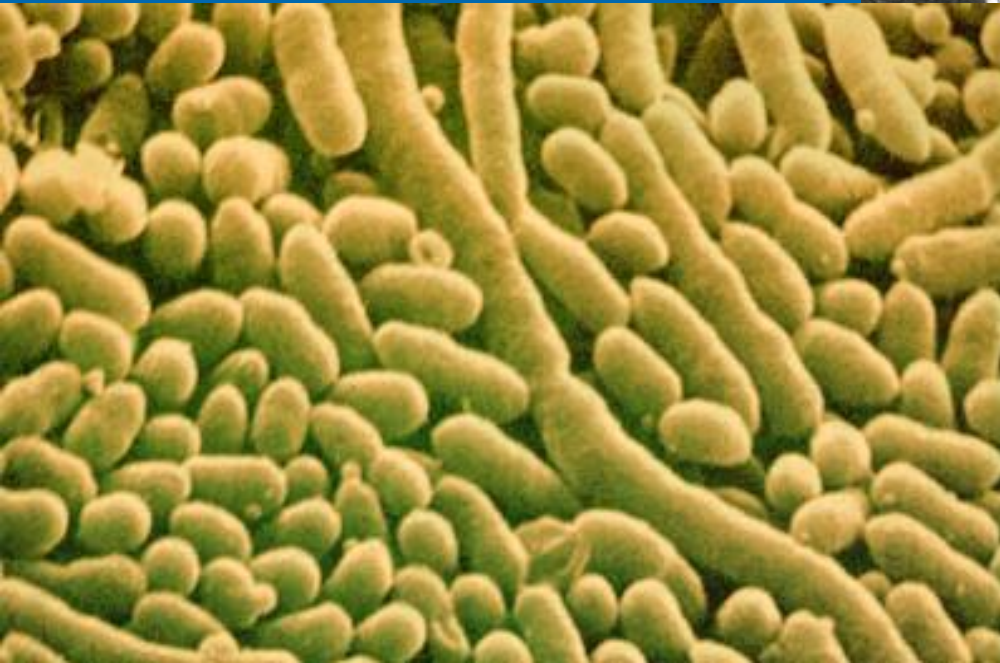
Штамм – особь одного вида,
выделенная из определенного
конкретного источника либо в разное
время



Клон – культура МКО, полученная из одной материнской клетки



Культура – результат размножения штамма, который сформировался в КОЛОНИЮ



Дэвид Берджи «Определитель бактерий Берджи» - предложил за основу для объединения бактерий в большие группы взять легко выявляемые их свойства

Все изменения научных названий МКО возможно решением соответствующих международных конгрессов и постоянных комитетов по номенклатуре

Мир микробов

Неклеточные формы	Клеточные формы			
Вирусы Вироиды Прионы	Домен Bacteria	Домен Archaea	Домен Eukarya	
	прокариоты		эукариоты	
	Бактерии Гр (-) Гр (+) микоплазмы	Архебактерии	Простейшие Царство Animalia Подцарство Protozoa	Грибы Царство Fungi

Критерии, отражающие особенности бактерий

1. Морфологические и тинкториальные свойства:

- величина
- форма
- агрегация
- капсула
- наличие эндоспор
- жгутиков
- пигментов
- тинкториальные свойства



2. Подвижность:

- скользящие бактерии (за счет волнообразных сокращений тела)
- плавающие бактерии (движение обеспечивают жгутики)



Treponema pallidum

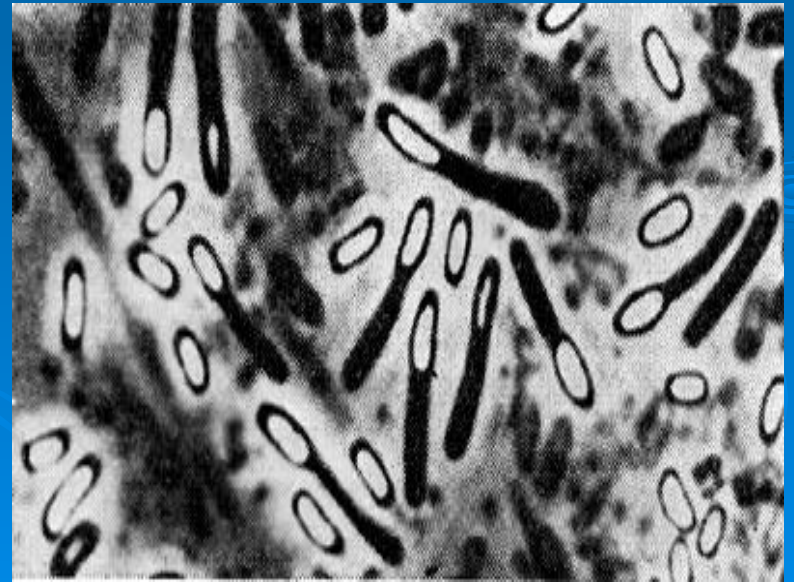
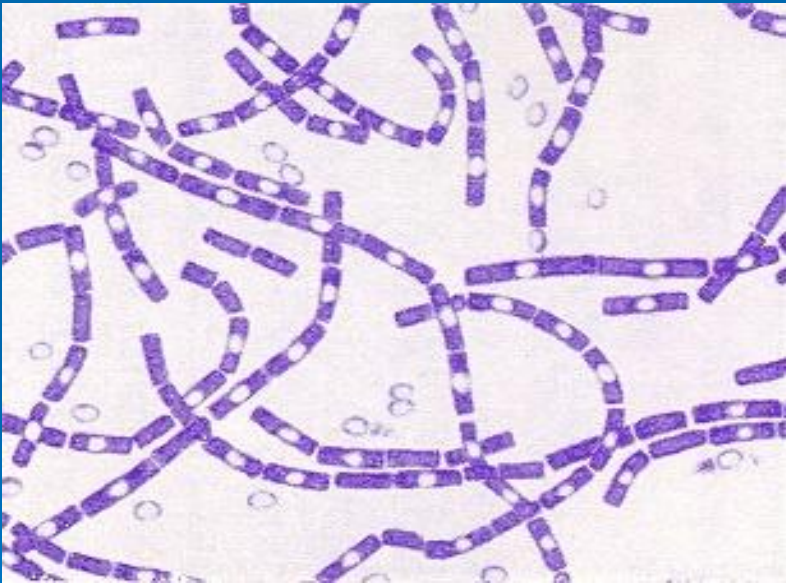


Vibrio cholerae

3. Способность к спорообразованию

- размеры

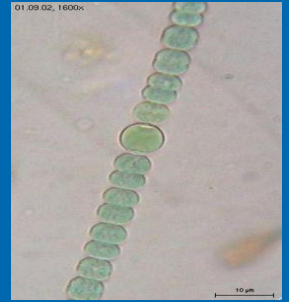
- их расположение в клетке



4. Физиологическая активность

(бактерии разделяются)

- по способу питания
- по типу получения энергии (дыхание, брожение, фотосинтез)
- по отношению к pH
- отношение к кислороду



Цианобактерии
Trichodesmium thiebautii
из Карибского моря.

Цианобактерия
Anabaena

- единственный организм, способный одновременно и к фотосинтезу, и к фиксации азота

Гетероцисты

The complex block contains text, a diagram, and two micrographs. The text at the top identifies the organism as *Anabaena* and notes its unique ability to perform both photosynthesis and nitrogen fixation. To the right is a diagram of a curved filament of *Anabaena* cells, with one cell highlighted in a different color and labeled as a heterocyst. Below the text are two micrographs: the left one shows a dense network of thin filaments, and the right one shows a close-up of a filament with a single heterocyst cell circled and labeled.

По типу дыхания

```
graph TD; A[По типу дыхания] --> B[Аэробы]; A --> C[Анаэробы]; A --> D[Факультативные бактерии];
```

Аэробы

(используют молекулярный O в качестве конечного акцептора электронов в процессе дыхания)

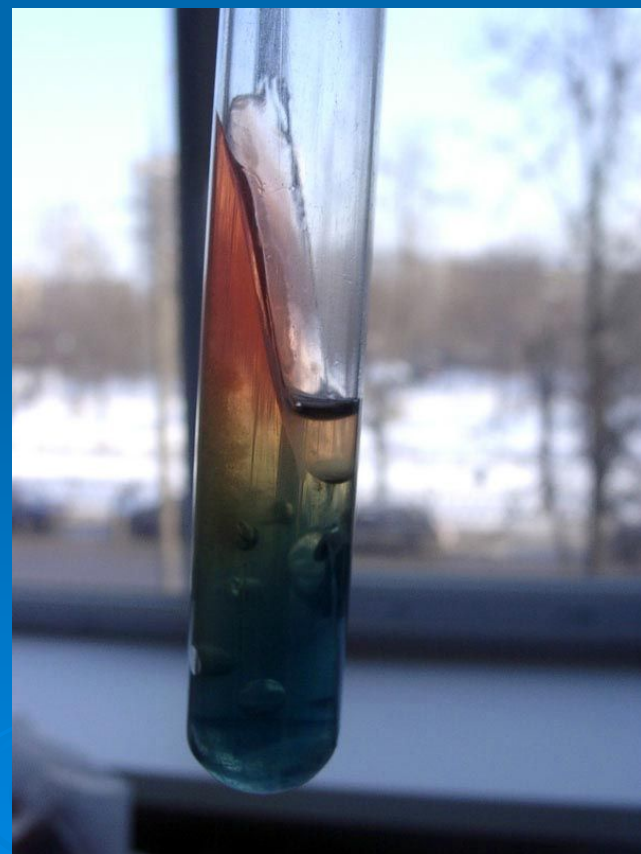
Анаэробы

(не утилизируют молекулярный O в качестве конечного акцептора e)

Факультативные бактерии

5. Биохимические свойства

- способность ферментировать углеводы
- образовывать различные продукты (индол, сероводород)
- гидролизовать белки

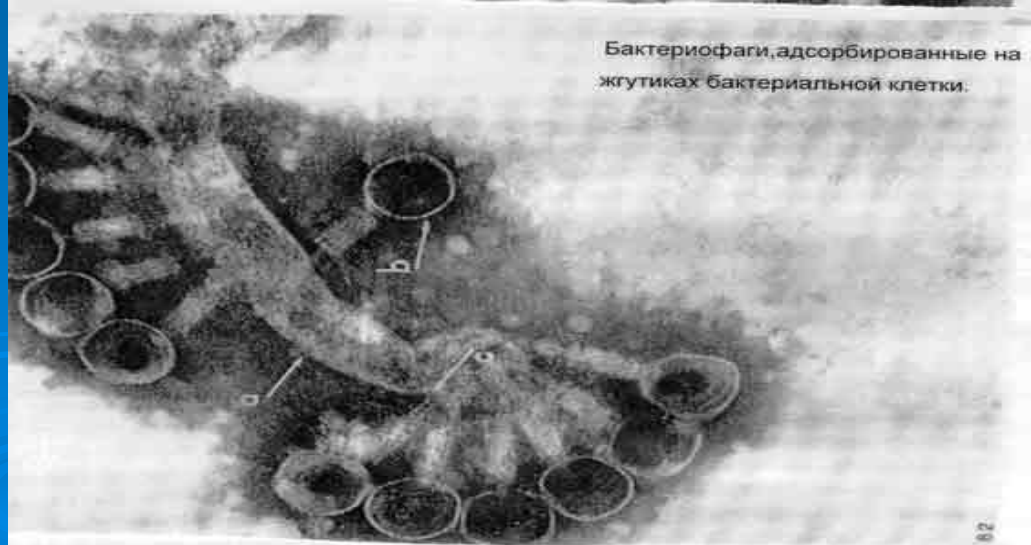


6. Антигенные свойства

- они специфичны, связаны с особенностями строения клеточных структур, распознаются специфическими антителами



7. Чувствительность к бактериофагам

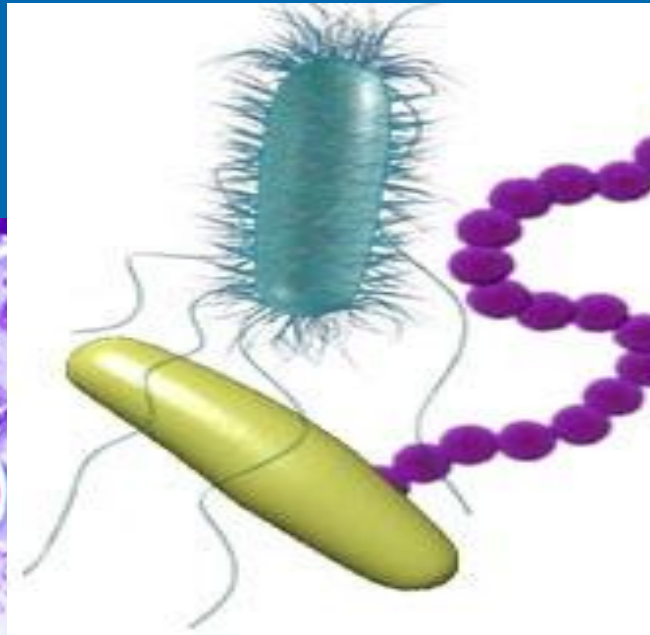
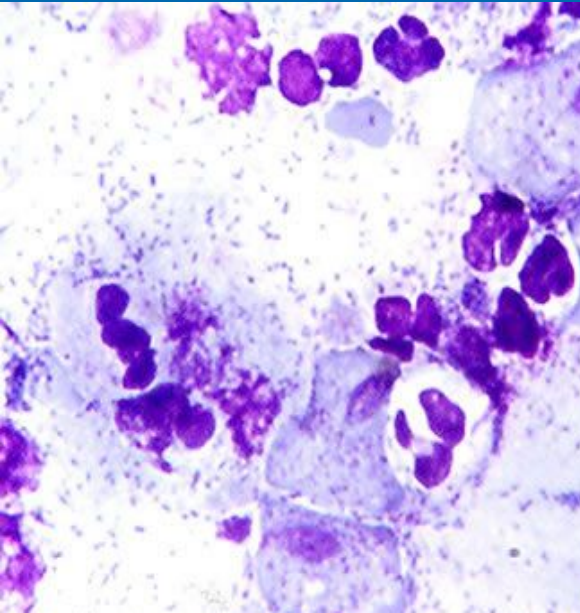


8. Химический состав (содержание и состав сахаров, липидов, аминокислот в клеточной стенке)

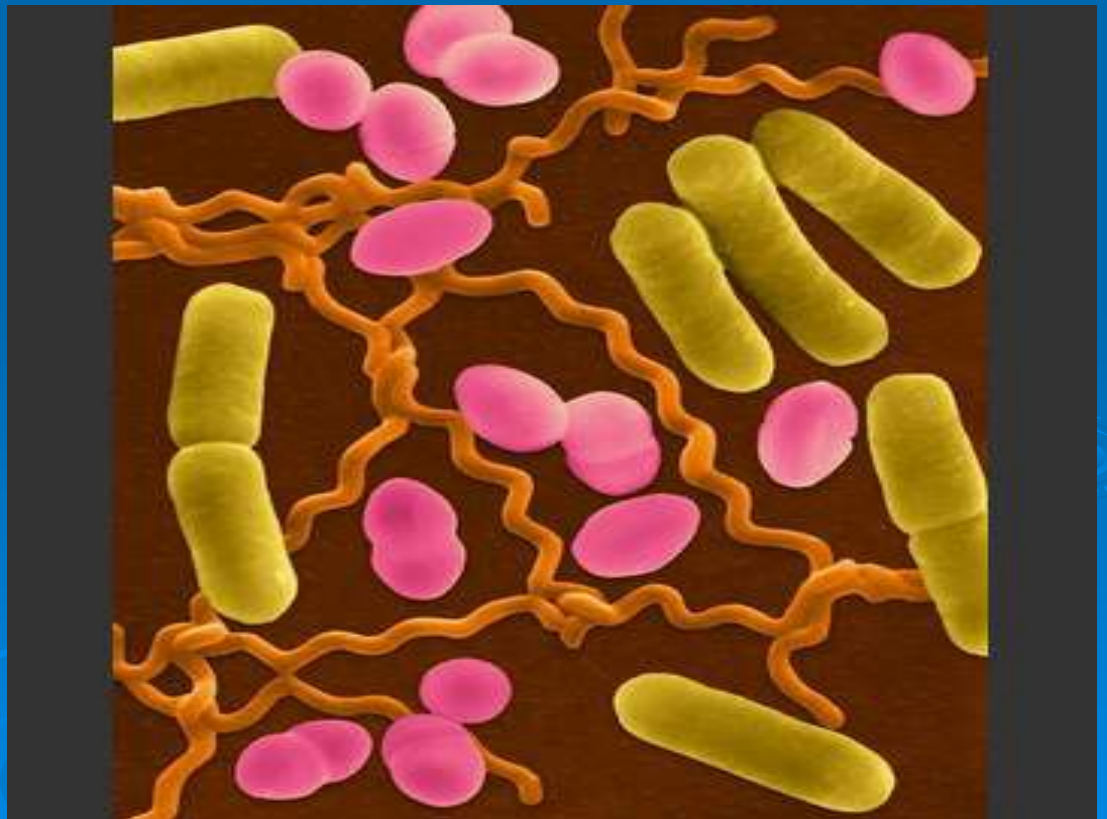
9. Генетическое родство

- возможность обмена генетической информацией
- состав оснований ДНК (отношение Г-Ц:А-Т)
- сходство нуклеиновых кислот
- установление сходства в их последовательности

Морфология – наука, изучающая взаимосвязь формы, величины, расположения в пространстве, по отношению друг к другу



- шаровидные бактерии
- палочковидные
- ИЗВИТЫЕ
- НИТЕВИДНЫЕ



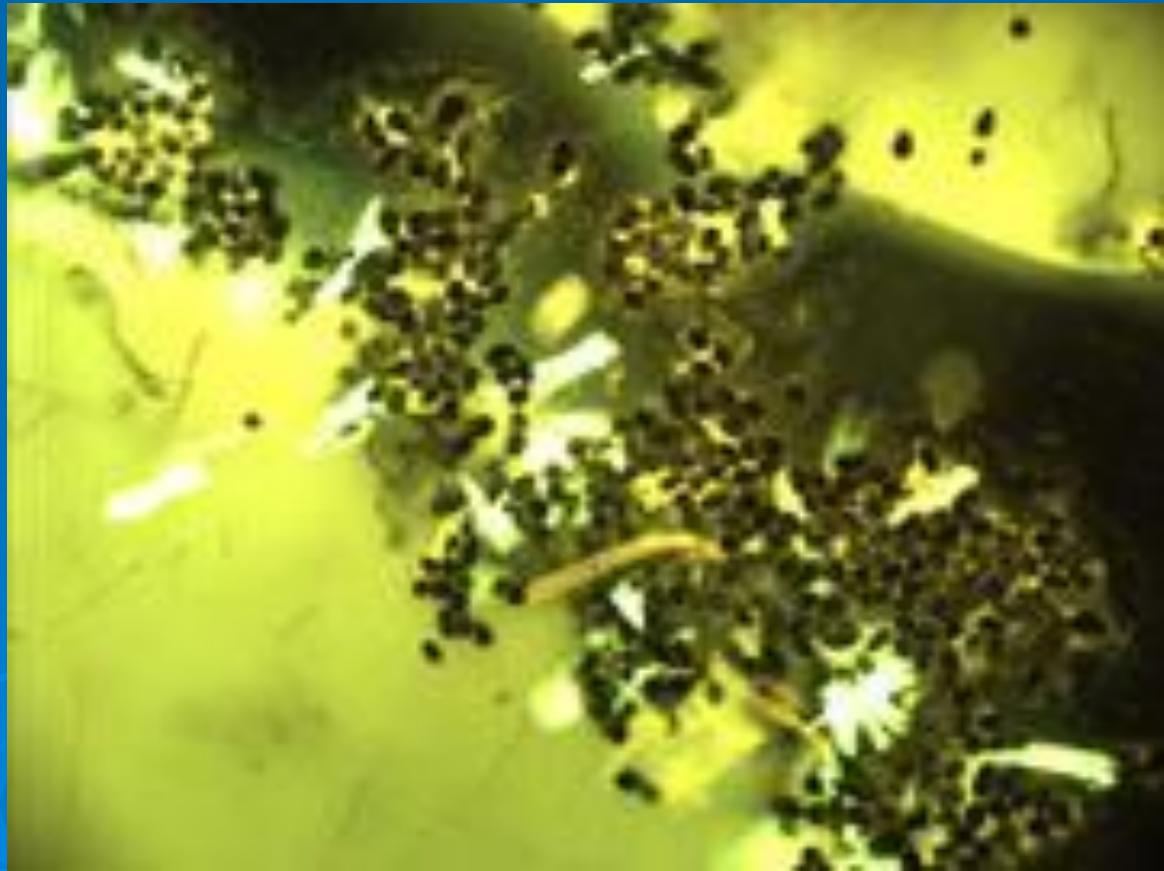
Шаровидные бактерии (кокки)

греч. kokkos – ягода

По характеру расположения клеток в мазках:

- микрококки

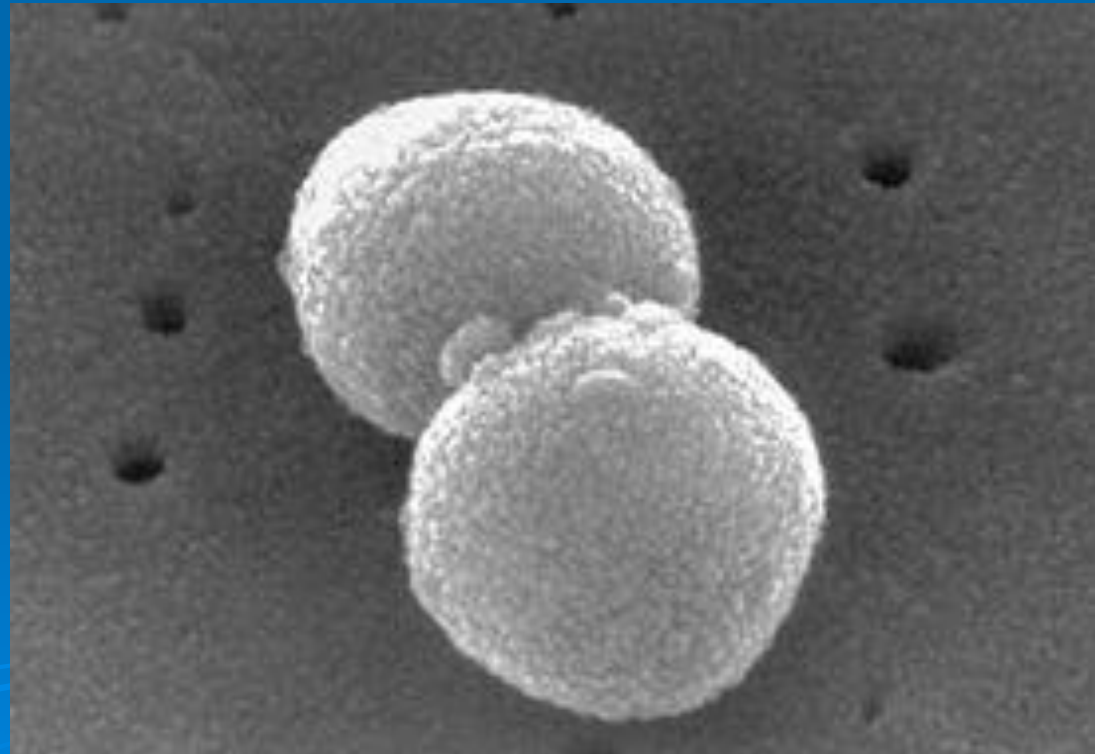
(делятся беспорядочно, располагаются в одной плоскости)



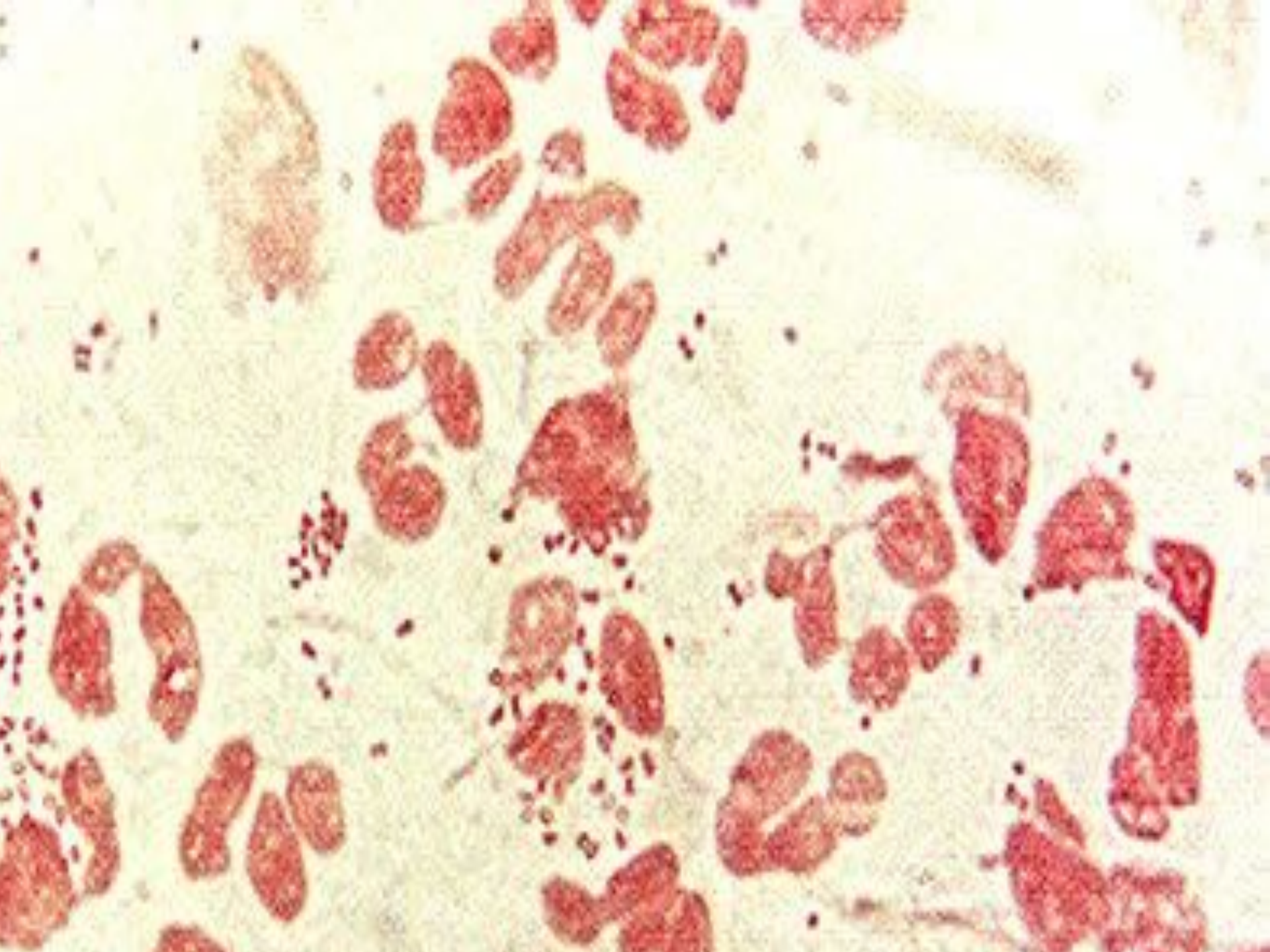
- **ДИПЛОКОККИ** (делятся в одной плоскости)

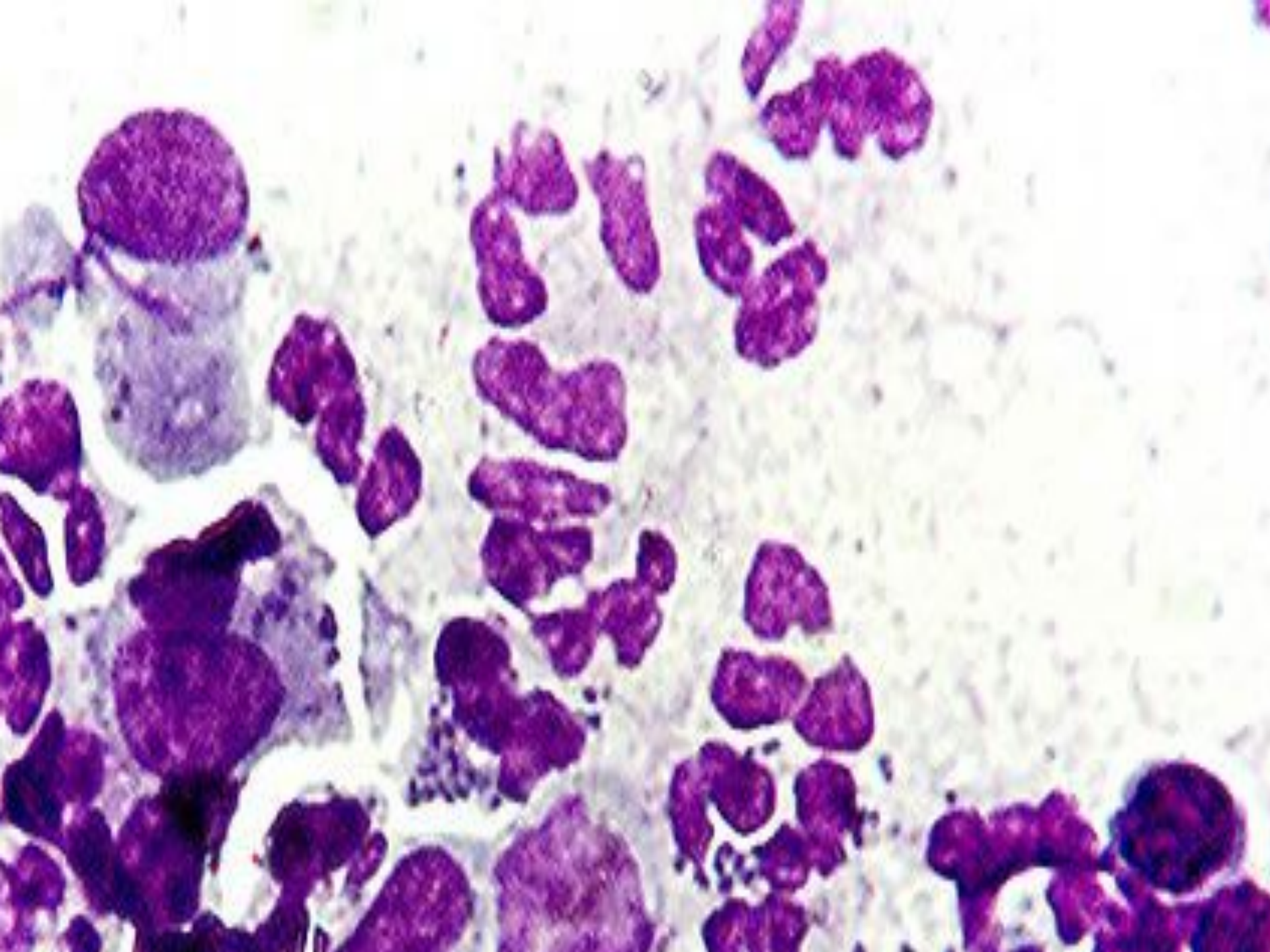


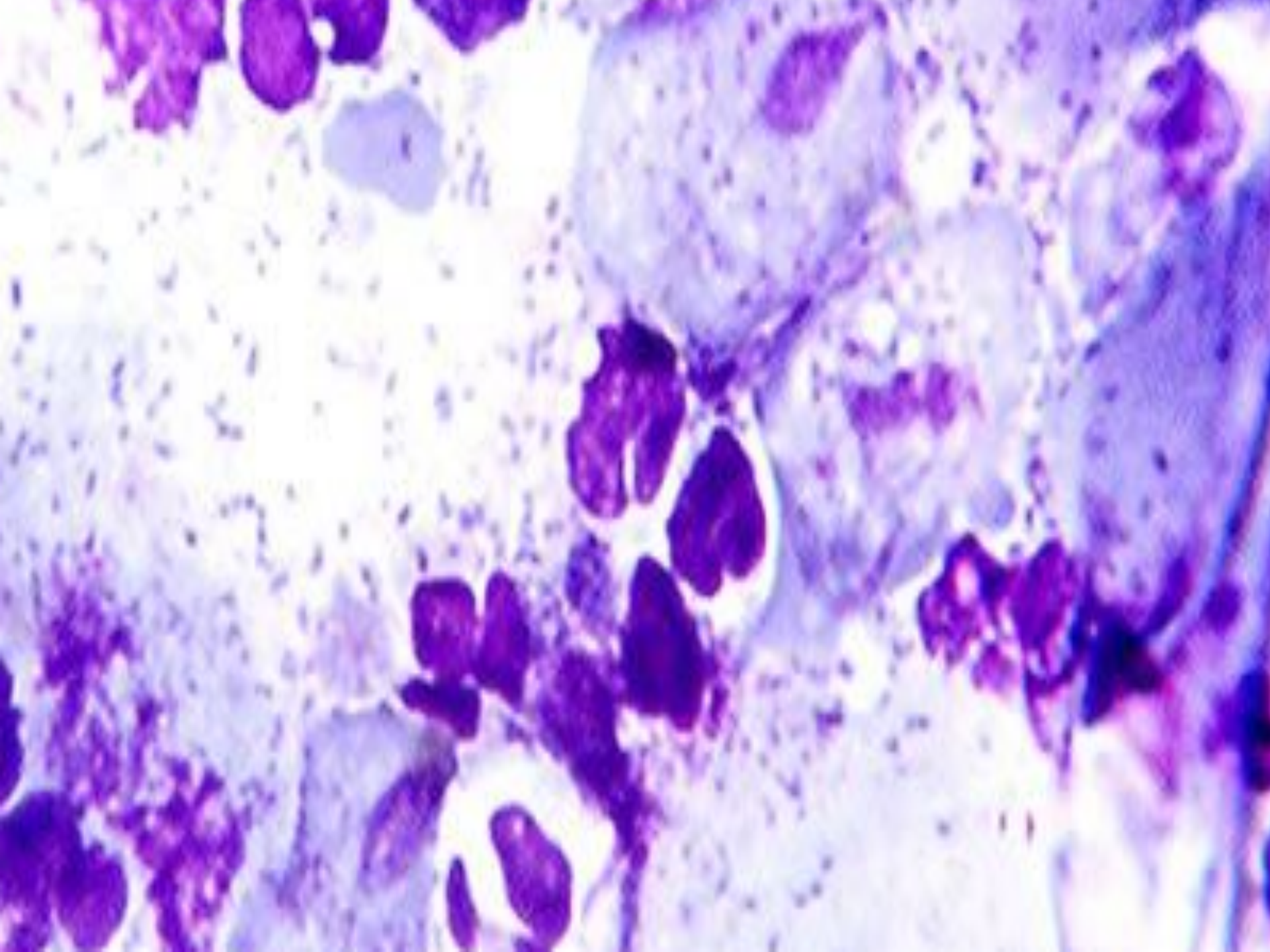
N. meningitidis



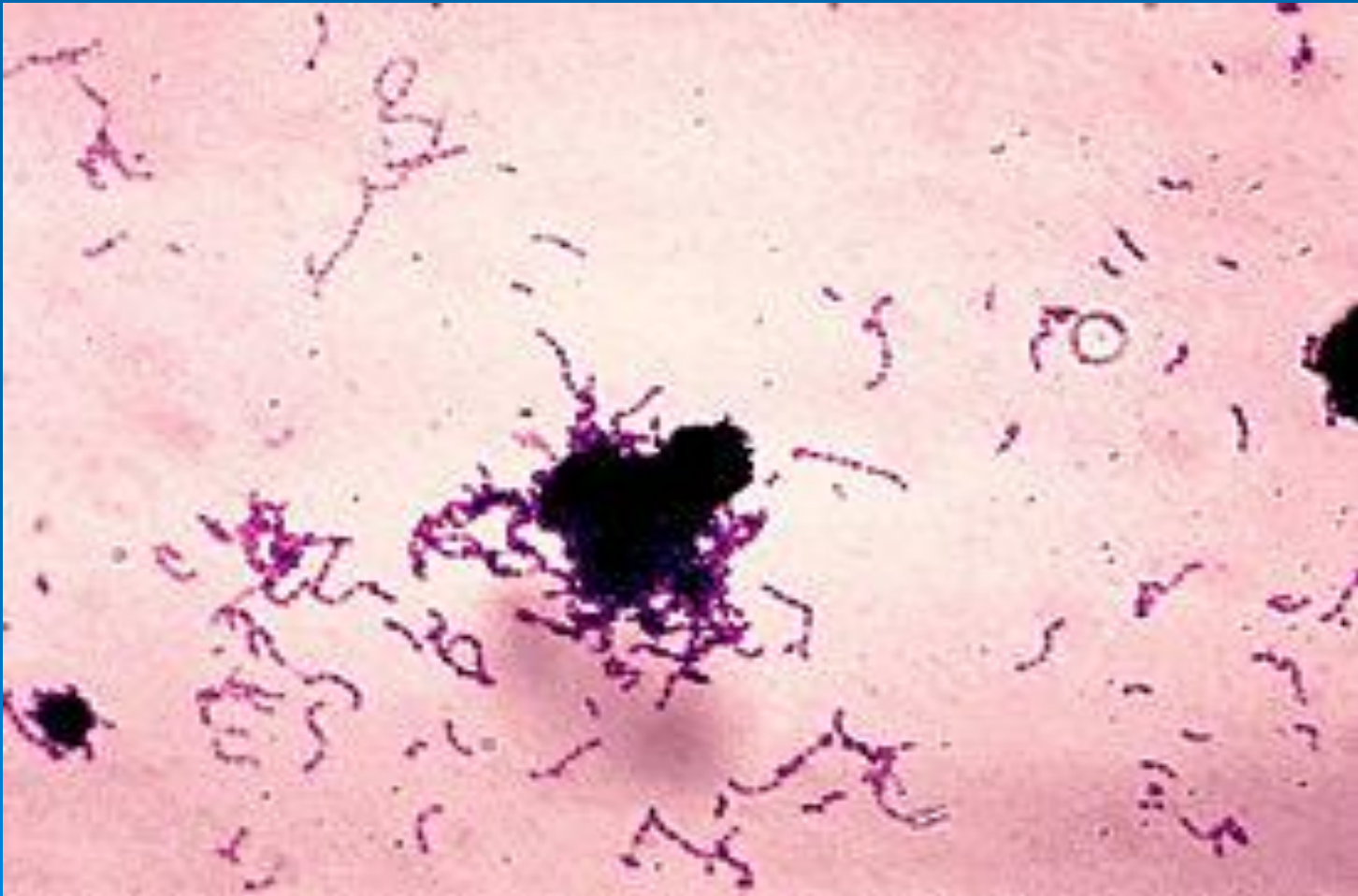
Streptococcus pneumoniae







- **СТРЕПТОКОККИИ** (делятся в одной плоскости, связь между клетками сохраняется)

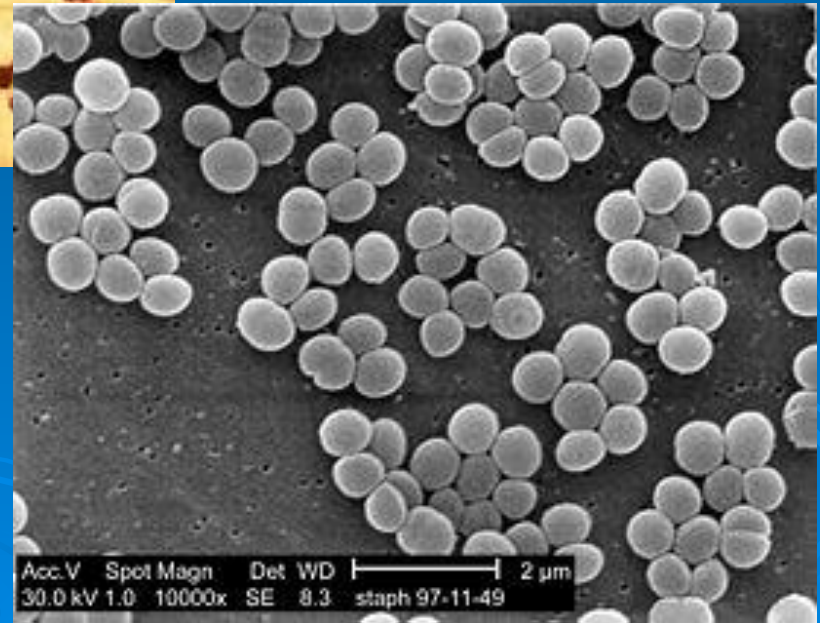
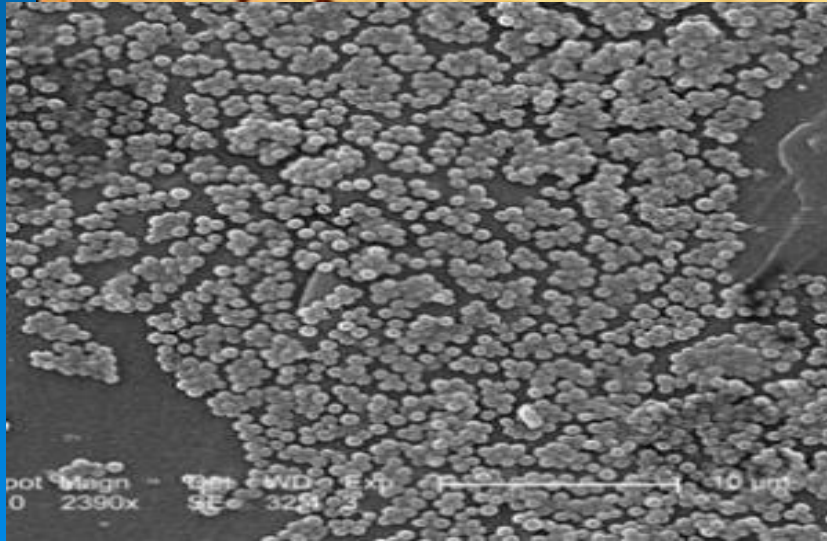
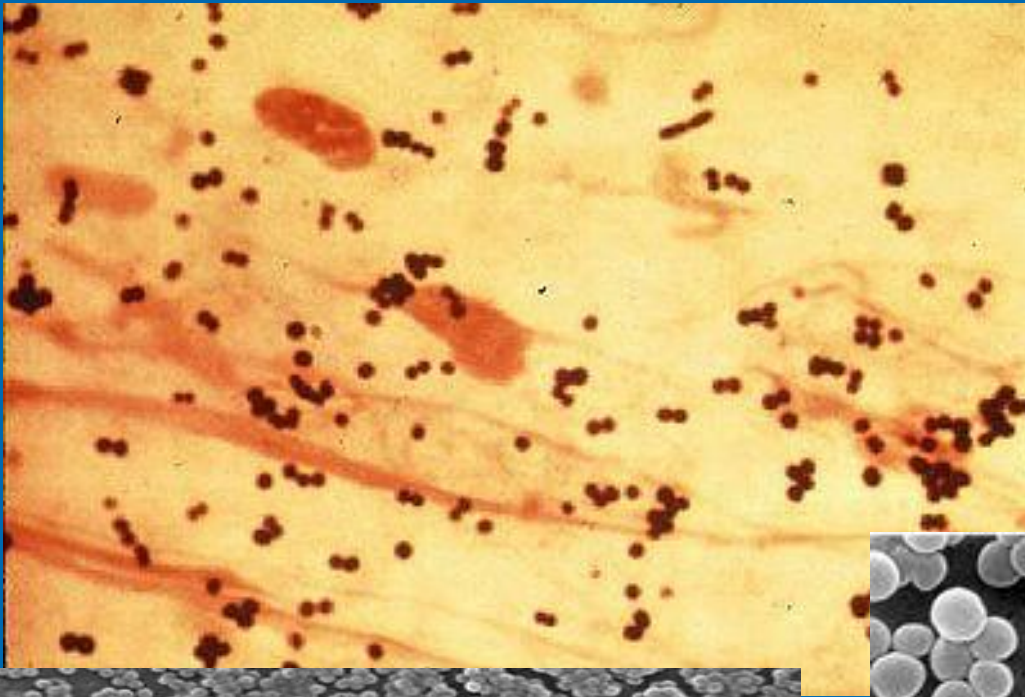


- **тетракокки** (делятся в двух перпендикулярных плоскостях)
- **сарцины** (делятся в трех перпендикулярных плоскостях, располагаются тучами 8 16 32)



Kineococcus

- стафилококки (делятся во всех плоскостях)



Палочковидные формы микроорганизмов:

- Бактерии - палочки, не образующие спор
- Бациллы - аэробные спорообразующие микробы
- Клостридии - анаэробные спорообразующие микробы

Спорообразующие
палочки

Бациллы
лат. bacillus -
палочка

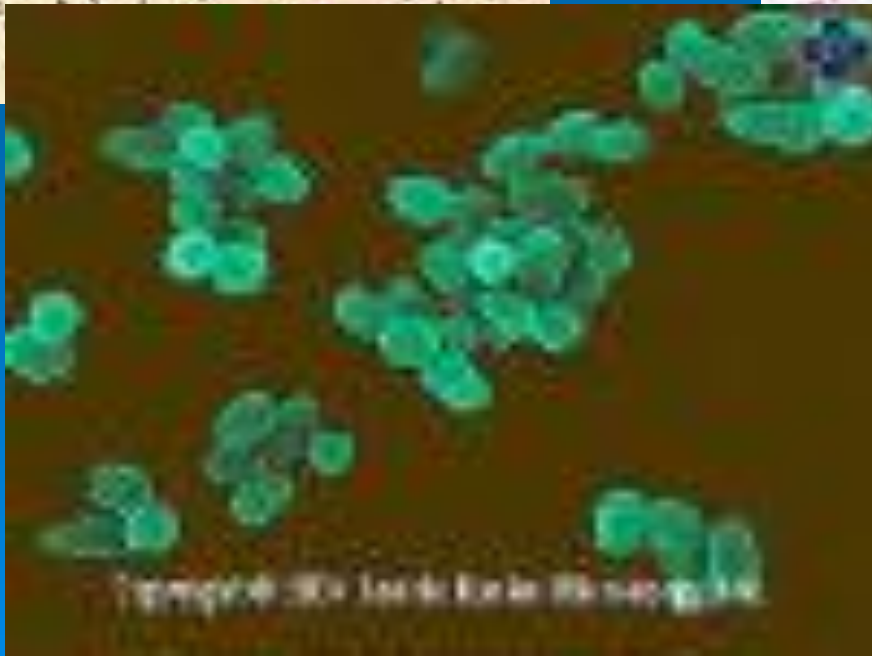
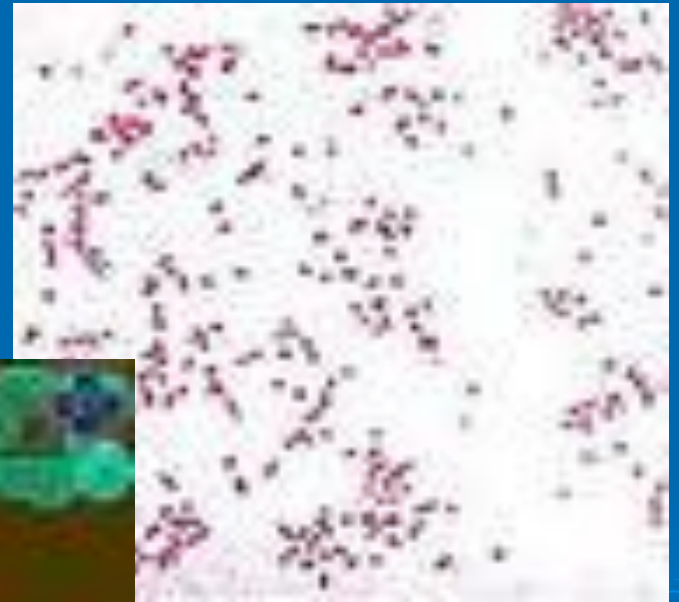
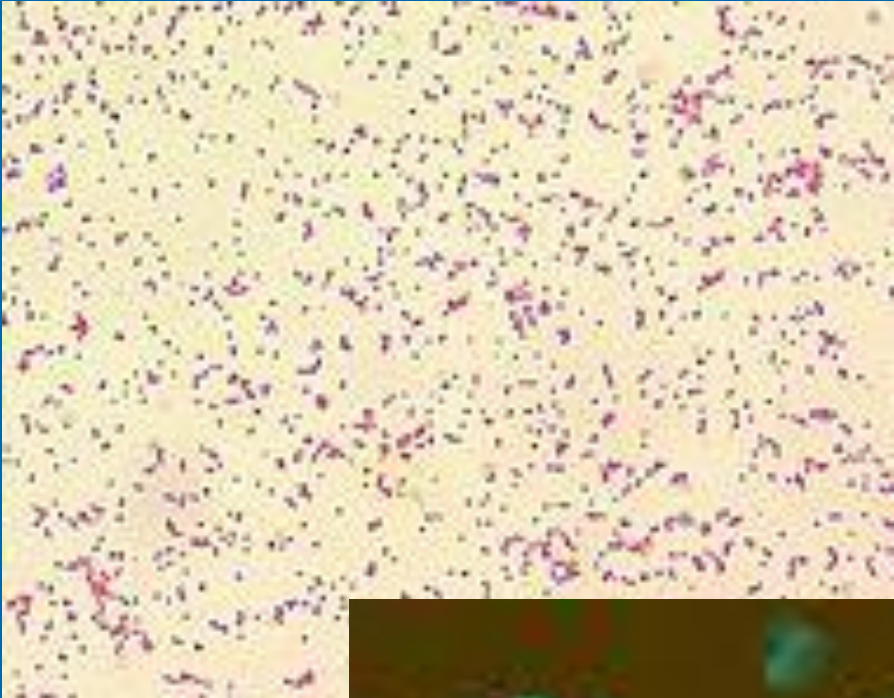
Клостридии
гр. kloster -
веретено

Палочковидные бактерии различают по:

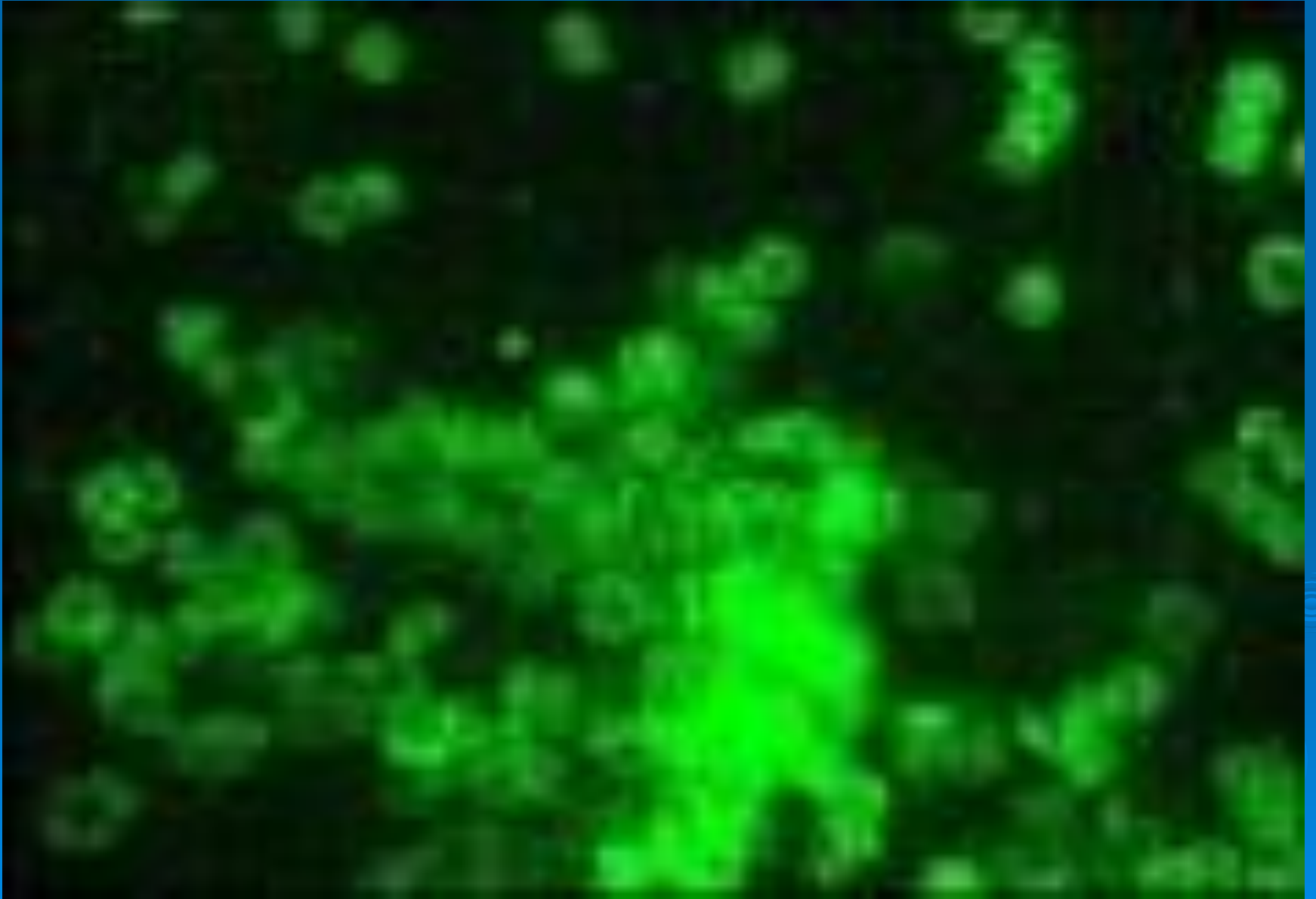
- размерам
- форме концов
- взаимному расположению

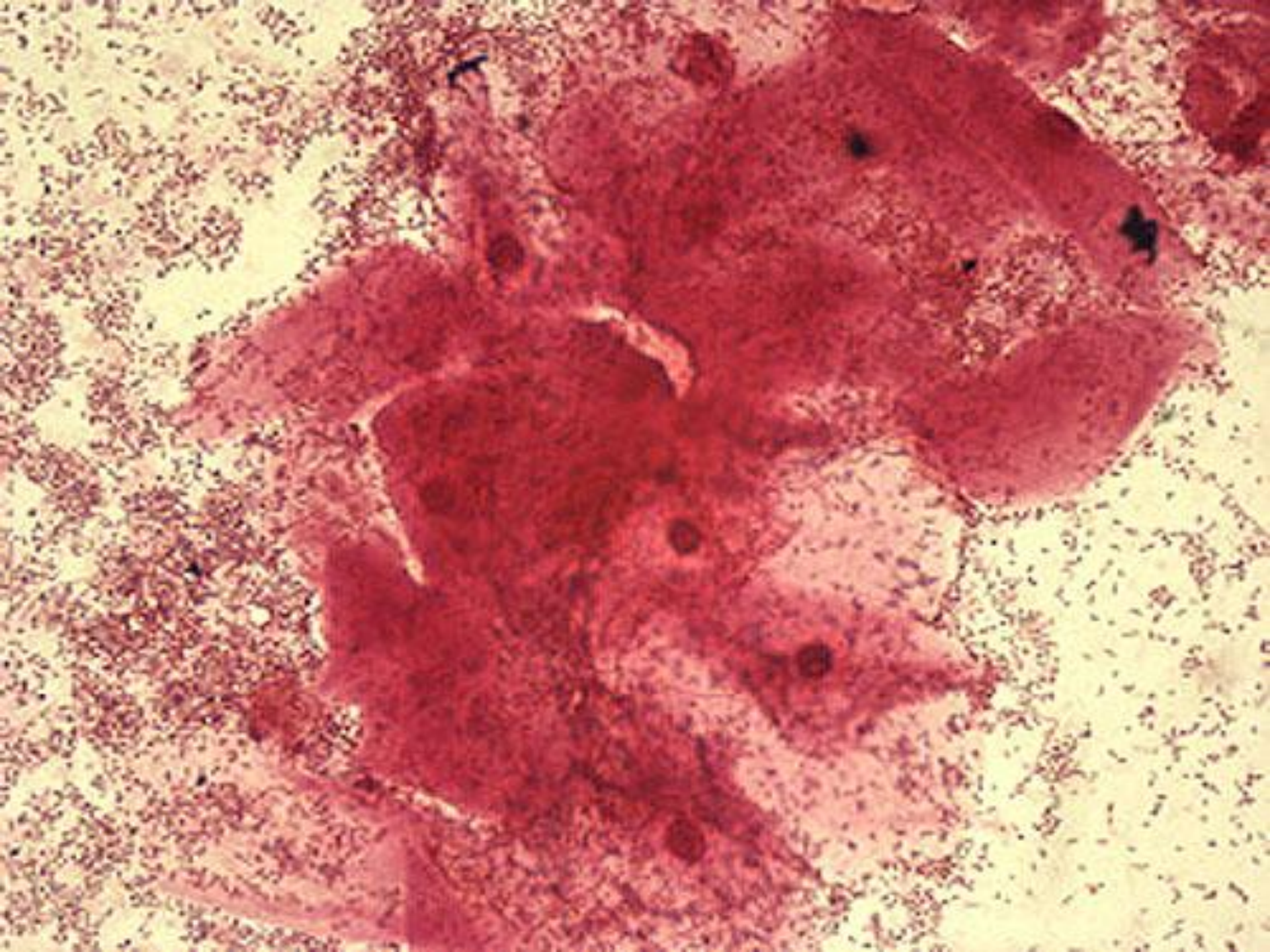


Brucella spp



Francisella tularensis (РИФ)





B. anthracis



C. perfringens

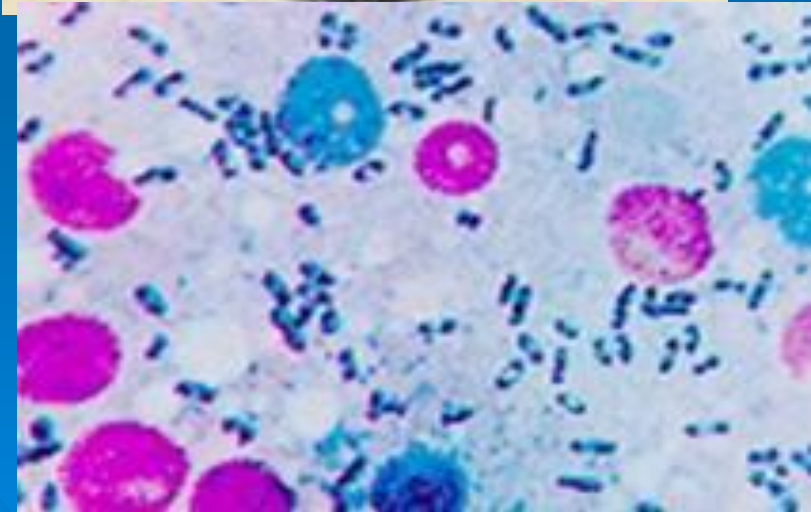
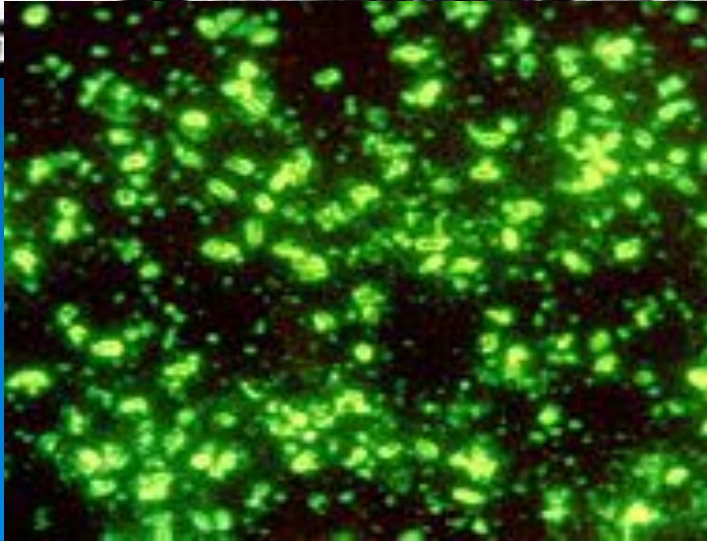
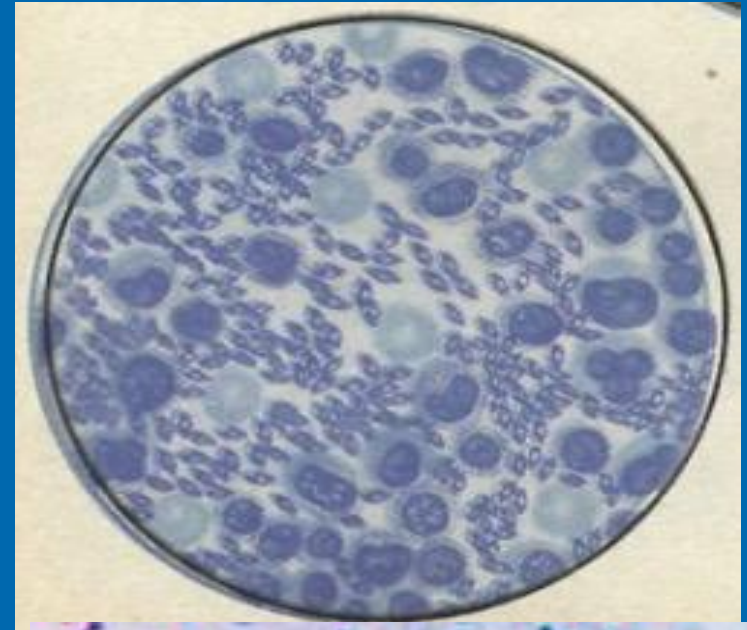
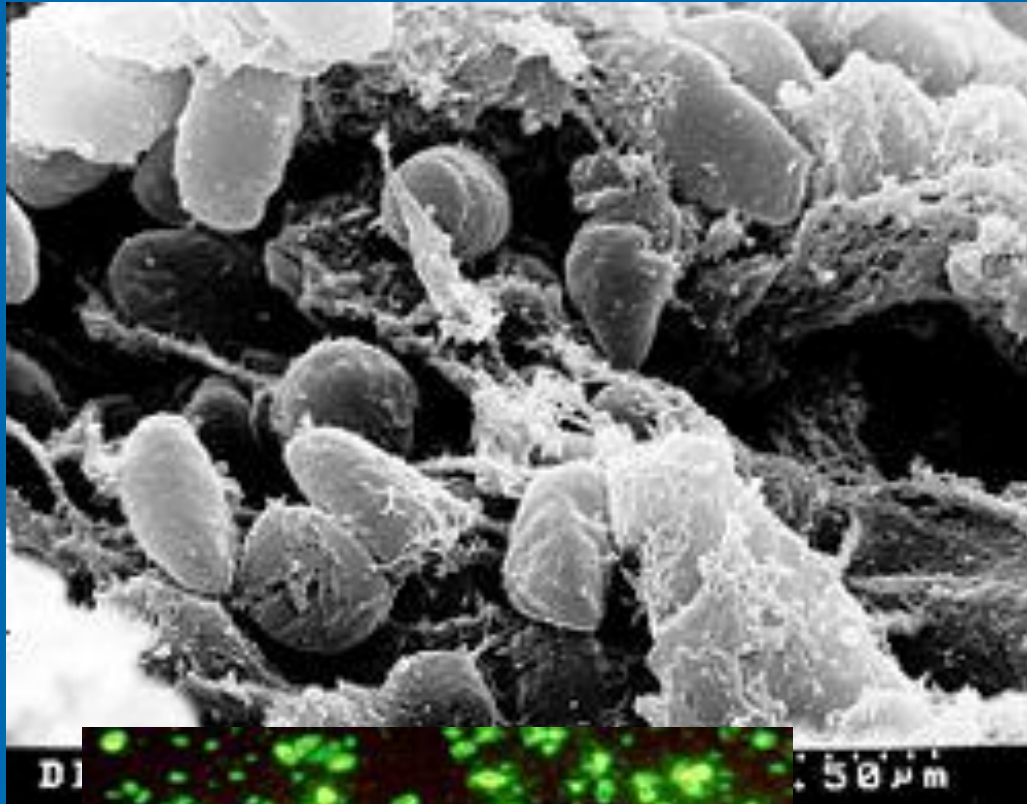


Legionella pneumophila



Lactobacterium acidophilum

Yersinia pestis scanning electron micrograph



Y. pseudotuberculosis

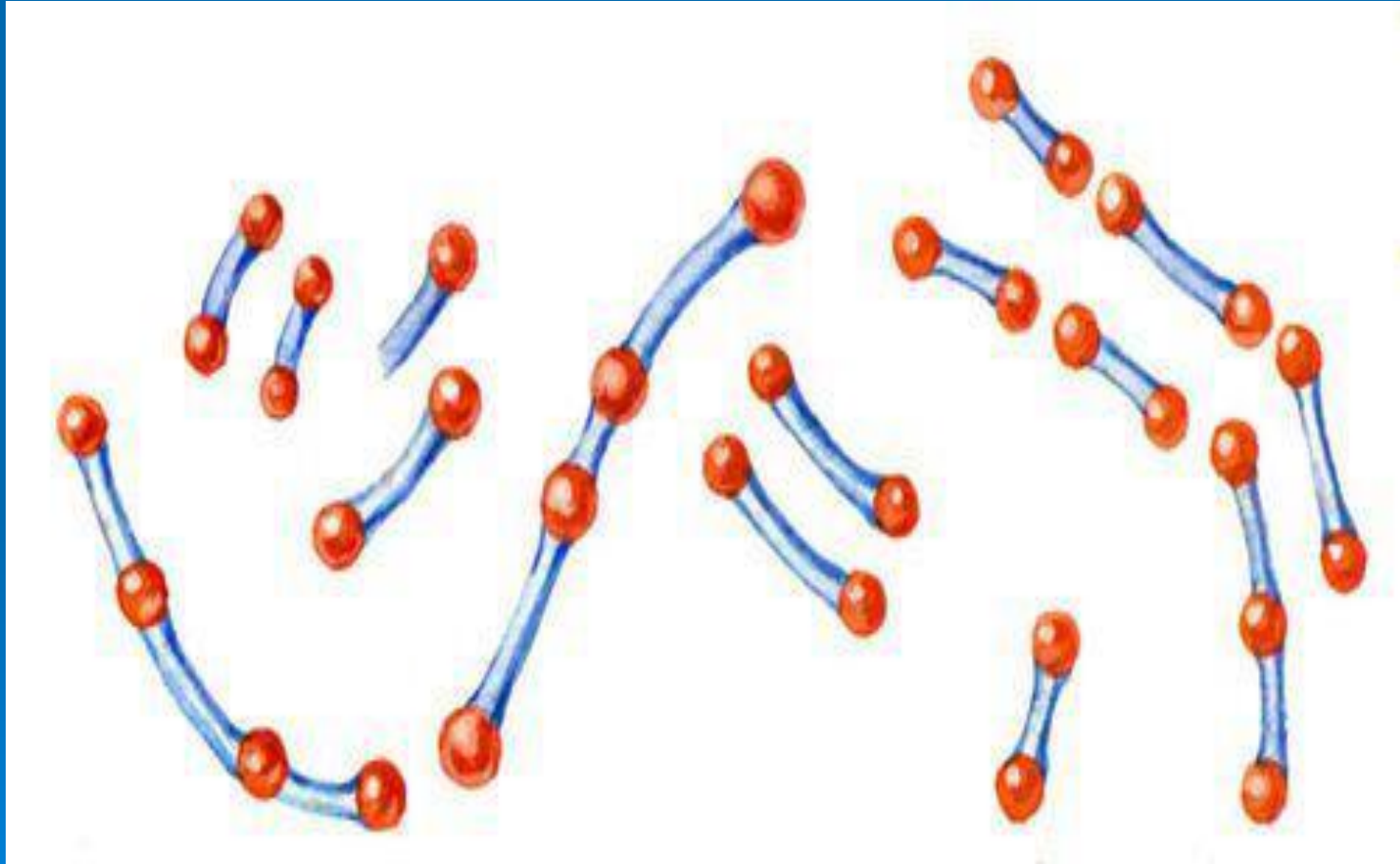
Mycobacterium tuberculosis in sputum



вибрион



Метахроматин в клетках возбудителя дифтерии.



Спорообразование - способ сохранения определенных видов бактерий в неблагоприятных условиях среды.

Эндоспоры - клетки с низкой метаболической активностью и высокой устойчивостью (резистентностью) к высушиванию, действию химических факторов, высокой температуры и других неблагоприятных факторов окружающей среды, образуются в цитоплазме

Высокая резистентность связана с большим содержанием кальциевой соли дипиколиновой кислоты в оболочке спор.

Расположение и размеры спор у различных микроорганизмов отличаются, что имеет дифференциально-диагностическое (таксономическое) значение

Основные фазы жизненного цикла спор –

а) споруляция:

- подготовительная стадия,
- стадия предспоры,
- образования оболочки,
- созревания
- покоя

б) прорастание, заканчивающееся образованием вегетативной формы.

Процесс спорообразования генетически обусловлен.

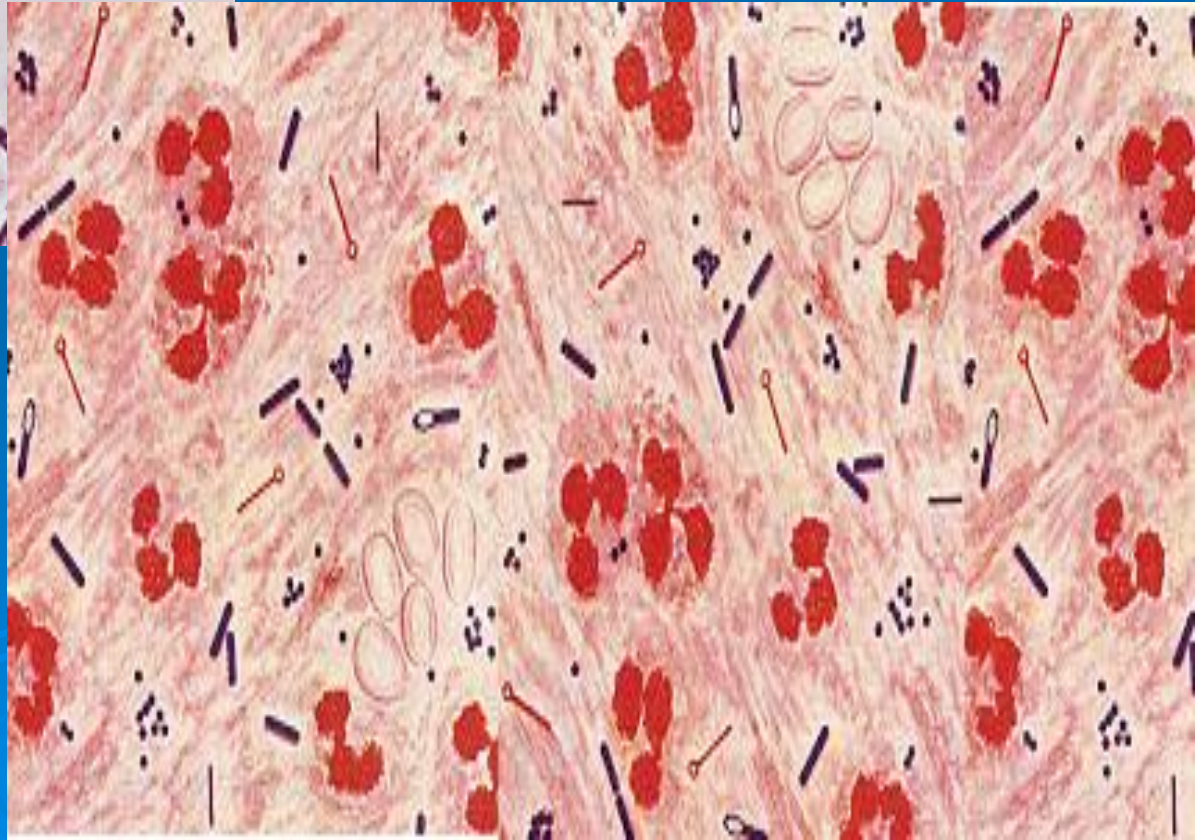
МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ СПОР - окраска по

Ожешко.

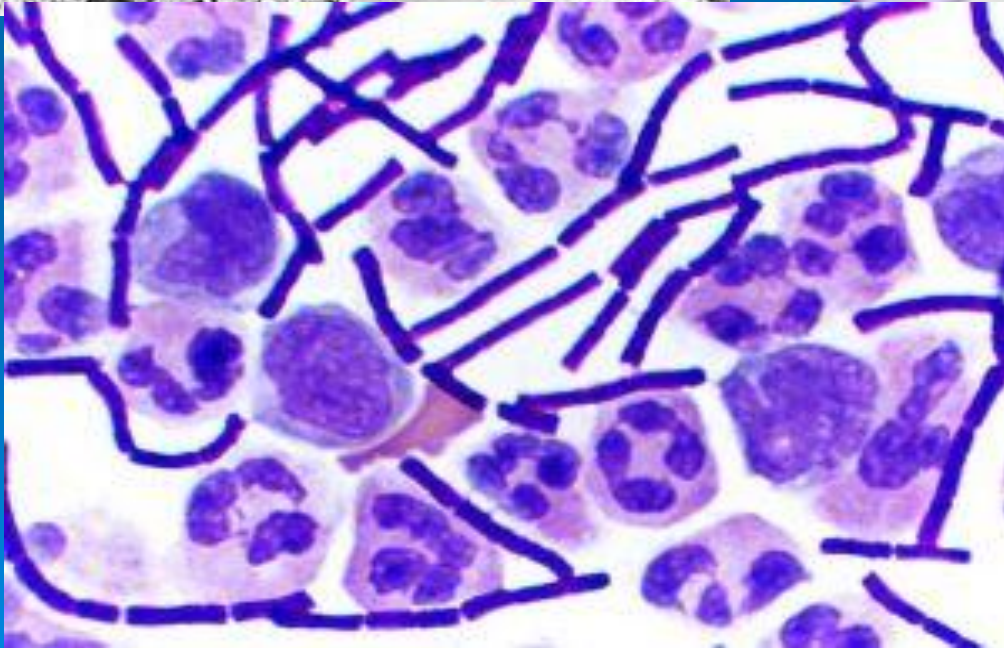
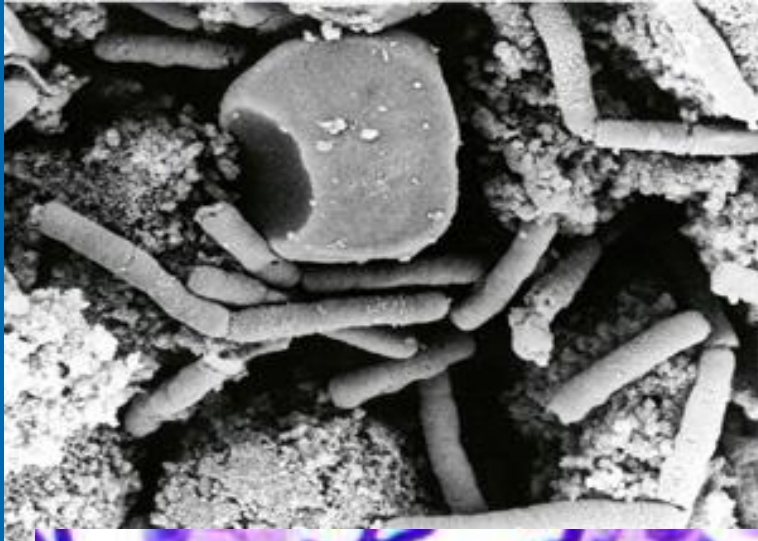


Рис. 3.11. Электронограмма ультратонкого среза столбнячной палочки (*Clostridium tetani*) в вегетативной клетке бактерии формируется терминальная спора с многослойной

Clostridium tetani



B. Antracis – возбудитель сибирской язвы



B. anthracis в спинномозговой
жидкости- Г⁺

Извитые формы микроорганизмов:

- **Спириллы**- имеют 2- 3 завитка

(вид штопорообразных извитых клеток – *Campylobacter*, *Helicobacter*)

- **Спирохеты**- имеют различное число завитков, **аксостиль** (*Treponema*, *Leptospira*, *Borrelia*)

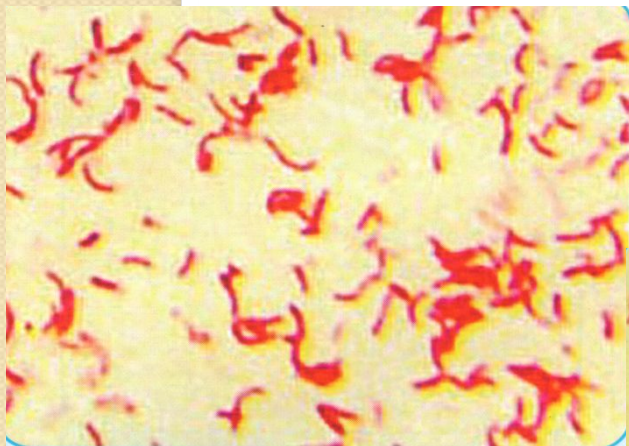


Рис. 3.108. Мазок из чистой культуры *H. pylori*. Окраска по Граму.

Фото: Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии: Учебное пособие для студентов медицинских вузов /Под ред. А.А. Воробьева, А.С. Быков



Рис. 3.107. Мазок из чистой культуры *C. jejuni*. Окраска по Граму.

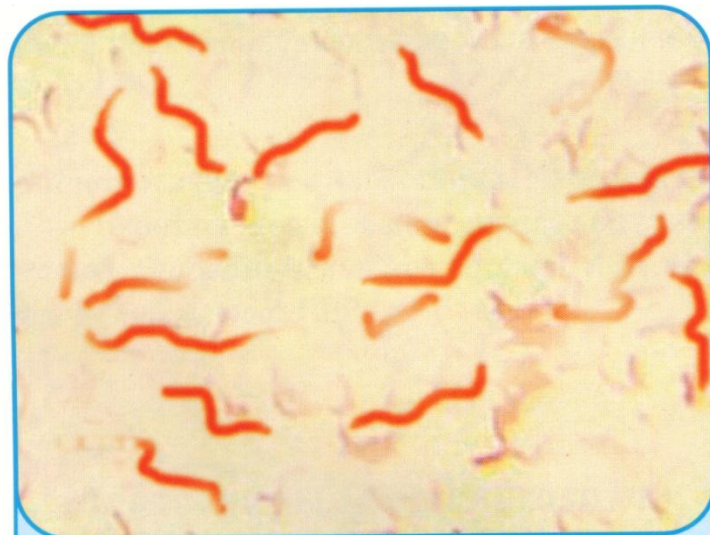


Рис. 3.109. Мазок чистой культуры *Spirillum* sp. Окраска по Граму. *Spirillum minus* — штопорообразно извитые грамотрицательные бактерии, имеющие 2–3 завитка размером (0,2 x 3–5 мкм). Спор и капсул не образуют. Подвижны (один или несколько жгутиков на каждом из полюсов). Микроаэрофилы

спирохеты



Рис. 3.102. *T. pallidum* в темном поле

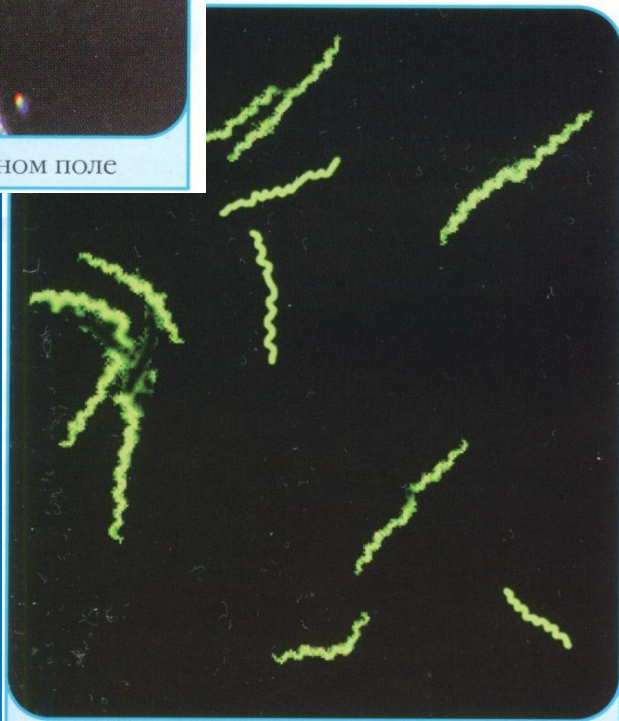


Рис. 3.103. Реакция иммунофлюоресценции



Рис. 3.101. Рисунок препарата *Treponema pallidum* в мазке из твердого шанкра. Импрегнация спирохет серебром

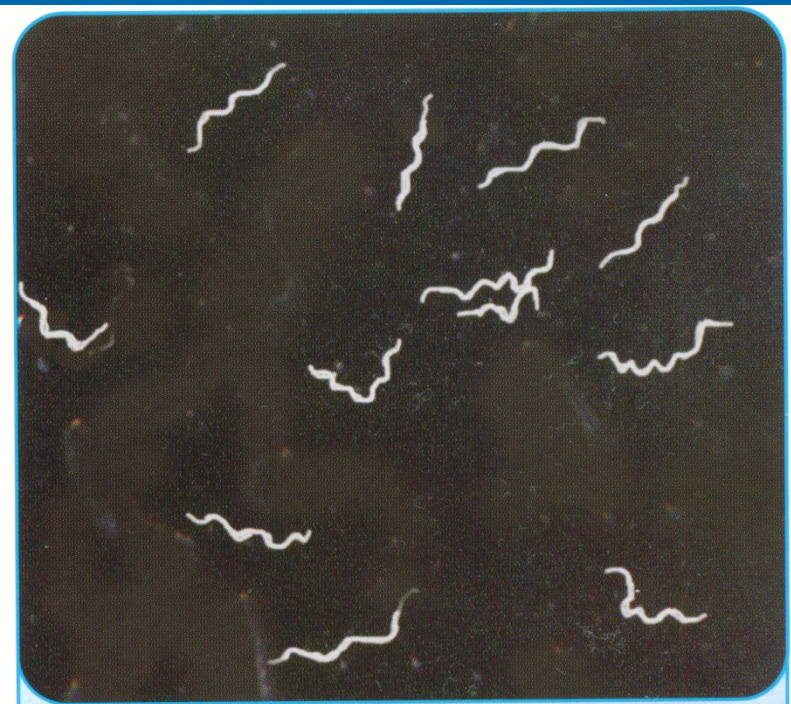


Рис. 3.105. Боррелии в темном поле

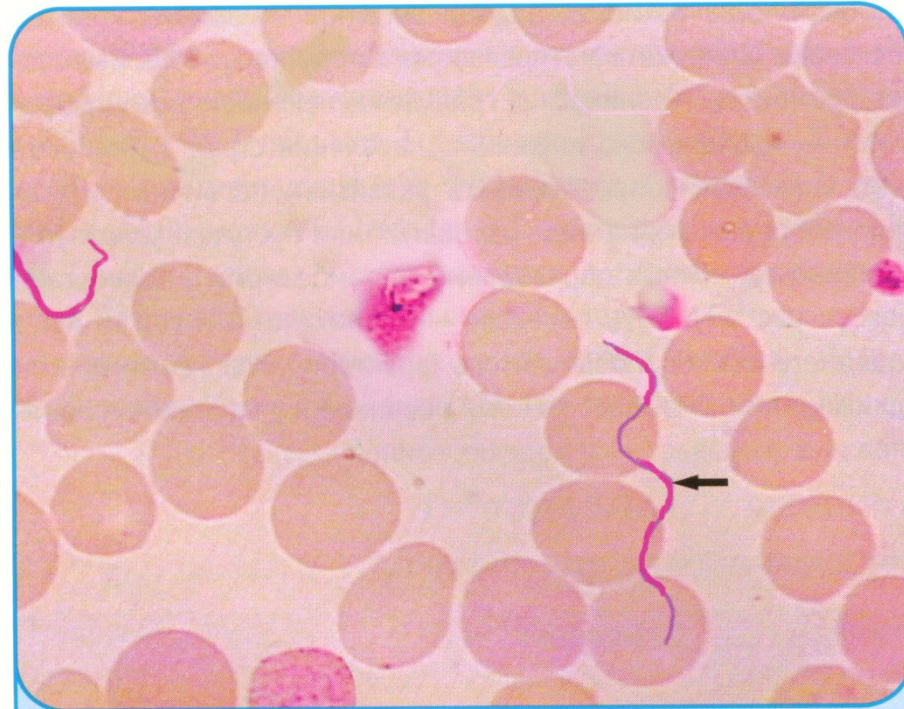
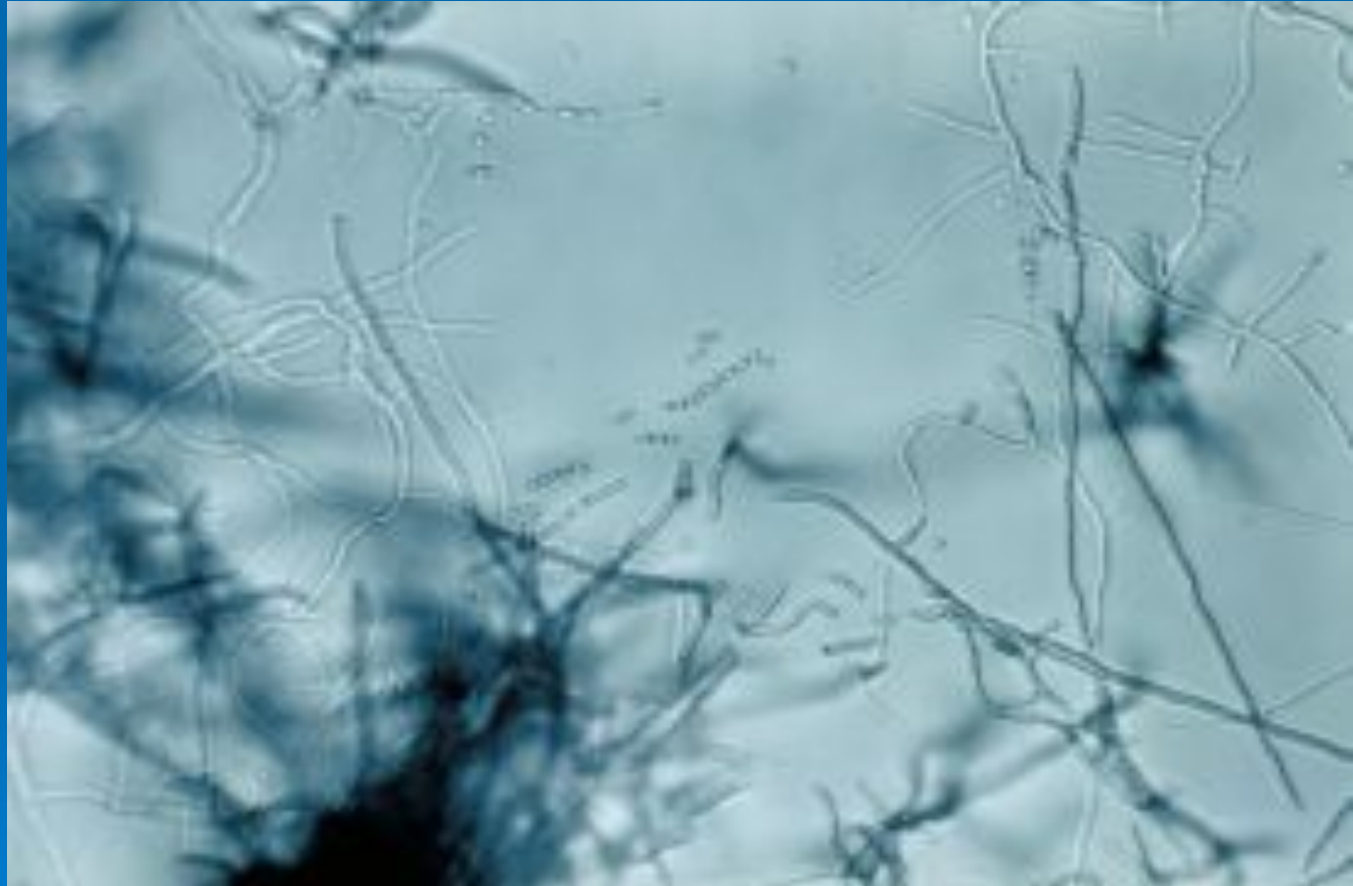


Рис. 3.104. Боррелия в мазке из крови больного возвратным тифом. Окраска по Романовскому—Гимзе



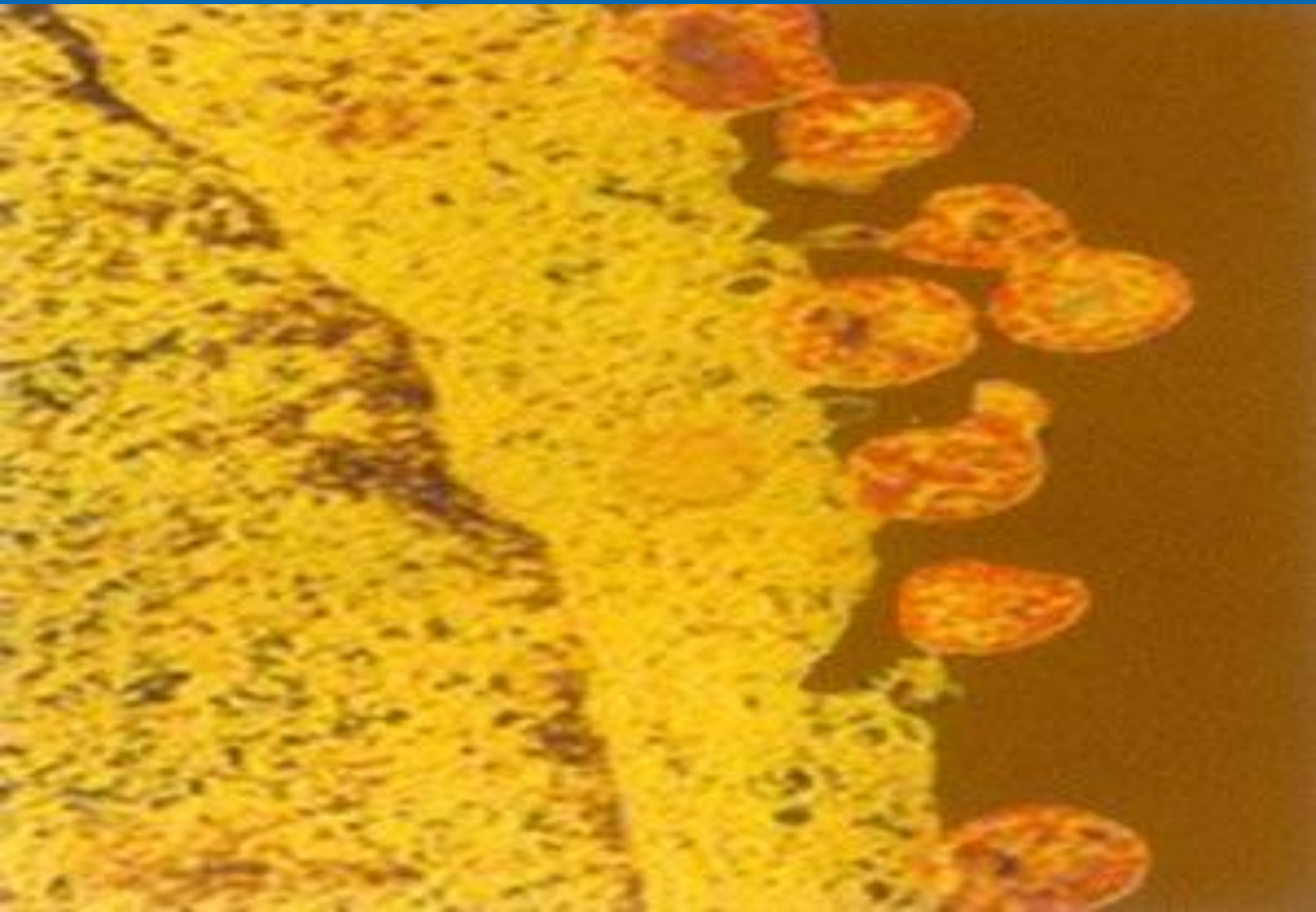
Рис. 3.106. Лептоспира в темном поле

Бактерии, имеющие другую форму



Streptomyces spp./ Актиномицеты

Микоплазма



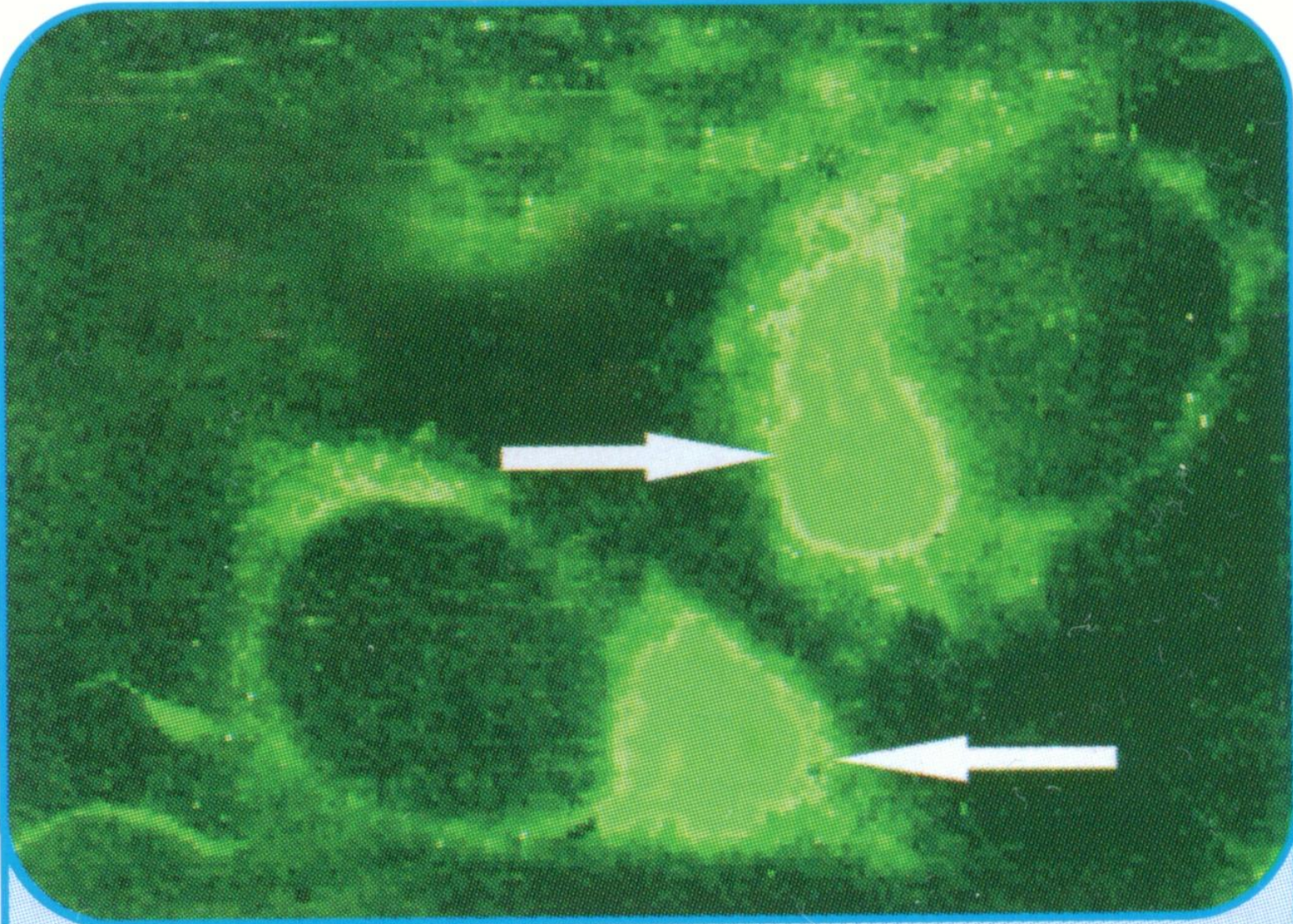
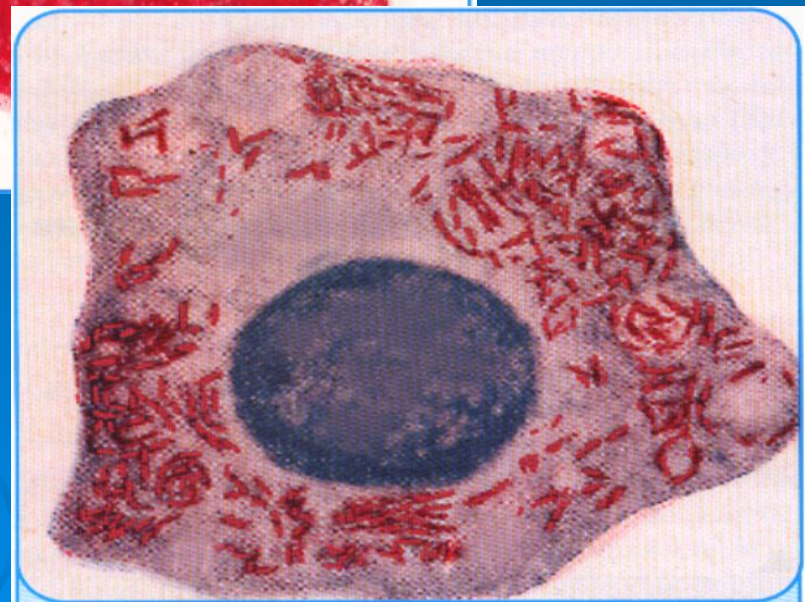
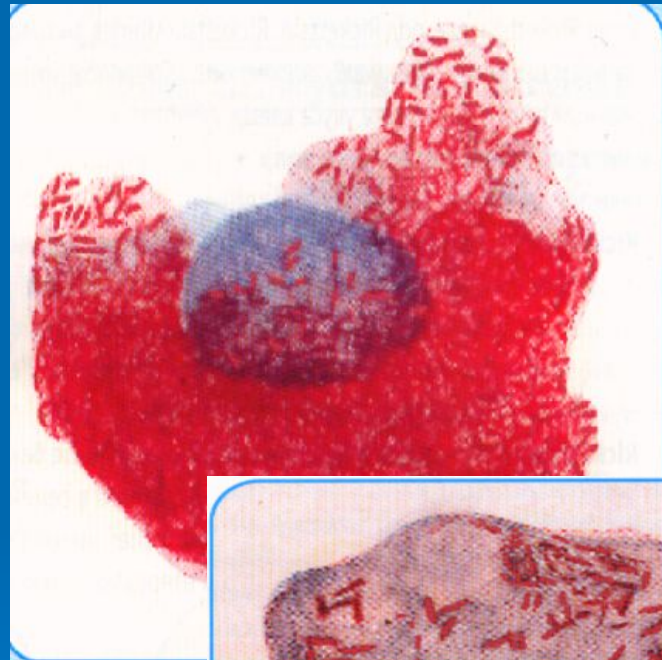
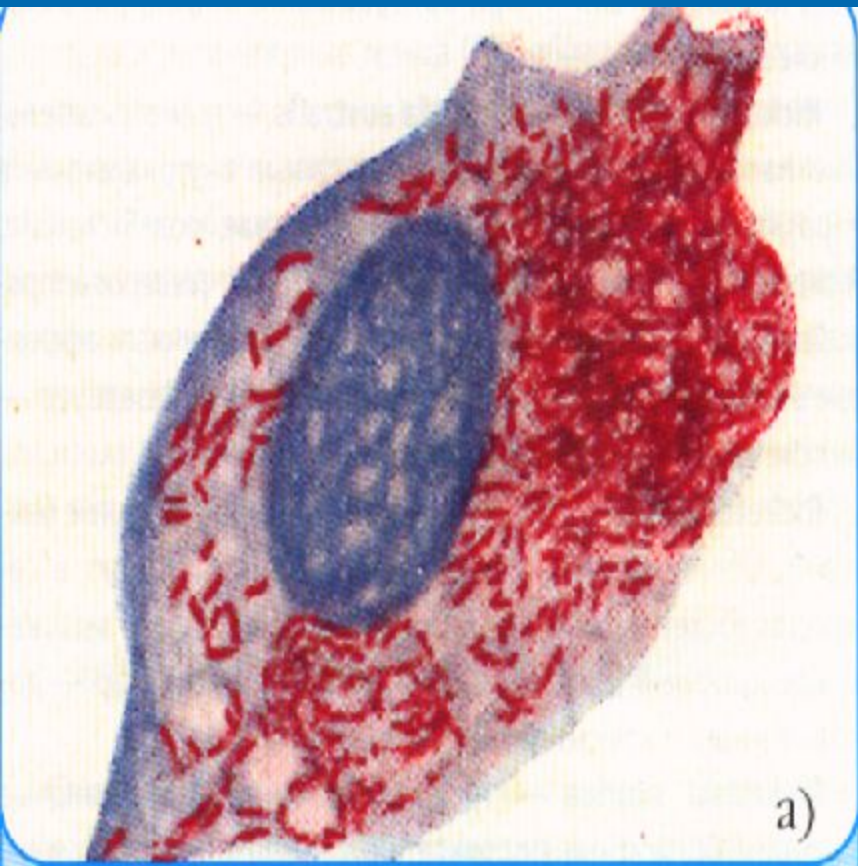
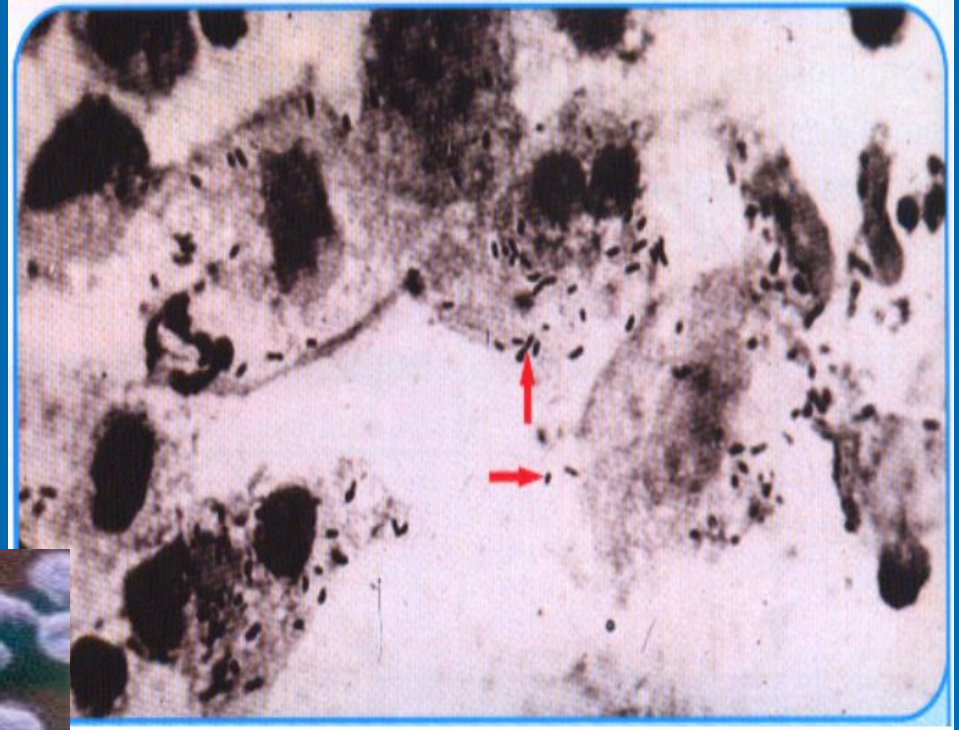
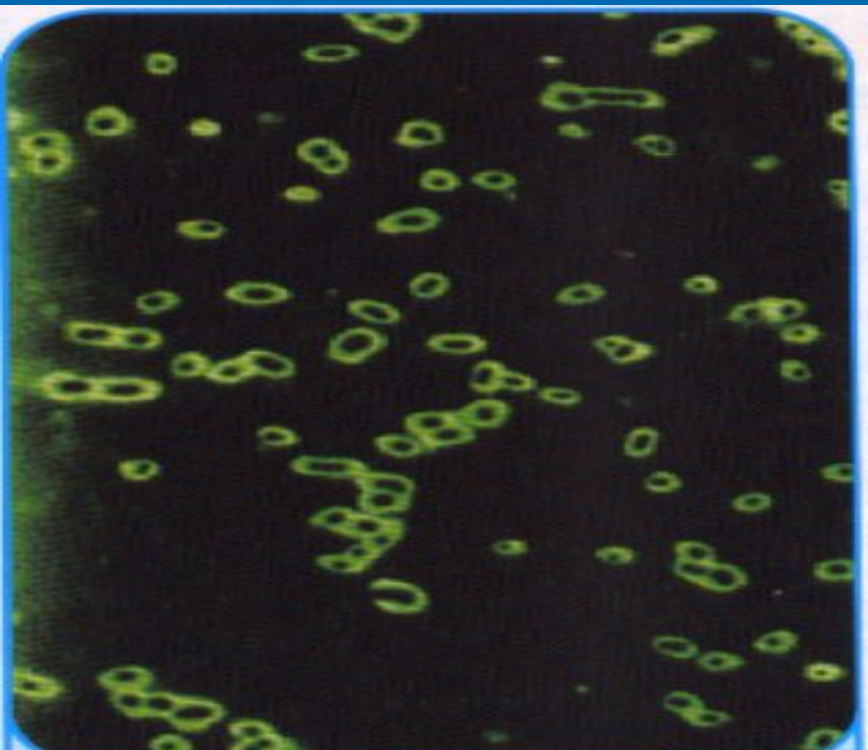


Рис. 3.120. Цитоплазматические включения *C. psittaci* (РИФ)

Облигатный внутриклеточный паразитизм риккетсии





Coxiella burnetii

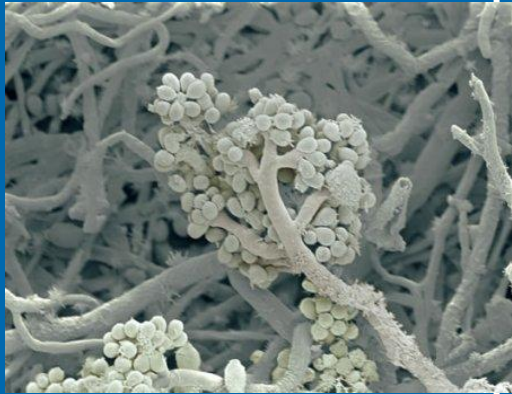
L-формы (бактерии, потерявшие клеточную стенку, изменившие форму под воздействием внешних факторов) – это механизм приспособления бактерий к неблагоприятным условиям:

- стабильная
- нестабильная

Переход в L-форму:

- спонтанный
- индуцированный

L-формы способны вызвать персистирующие инфекции, не реагируя на действие антибиотиков, ингибирующих синтез компонентов клеточной стенки, переход в хроническую форму инфекции

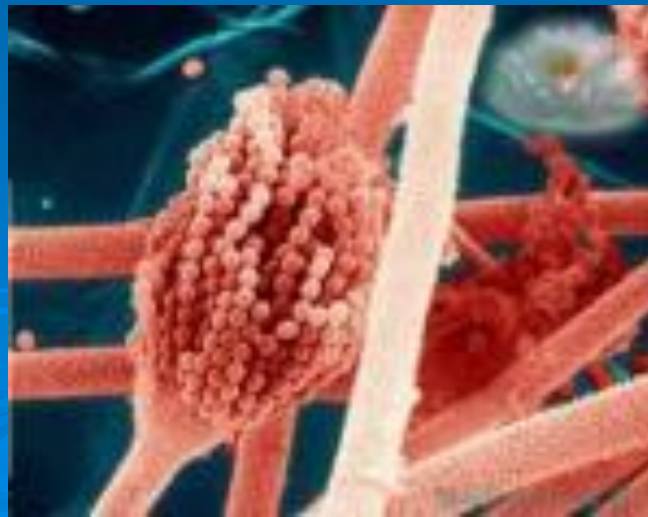


грибы

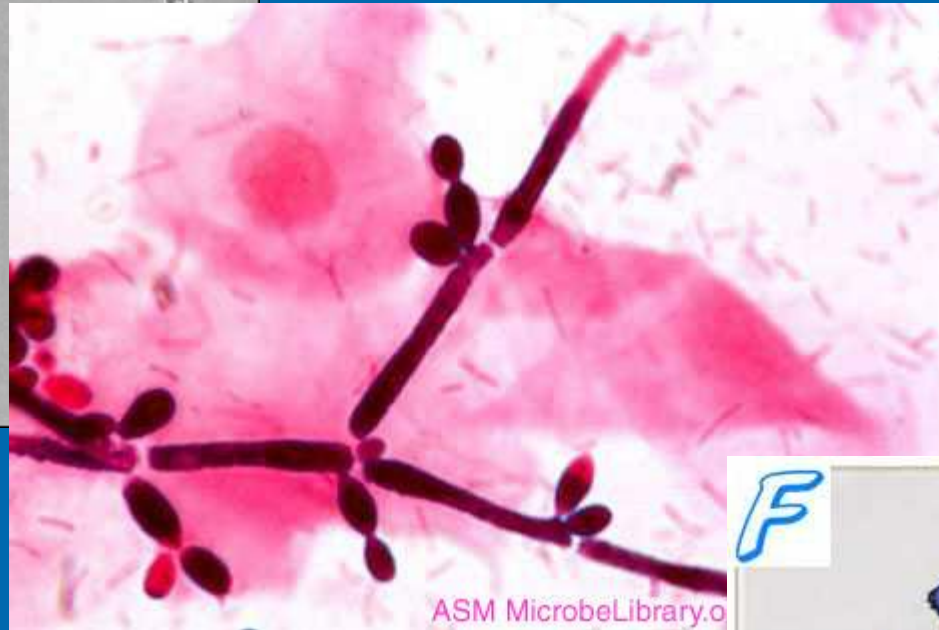
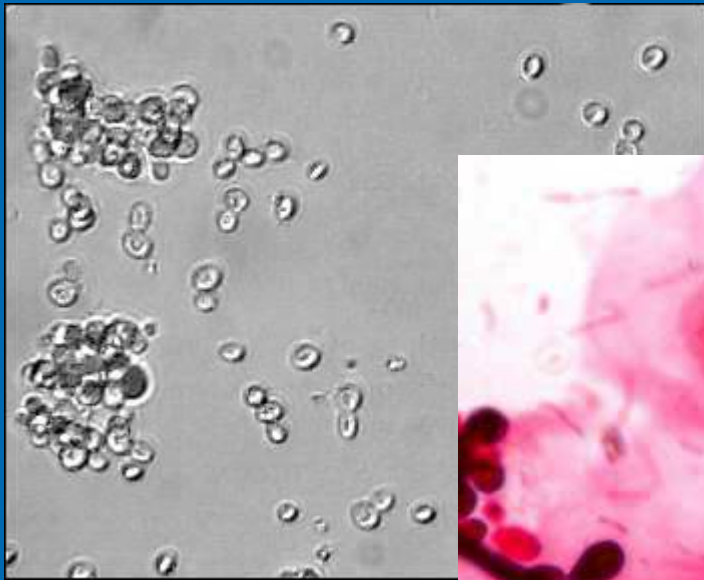


гифальные

дрожжевые



кандиды



делятся почкованием (бластоспоры), образуют псевдомицелий (почкующиеся клетки из ростковой трубочки вытягиваются в нить), на концах которого находятся хламидоспоры. Эти грибы называют дрожжеподобными. Истинные дрожжи (аскомицеты) образуют аскоспоры, не имеют псевдомицелия и хламидоспор



Рис. 6.4. Грибы *Candida albicans*

Trichomonas vaginalis (класс жгутиковые)



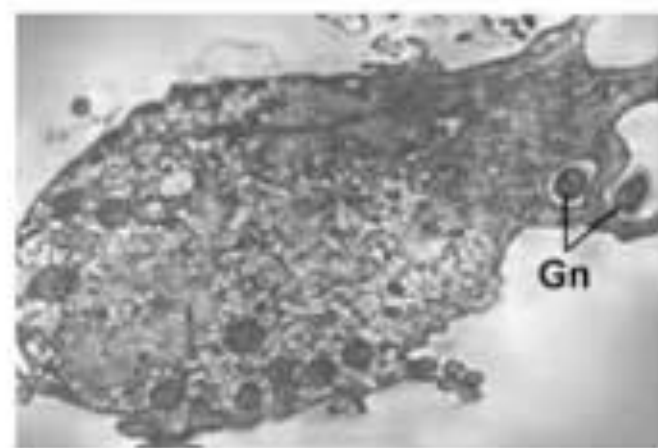
Трихомонада в мазке



СЭМ x8000

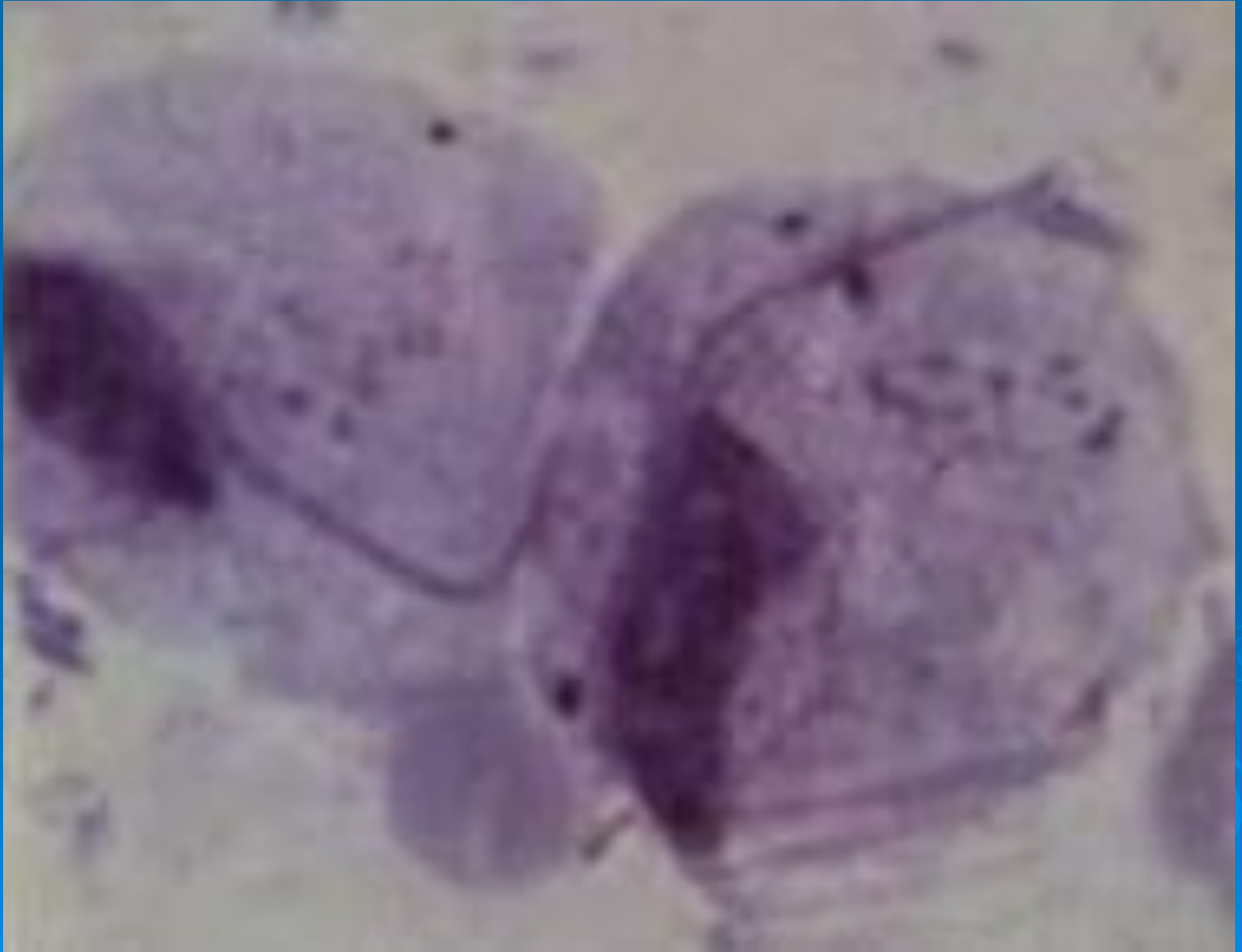


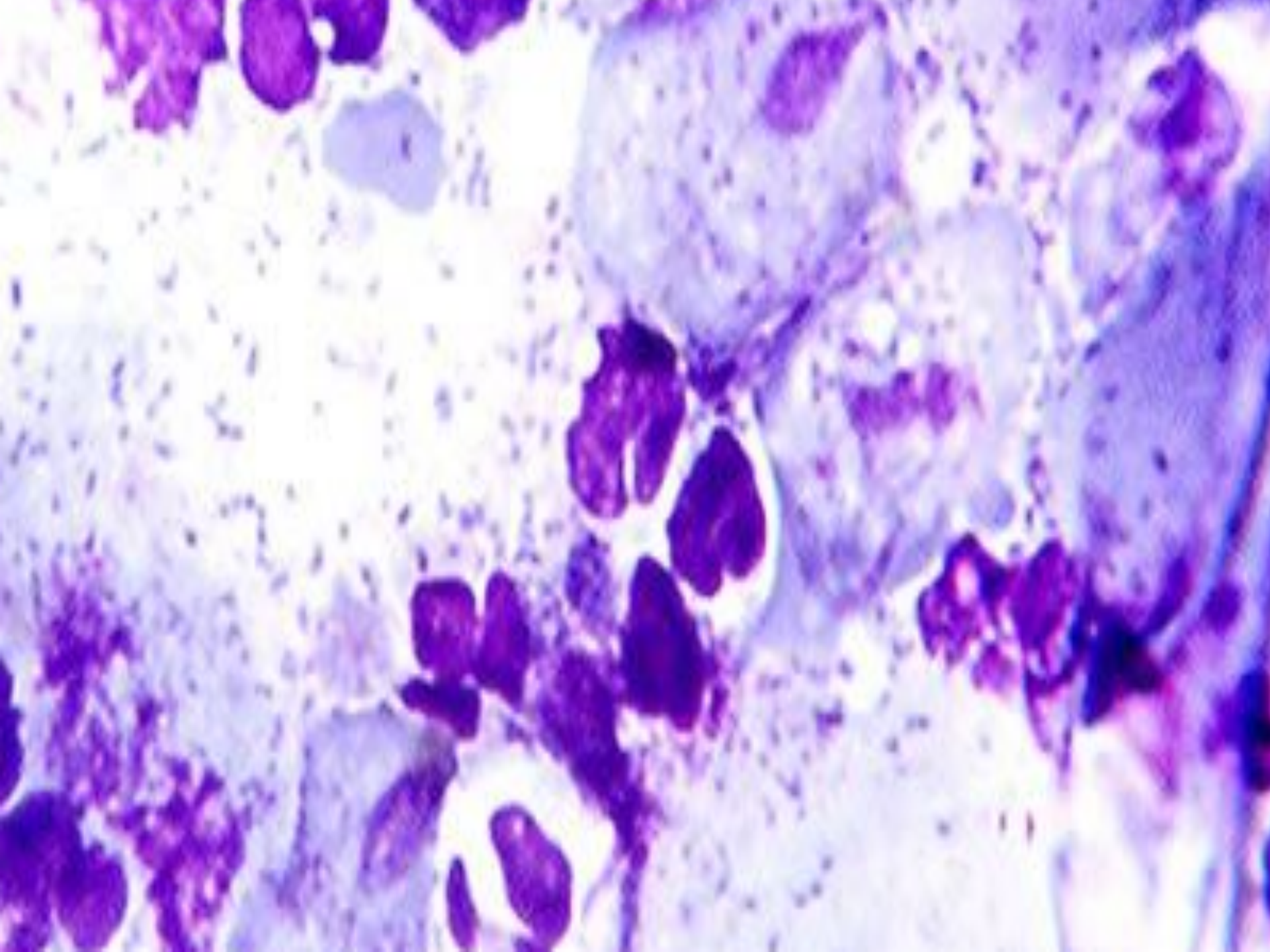
Отдельные клетки
размер 20-36 мкм



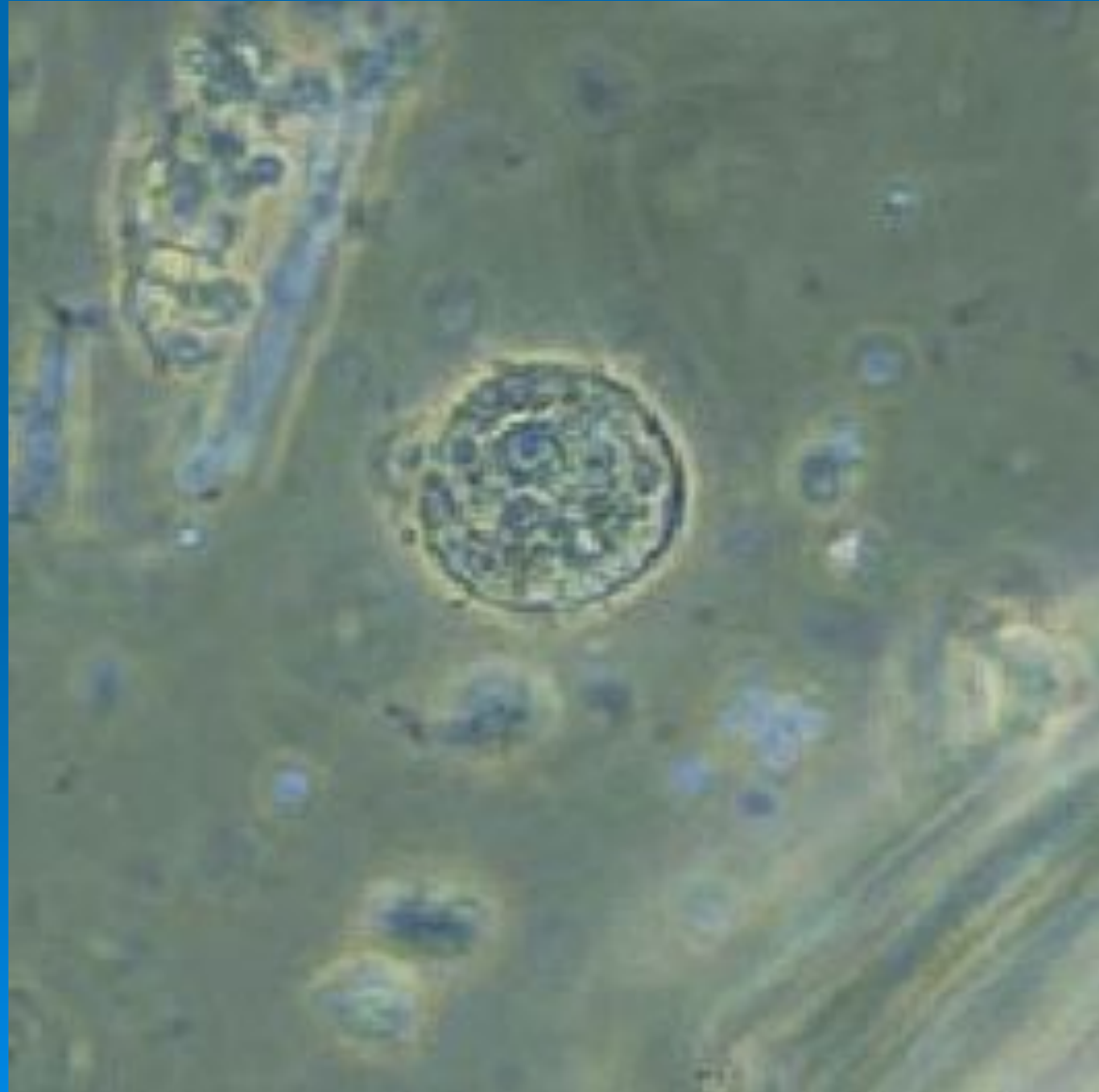
Фагоцитоз гонококков

трихомонада





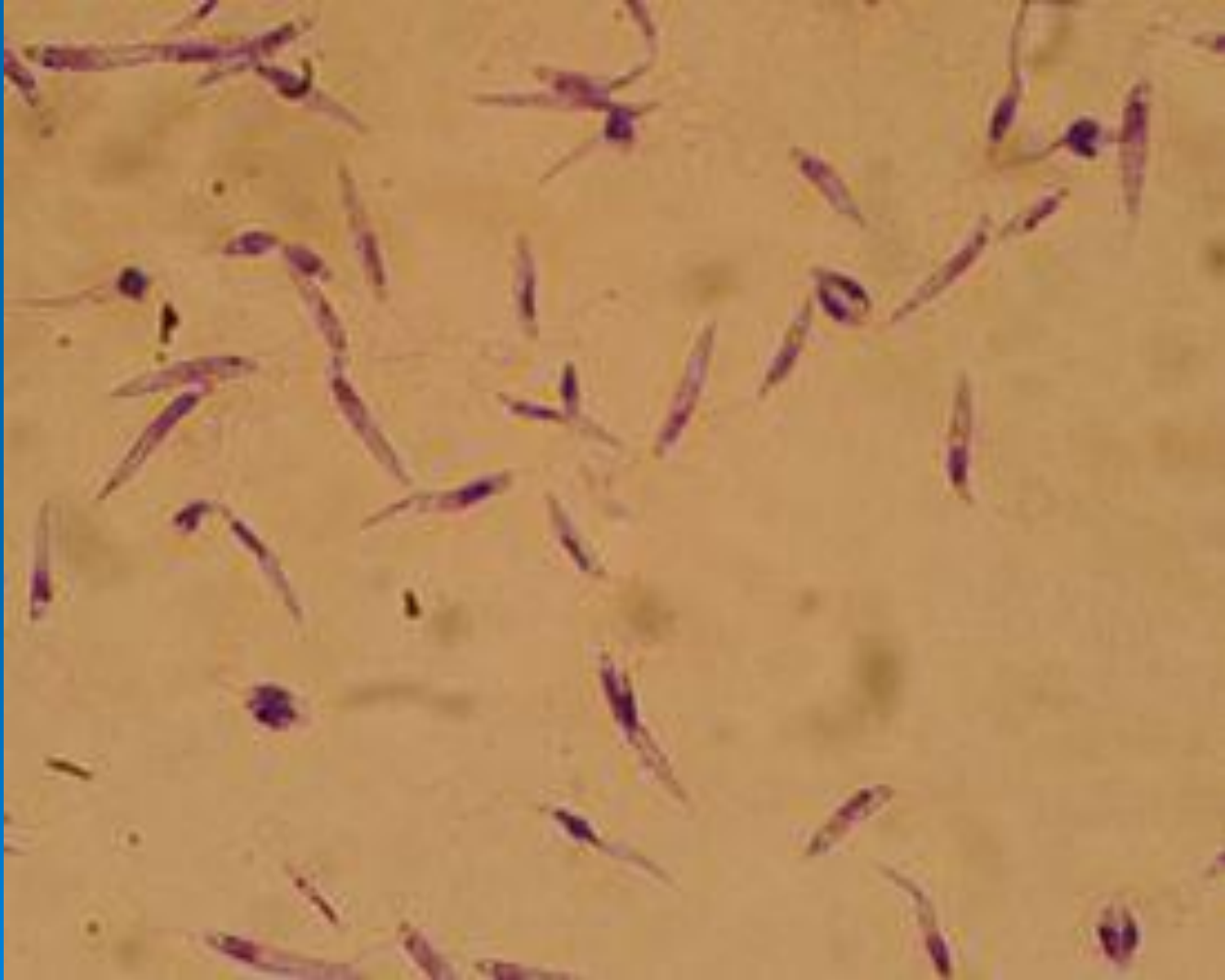
Entamoeba histolytica



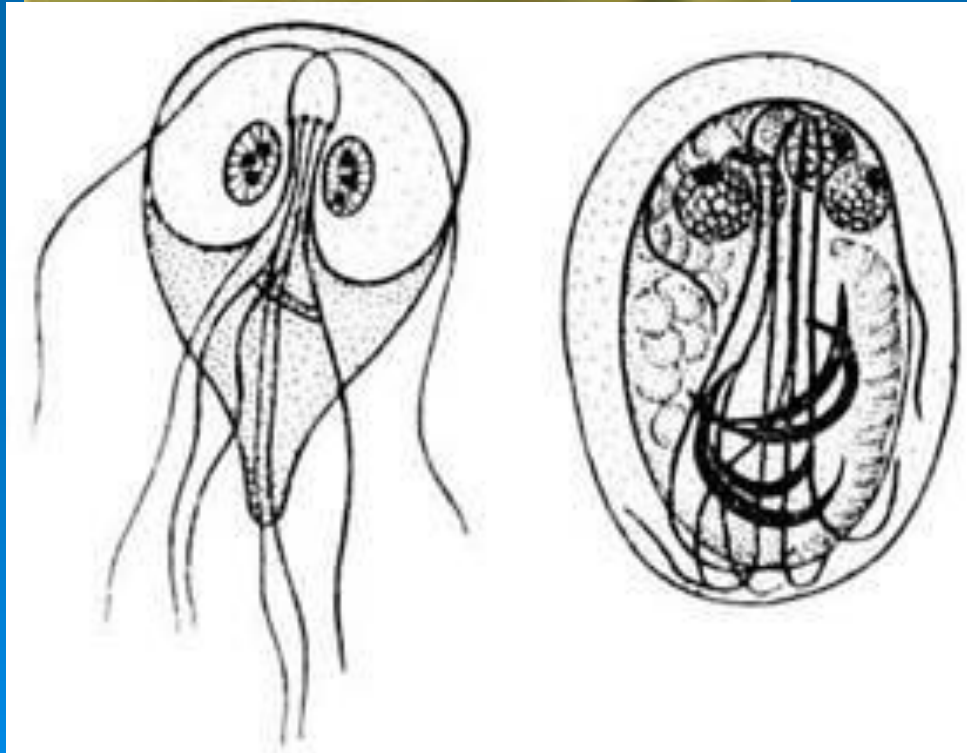
Trypanosoma cruzi



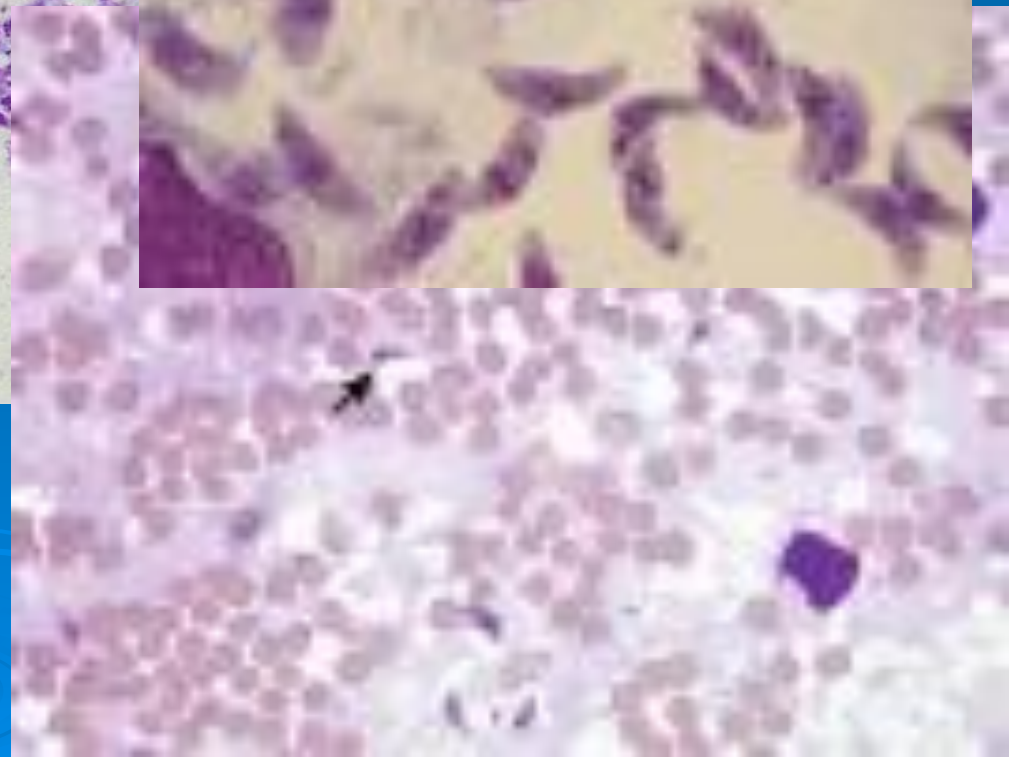
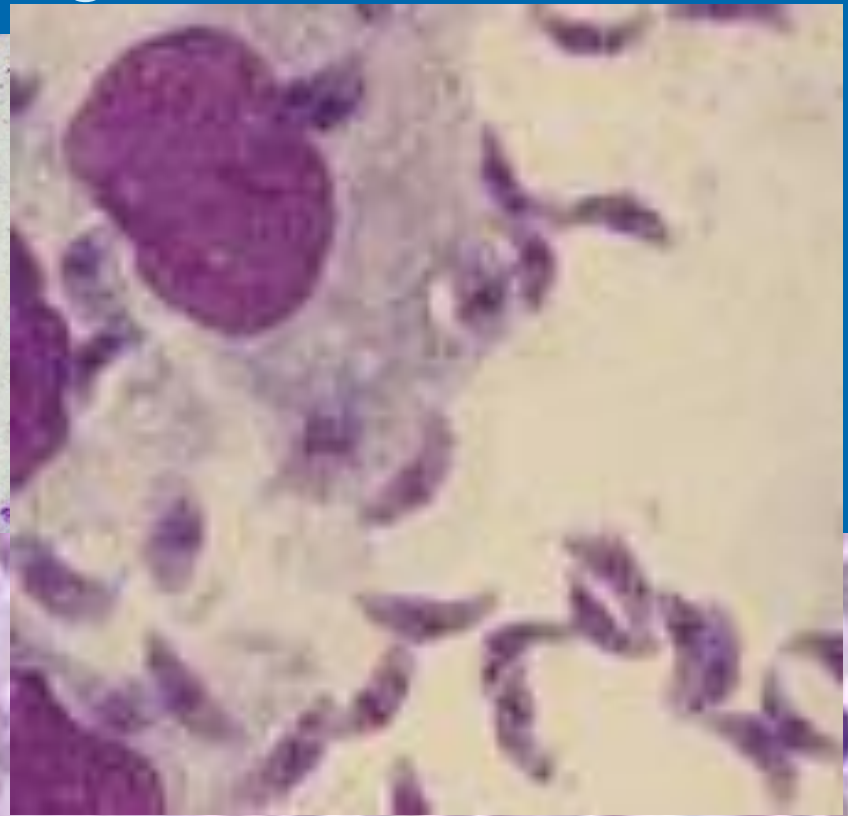
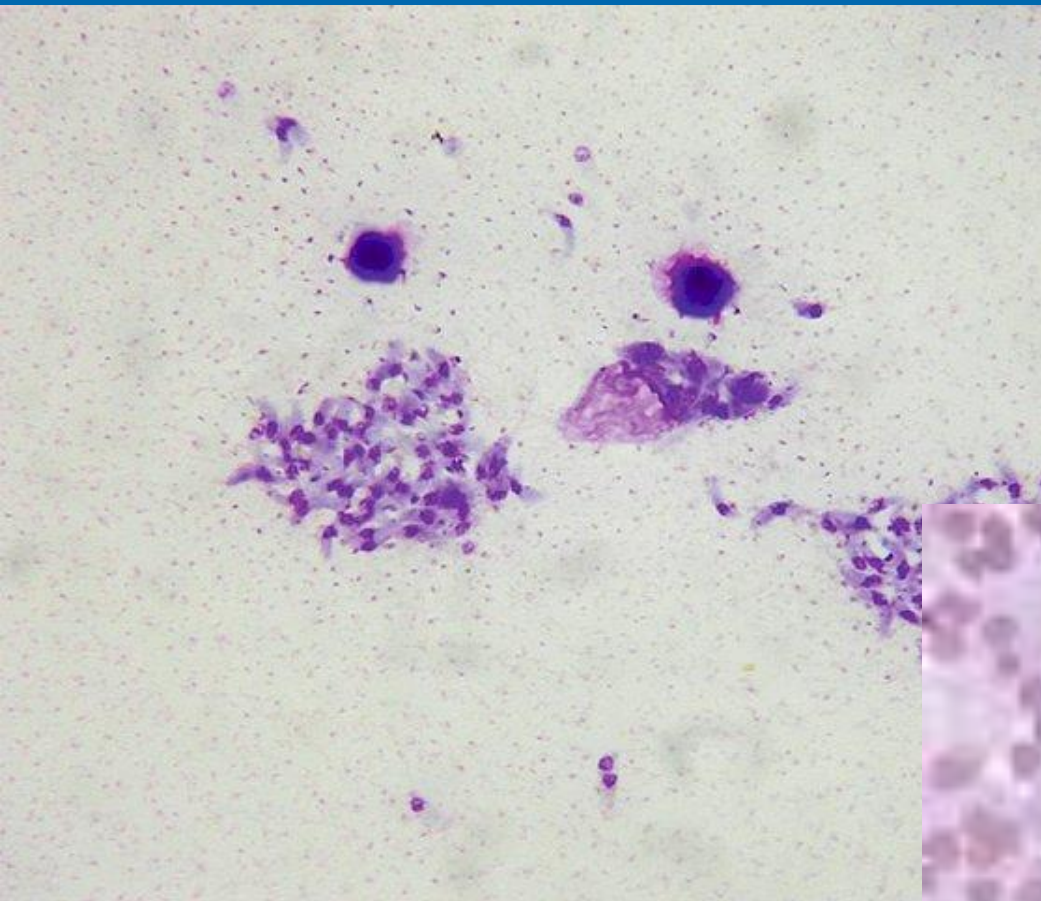
Leishmania major



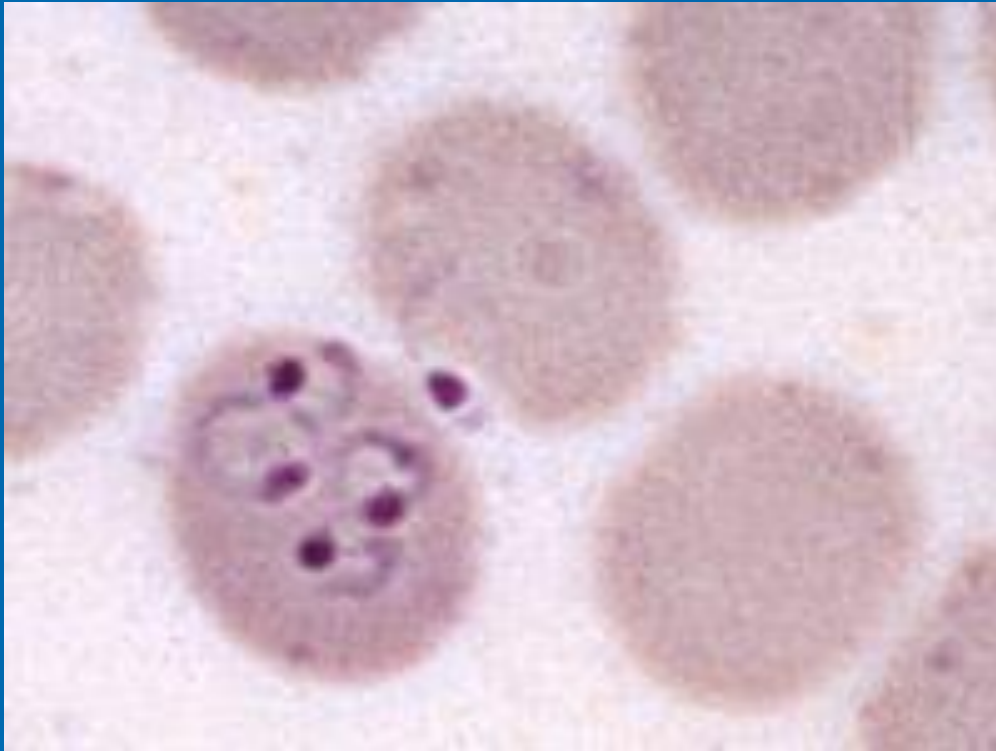
Lamblia intestinalis



Toxoplasma gondii



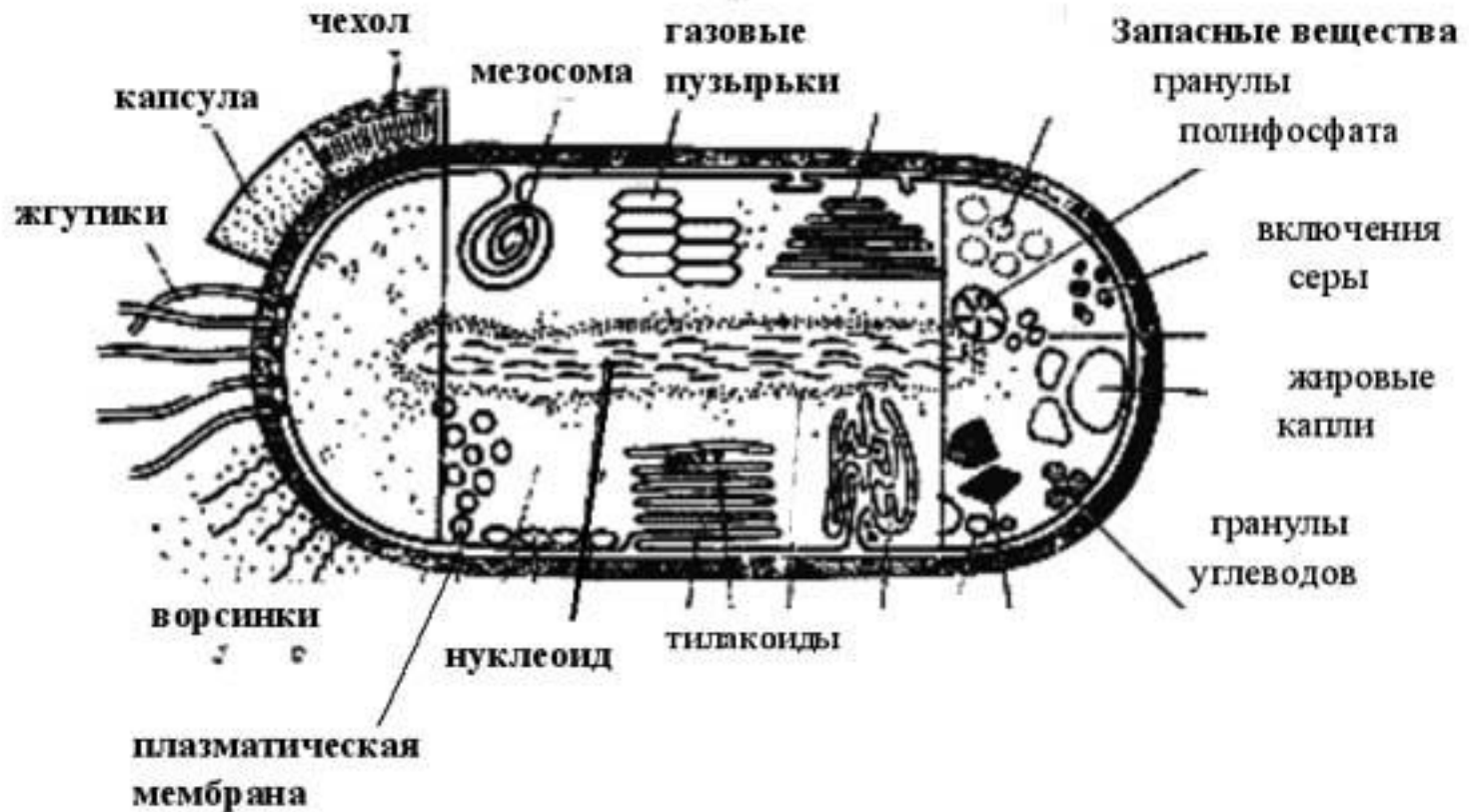
Plasmodium falciparum



P. vivax

СТРОЕНИЕ ПРОКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ

обобщенная схема



Обязательные органоиды: ядерный аппарат, цитоплазма, цитоплазматическая мембрана

Необязательные (второстепенные) структурные элементы: клеточная стенка, капсула, споры, пили, жгутики

Пептидогликан (муреиновые кислоты) - основное химическое соединение клеточной стенки, специфичное только для бактерий.

От структуры и химического состава клеточной стенки бактерий зависит важный для систематики признак бактерий - отношение к окраске по Граму.

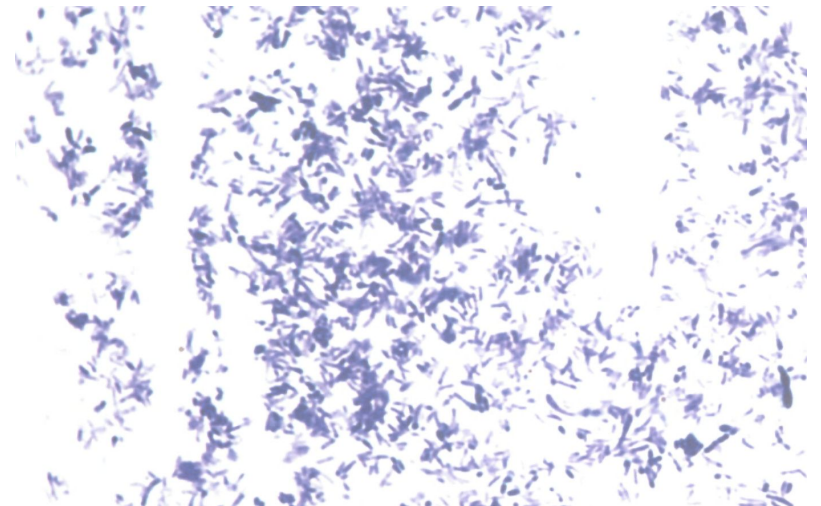
Выделяют две большие группы- грамположительные («грам+») и грамотрицательные («грам –») бактерии.

Hans Christian Joachim Gram, 1852-1938



клеточная стенка грамположительных бактерий:

мощная, толстая, несложно организованная клеточная стенка, в составе которой преобладают пептидогликан и тейхоевые кислоты, нет липополисахаридов (ЛПС), часто нет диаминопимелиновой кислоты



P. asnes, окраска по Граму, увеличение
7x90 (фото Рахмановой С.Н.)

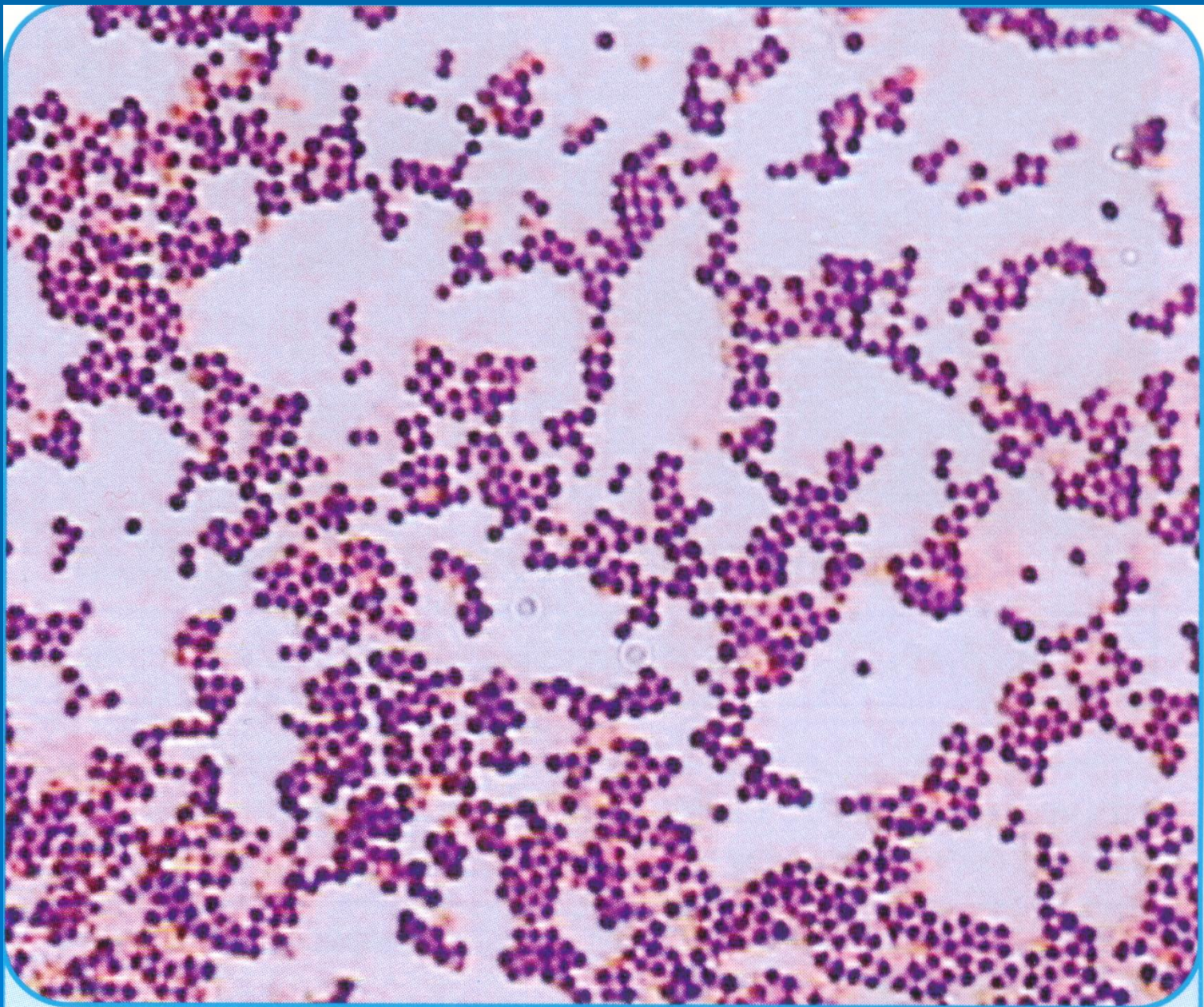


Рис. 3.17. Мазок чистой культуры *S. aureus*. Окраска по Граму

клеточная стенка грамотрицательных бактерий:

клеточная стенка значительно тоньше, чем у грамположительных бактерий, содержит ЛПС, липопротеины, фосфолипиды, диаминопимелиновую кислоту. Устроена более сложно - имеется внешняя мембрана, поэтому клеточная стенка трехслойная

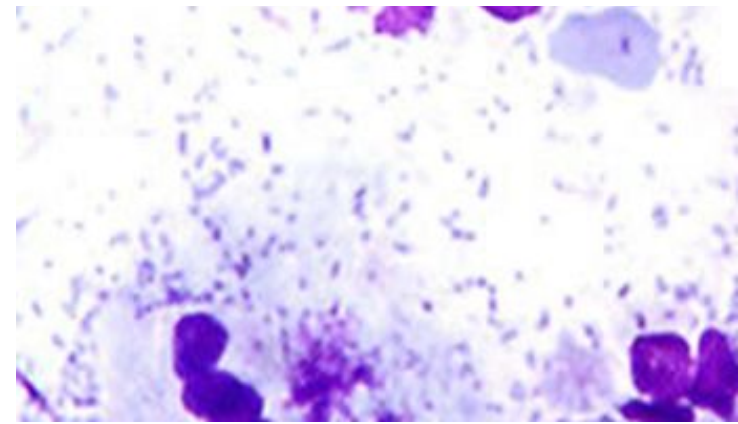




Рис. 3.8. Электронограмма ультратонкого среза клетки бруцелл (*Brucella melitensis*). По А. А. Авакяну, Л. Н. Кац, И. Б. Павловой.

Нуклеоид имеет вид светлых зон с фибриллярными, нитевидными структурами ДНК; клеточная стенка — тонкая, типичная для грамотрицательных бактерий

desulfitobacterium



-скользящие бактерии (за счет волнообразных сокращений тела)

- плавающие бактерии (движение обеспечивают жгутики)

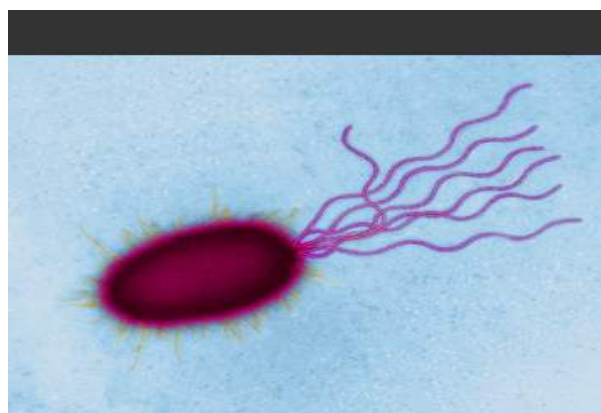
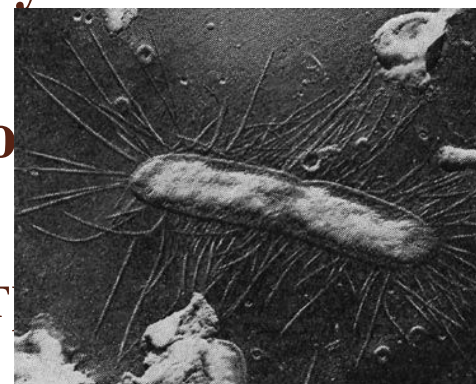
По расположению и количеству жгутиков выделяют:

- Монотрихи- имеют один полярный жгутик.

- Лофотрихи- имеют полярно расположенный пучок жгутиков.

- Амфитрихи- имеют жгутики по диаметрально противоположным полюсам.

- Перитрихи- имеют жгутики по всему периметру бактериальной клетки



Фимбрии или реснички - фактор адгезии и колонизации- короткие нити, в большом количестве окружающую бактериальную клетку, с помощью которых бактерии прикрепляются к субстратам

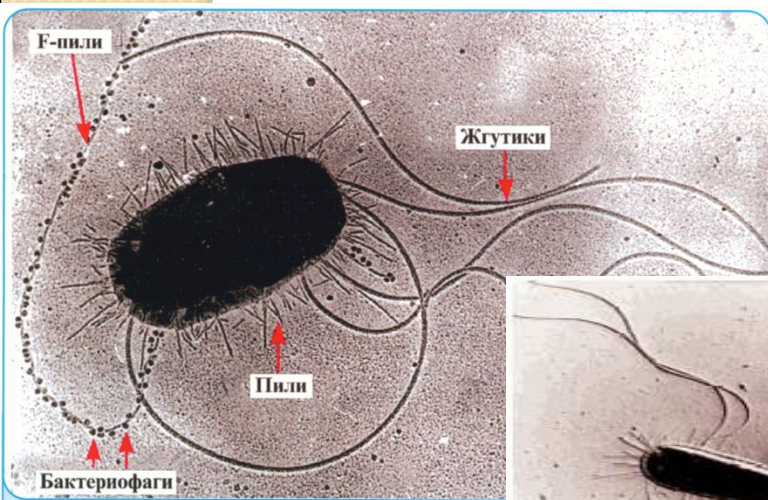
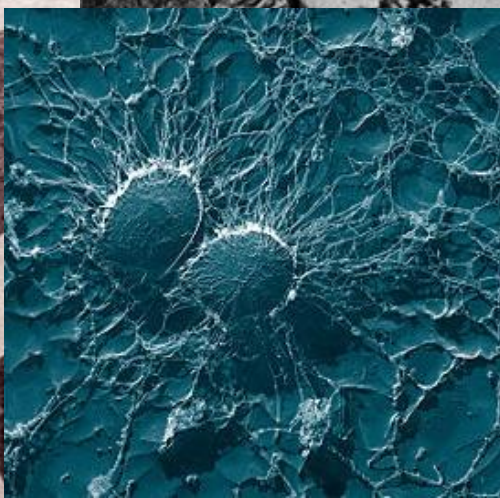
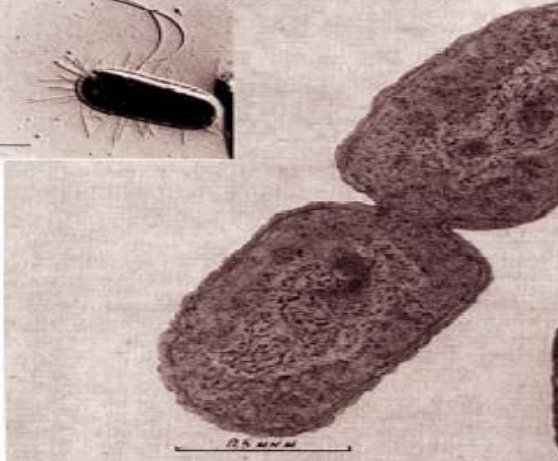
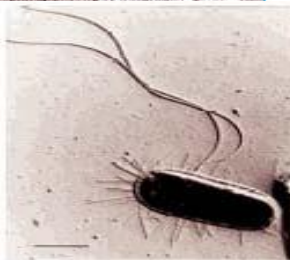
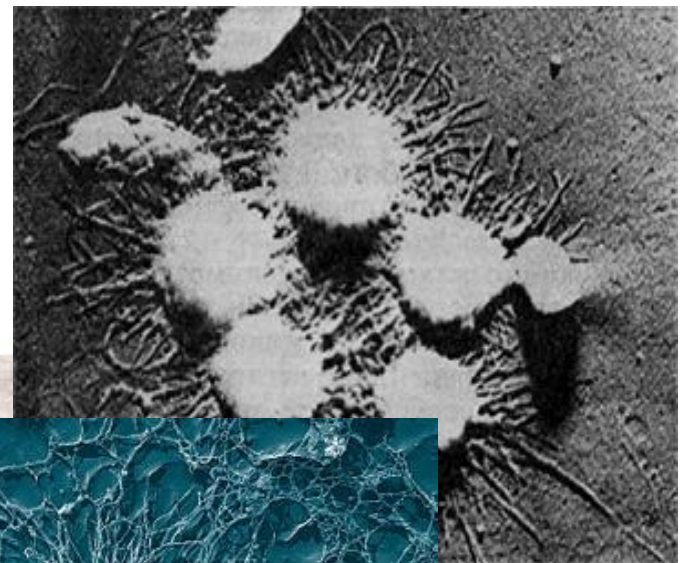
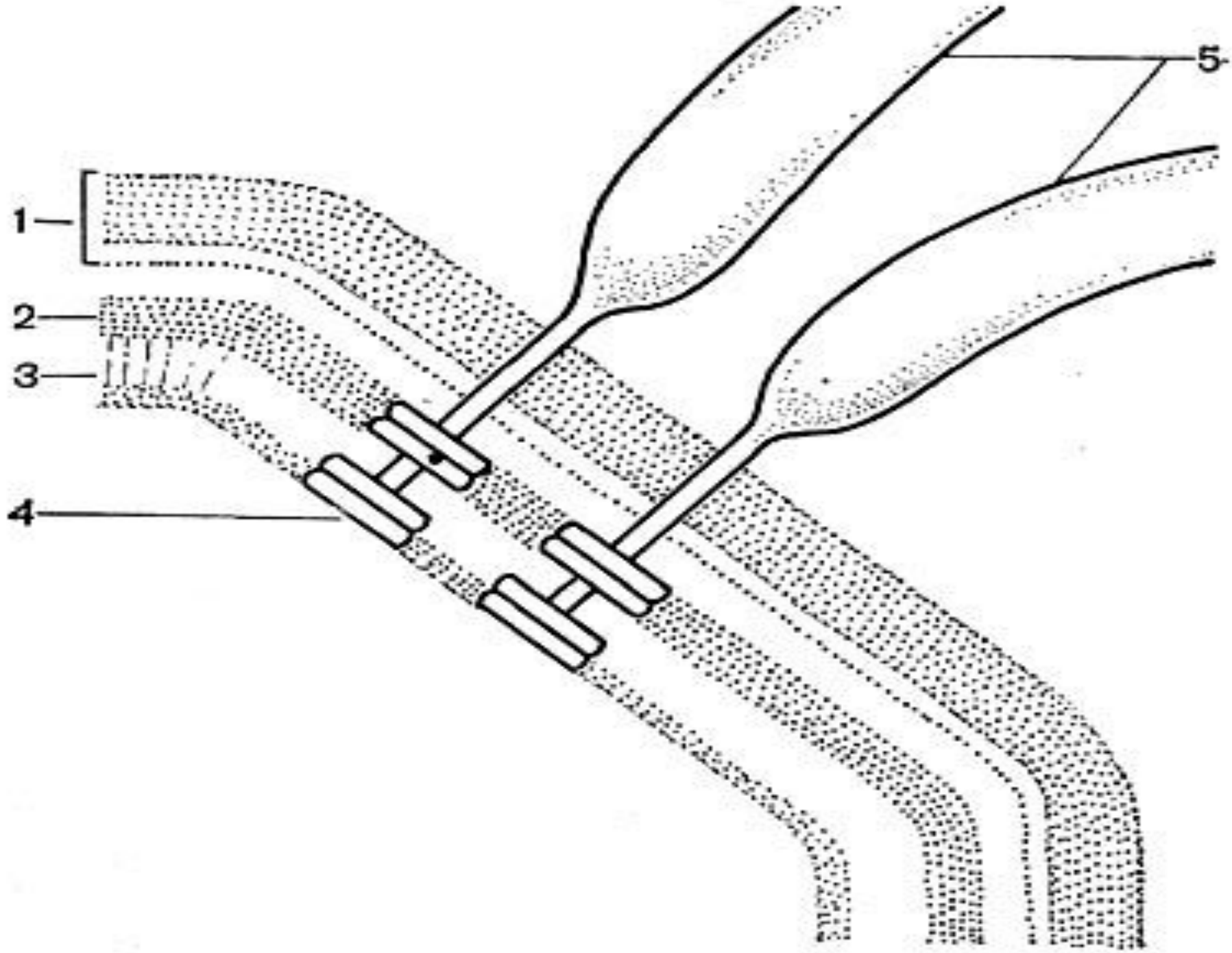


Рис. 3.10. Жгутики и пили кишечной палочки. Электронограмма палладиевым сплавом. Препарат В. С. Т





Капсула или слизистый слой (состоит из полисахаридов, реже- из полипептидов) окружает оболочку ряда бактерий:

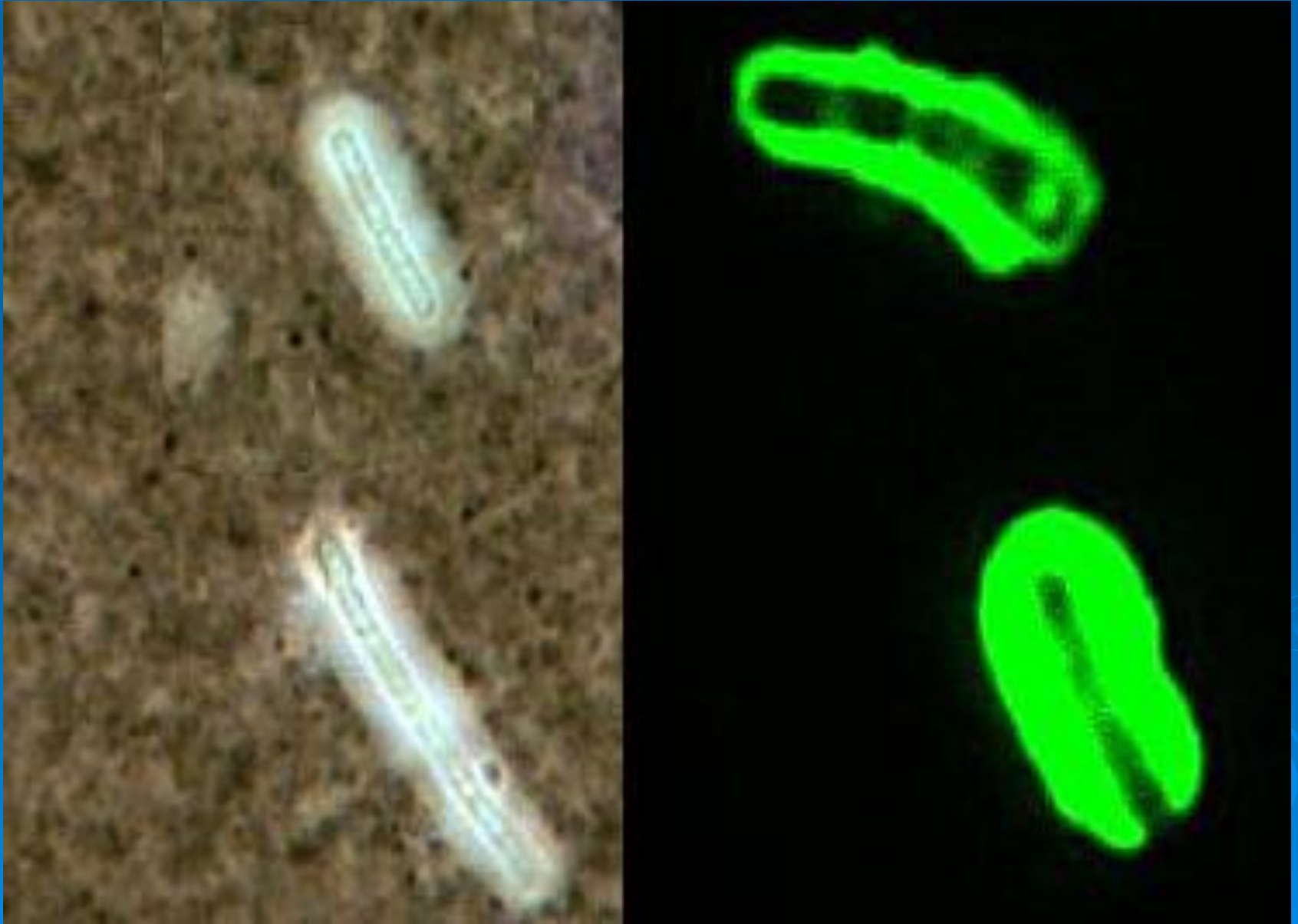
- микрокапсула, в виде слоя микрофибрилл**
- макрокапсула**

Капсула является защитной структурой, у ряда микробов- фактор патогенности, препятствует фагоцитозу, ингибирует первые этапы защитных реакций- распознавание и поглощение.

У сапрофитов капсулы образуются во внешней среде, у патогенов - чаще в организме хозяина.

окраска- по Гинсу

poly-D-glutamyl capsule of *Bacillus anthracis*



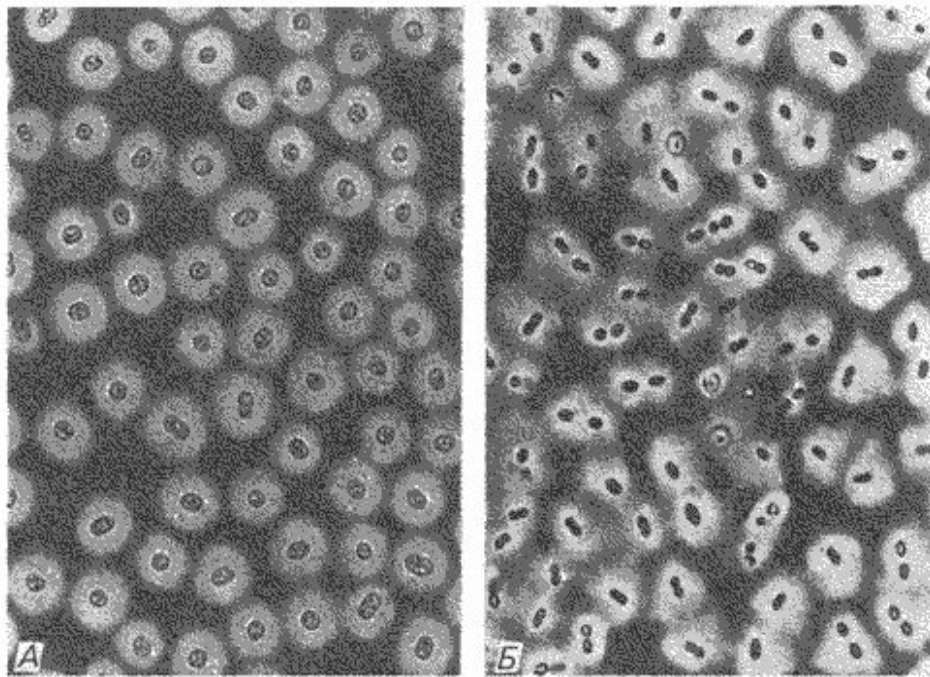
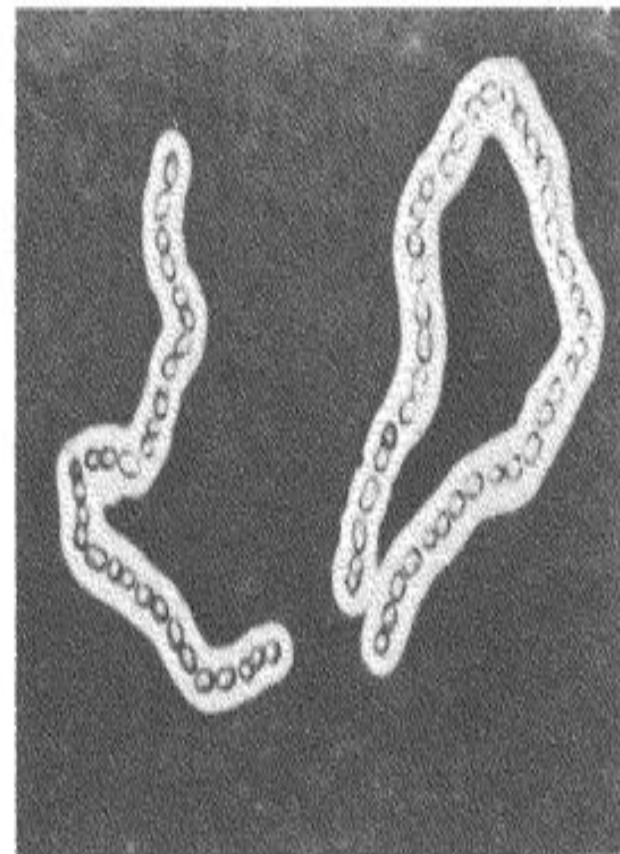


Рис. 2.30. Капсулы бактерий—пурпурной серобактерии *Amoebobacter roseus* (А) и азотфиксирующей бактерии *Azotobacter chroococcus* (Б). Клетки суспендированы в туши. (А—1200 × ; фото N. Pfennig. Б—500 × ; фото D. Claus.)

Рис. 2.31. Капсулы бактерий. Цепочки клеток *Bacillus megaterium*, суспендированные в туши. На темном фоне частичек туши капсулы выделяются как светлые зоны. Фазовый контраст, 1000 ×. (Фото G. Bohlken, Diss., Göttingen, 1965.)



Некультивируемые формы бактерий - особое приспособительное состояние у многих видов грамотрицательных бактерий, не образующих спор

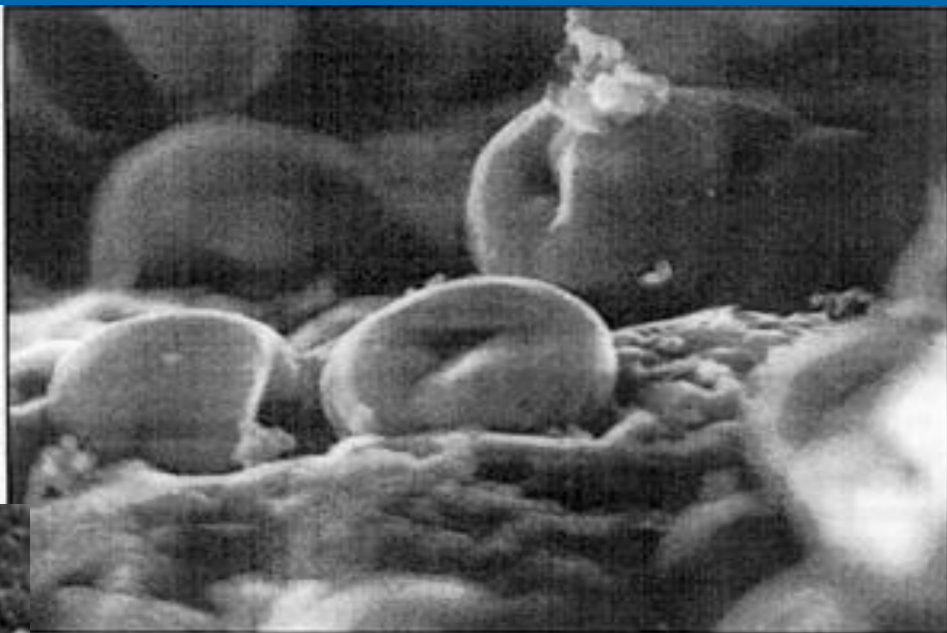
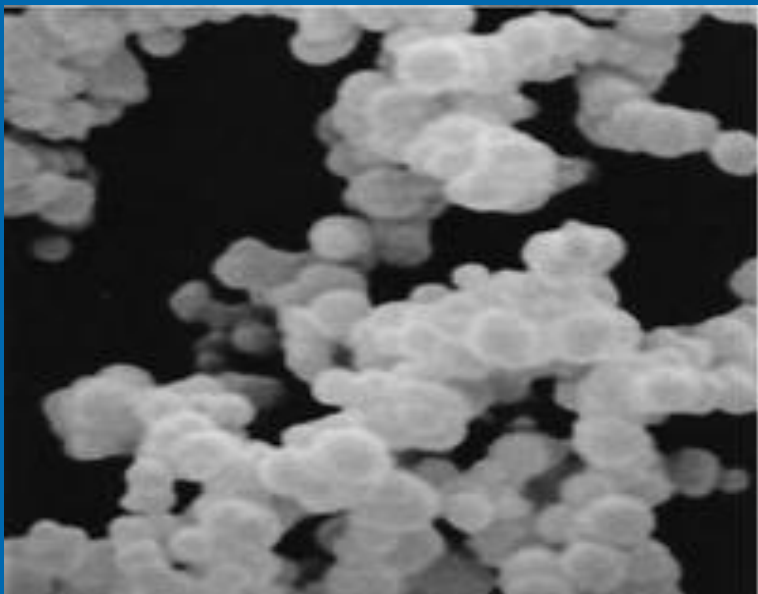
Обладают

- **низкой метаболической активностью**
- **активно не размножаются, т.е. не образуют колоний на плотных питательных средах, при посевах не выявляются**
- **высокой устойчивостью**
- **могут сохранять жизнеспособность в течение нескольких лет**
- **не выявляются классическими бактериологическими методами, обнаруживаются только при помощи генетических методов (полимеразной цепной реакции- ПЦР)**

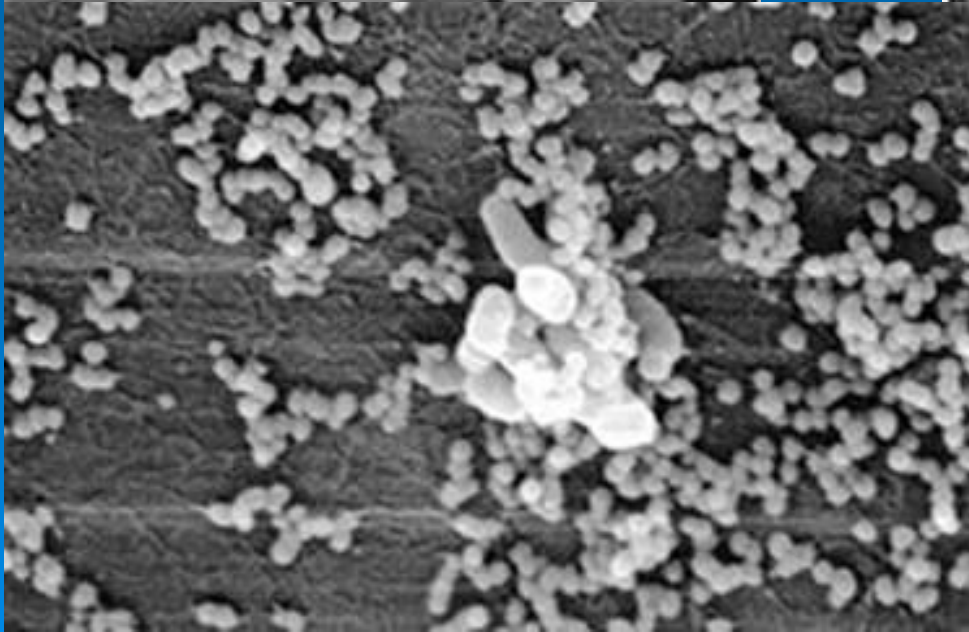
Прионы (proteinaceous infectious particle- белкоподобная инфекционная частица) - лишенные РНК белковые структуры (возбудители некоторых медленных инфекций человека и животных, характеризующихся летальными поражениями ЦНС по типу губкообразных энцефалопатий- куру, болезнь Крейтцфельдта- Якоба, синдром Герстманна- Страусслера- Шайнкера, амниотрофический лейкоспонгиоз, губкообразная энцефалопатия коров (коровье “бешенство”), скрепи у овец, энцефалопатия норок, хроническая изнуряющая болезнь оленей и лосей.

Предполагается, что прионы могут иметь значение в этиологии шизофрении, миопатий. Существенные отличия от вирусов, прежде всего отсутствие собственного генома, не позволяют пока рассматривать прионы в качестве представителей живой природы.

Нанобактерии (электронная микроскопия)

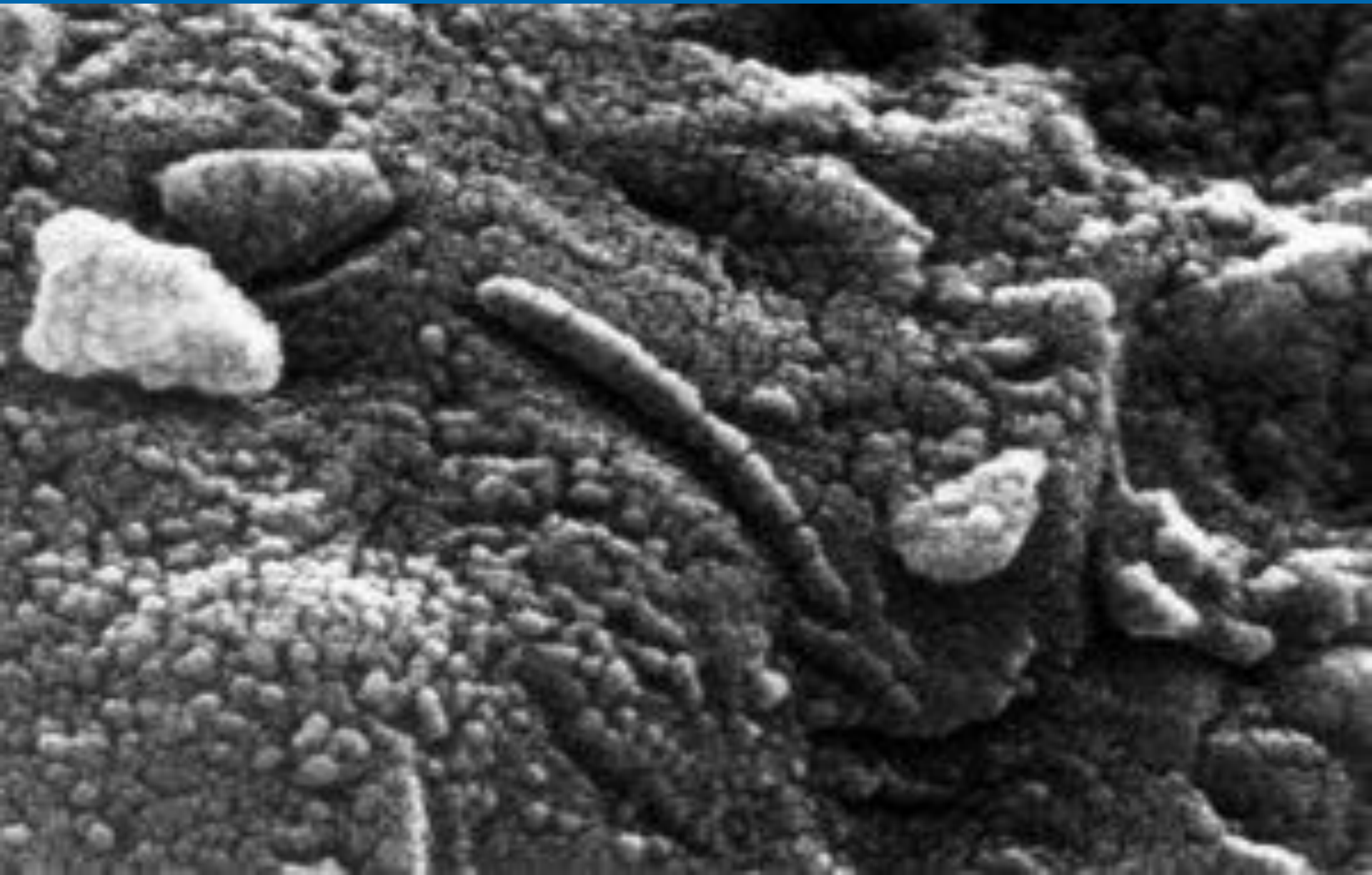


*Нанобактерии в осадке с фильтра водозабора
г. Томска x 60 000*



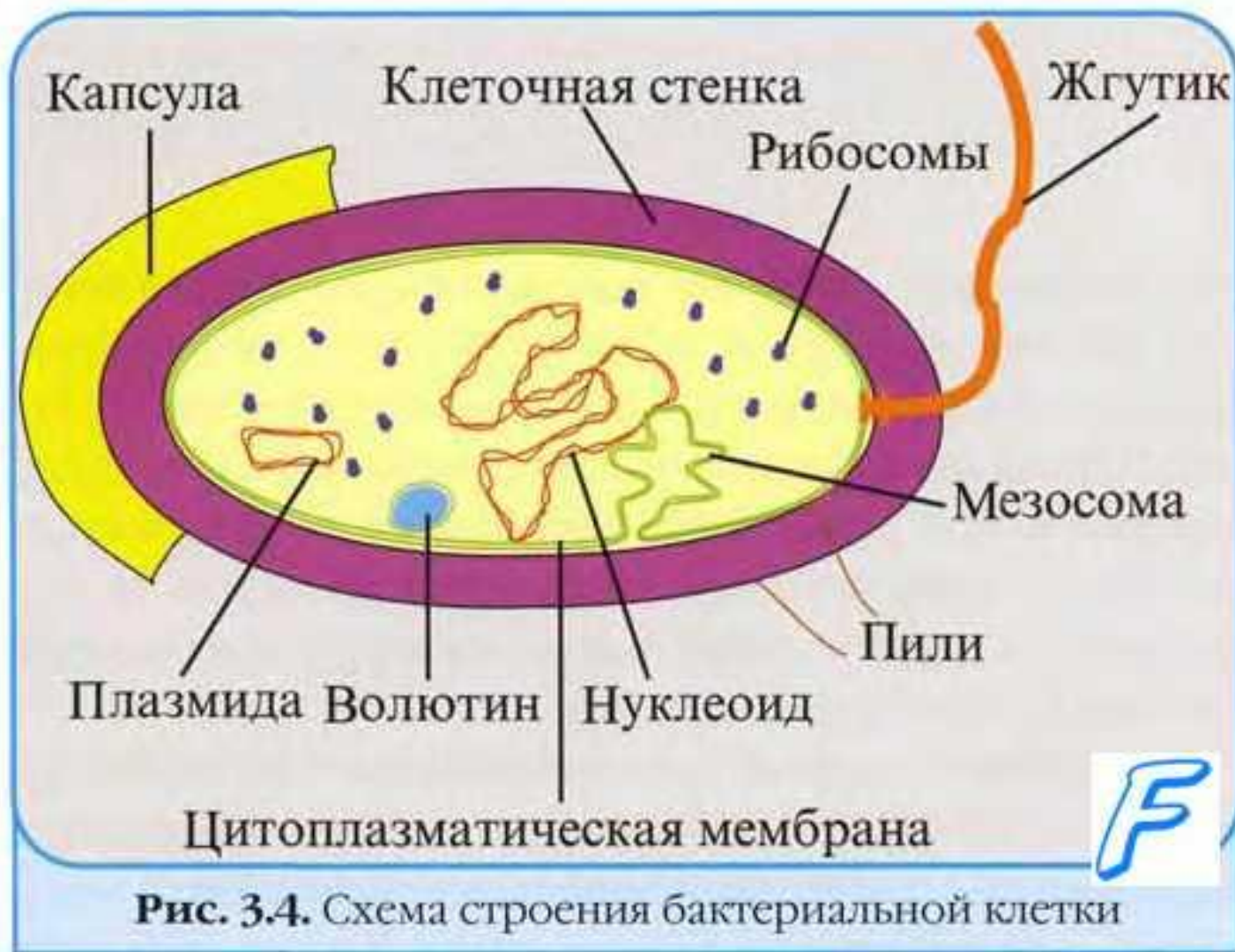
Нанобактерии в стенке сосуда

Структуры, найденные в метеорите и напоминающие нанобактерии



Мир микробов

Неклеточные формы	Клеточные формы			
Вирусы Вироиды Прионы	Домен Bacteria	Домен Archaea	Домен Eukarya	
	прокариоты		эукариоты	
	Бактерии Гр (-) Гр (+) микоплазмы	Археобактерии	Простейшие Царство Animalia Подцарство Protozoa	Грибы Царство Fungi



Благодарю за внимание



В последние десятилетия для классификации микроорганизмов, помимо их фенотипических характеристик все более широко и эффективно используются различные генетические методы (изучение генотипа- генотипических свойств). Используются все более совершенные методы- рестрикционный анализ, ДНК- ДНК гибридизация, ПЦР, сиквенс и др.

В основе большинства методов лежит принцип определения степени гомологии генетического материала (ДНК, РНК). При этом чаще исходят из условного допущения, что степень гомологии более 60% (для некоторых групп микроорганизмов- 80%) свидетельствует о принадлежности микроорганизмов к одному виду (различные генотипы - один геновид), 40- 60%- к одному роду.

Установка, saniрующая воздух, основана на действии УФ и двуокиси титана

