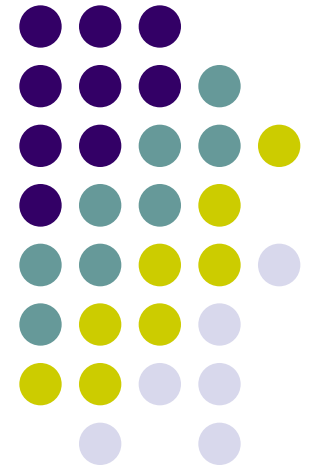


Взаимодействия бактерий с различными формами жизни

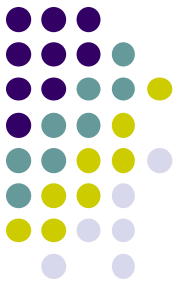
Часть 1: Межбактериальные взаимодействия и отношения бактерии-простейшие

Лекция 6

Лектор: Давыдова Ольга Константиновна, к.б.н., доцент

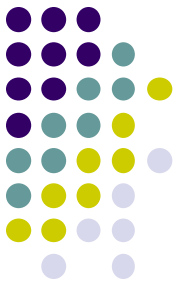


План лекции:



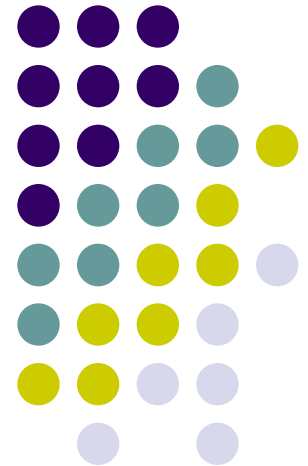
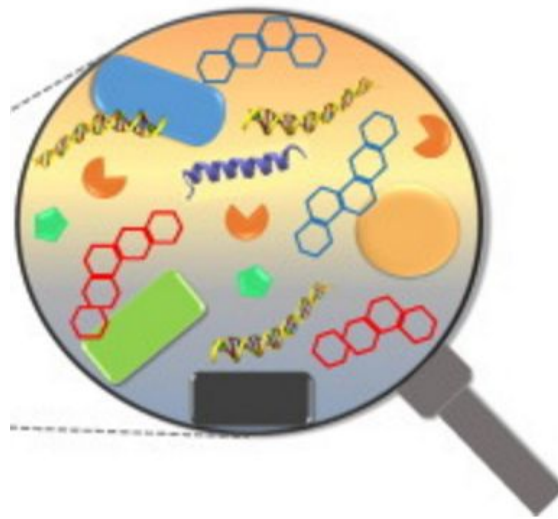
- Синэкология
- Типы экологических стратегий:
 - Генералисты
 - Специалисты
- Виды симбиотических взаимоотношений
 - Симбиоз и антибиоз
 - Нейтрализм
 - Конкуренция
 - Антагонизм
 - Паразитизм и хищничество
 - Мутуализм
- Примеры межбактериальных взаимодействий
- Бактерии и простейшие
 - Эндоцитобиоз
 - Взаимоотношения с амебами
 - Симбионты инфузорий
 - Паразитизм в простейших

Определения

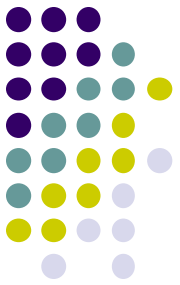


- **Синэкология** – раздел экологии прокариот, изучающий взаимодействия микроорганизмов с различными формами живого
- **Биотические факторы** (или связи) – прямое или косвенное влияние жизнедеятельности одних живых организмов на другие
- **Сообщество организмов** – совокупность организмов, находящихся вместе и имеющих систему связей между собой
- **Биоценоз** – сообщество организмов различного уровня – животные, растения и микроорганизмы
- **Экосистема** = биоценоз + физико-химические условия обитания
- **Закон Гаузе** или **принцип конкурентного исключения** – два вида не могут устойчиво сосуществовать, если они занимают одну экологическую нишу

Межбактериальные взаимодействия



Закон Гаузе

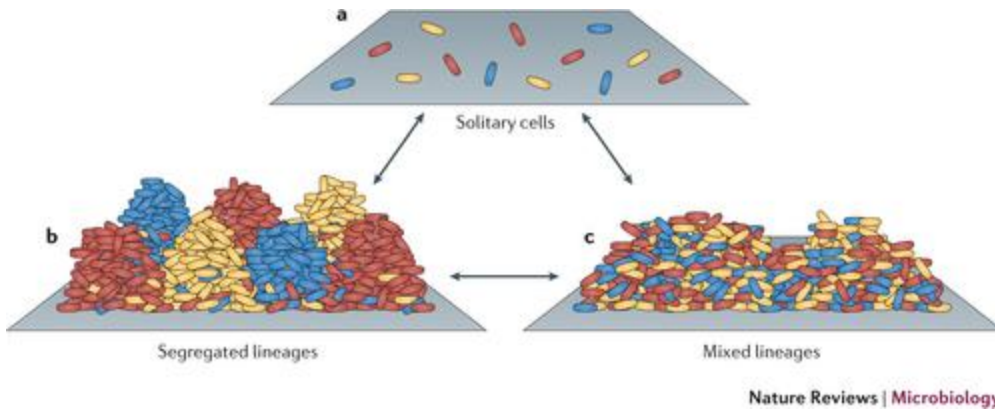
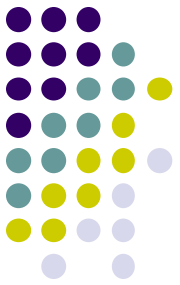


Георгий Гаузе(1910—1986) опубликовал в 1934г. монографию «Борьба за существование», где сформулировал один из важнейших законов экологии **или принцип конкурентного исключения**: два вида не могут устойчиво существовать в ограниченном пространстве, если численность обоих лимитирована одним жизненно важным ресурсом

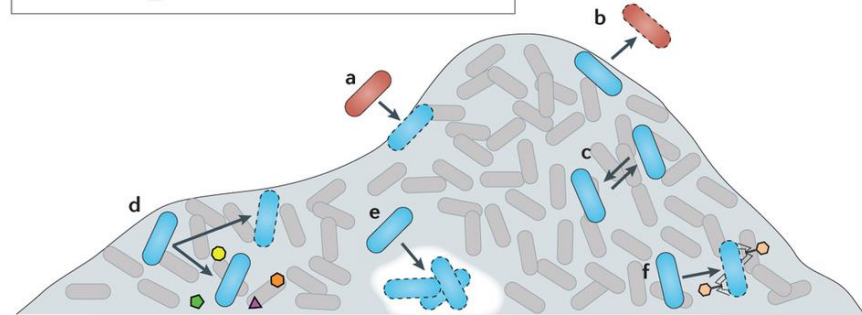
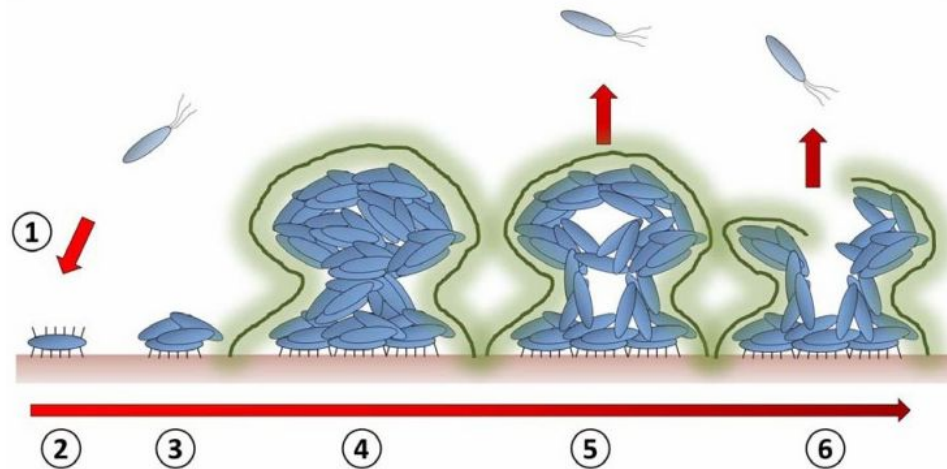


Г.Ф. Гаузе и М.Г. Бражникова

Биопленкообразование

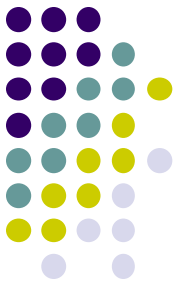


Antagonism	a	Invasion of a community
	b	Defence of a community
	c	Signalling
Other	d	Killing non-cooperators
	e	Biofilm remodelling
	f	Killing phage-infected bacteria



Nature Reviews | Microbiology

Стратегии микроорганизмов



- **Экологическая стратегия** – способ взаимодействия организмов с окружающей средой.

Теория основных типов экологических стратегий заключается в том, что различные организмы достигают преимуществ в борьбе за существование, используя один из видов экологической стратегии:

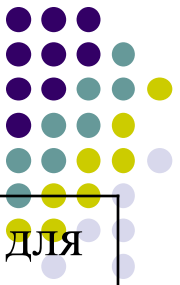
- Организмы могут следовать **r-стратегии**, благодаря высокой удельной скорости роста при освоении нового субстрата r-стратегии быстро размножаются и получают преимущество, но в неблагоприятных условиях быстро отмирают.
- **K - стратегии**, благодаря наиболее эффективному использованию субстрата, высокой конкурентноспособности и достижению высокой плотности популяции. При обилии пищи K-стратегии расходуют больше ресурсов на поддержание жизнеспособности, размножаются медленнее, но зато лучше сохраняются в неблагоприятных условиях.
- **L-стратегия** реализуется у МО высокой приспособленностью к переживанию неблагоприятных условий.

Основные отличия r- и K-стратегий



Характеристика	r-стратегия	K-стратегия
Численность популяции	Изменчива, может резко возрастать до больших величин	Обычно невелика
Оптимальный тип местообитания, климата	Изменчивый и(или) непредсказуемый	Более-менее постоянный, предсказуемый
Смертность	Обычно катастрофическая	Небольшая
Размер популяции	Изменчивый во времени, неравновесный	Относительно постоянный, равновесный
Конкуренция	Часто слабая	Обычно острая
Онтогенетические особенности	Быстрое развитие, раннее размножение Небольшие размеры Единственное размножение Много потомков Короткая жизнь	Относительно медленное развитие Позднее размножение Крупные размеры Множественное размножение Мало потомков Долгая жизнь
Способность к расселению	Быстрое и широкое расселение	Медленное расселение

Формы взаимоотношений бактерий



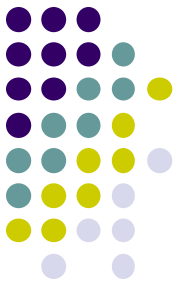
Тип взаимодействия	Значимость для 1 вида	Значимость для 2 вида
Нейтрализм	0	0
Конкуренция за ресурсы среды обитания	-	-
Антагонизм - продукция антибактериальных веществ	0 (+)	-
Аменсализм	-	-
Паразитизм	+	-
Мутуализм	+	+
Синтрофия / метабиоз	+/-	+/+
Симбиоз: - факультативный - облигатный	+	+

Конкуренция



- (лат. concurrere—сталкиваться) — взаимоотношения между организмами одного или разных видов, соревнующихся за одни и те же ресурсы внешней среды при недостатке последних.
- Конкуренция может быть **пассивной**—потребление ресурсов внешней среды, необходимых обоим организмам или **активной**—подавление одного другим в результате образования определенных продуктов обмена.
- В микробиологии понятие конкуренции обычно распространяют лишь на взаимоотношения между микроорганизмами, хотя возможны конкурентные отношения между микро- и макроорганизмами, например почвенные микроорганизмы конкурируют с высшими растениями за элементы минерального питания.
- В конкурентной борьбе организмы могут следовать различным стратегиям.

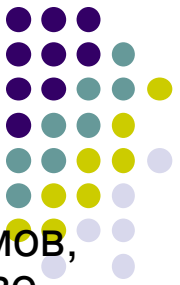
Антагонизм



- Антагонизм связан с образованием простых веществ – кислот, спиртов, мочевины и др.
- В других случаях определяется образование сложных веществ, специфически (избирательно) воздействующих на «чужие» бактериальные клетки

Пример антагонизма у микробов. Видна зона подавления роста стафилококка вокруг агарового блока с культурой актиномицета

Паразитизм и хищничество

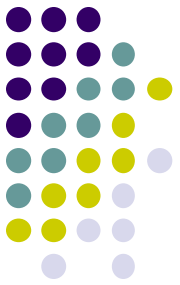


— форма антагонистических взаимоотношений двух различных организмов, при которой один из них (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания или источника пищи, возлагая на него регуляцию своих отношений с внешней средой



- *Bdellovibrio bacteriovorus* -мелкие вибрионы диаметром 0,2 — 0,5 и длиной 0,5-1,4 мкм, прикрепляется к наружной мембране и проникает в периплазматическое пространство жертвы
- Клетка жертвы раздувается и округляется, превращаясь в так называемый «бделлобласт»
- Используя бактериальную клетку в качестве пищи *Bdellovibrio bacteriovorus* растет, но не делится — превращается в длинную спиральную клетку
- Израсходовав запасы пищи она делится на множество коротких подвижных клеток, которые выходят наружу через оболочку жертвы

Симбиоз



В широком смысле симбиоз("symbiosis" - совместная жизнь) охватывает все формы тесного сожительства организмов разных видов, включая и паразитизм, который в этом случае называется антагонистическим симбиозом.

Основой для возникновения симбиоза могут быть трофические, пространственные и другие типы взаимоотношений. Один из партнеров системы или оба вместе приобретают возможность выигрыша в борьбе за существование.

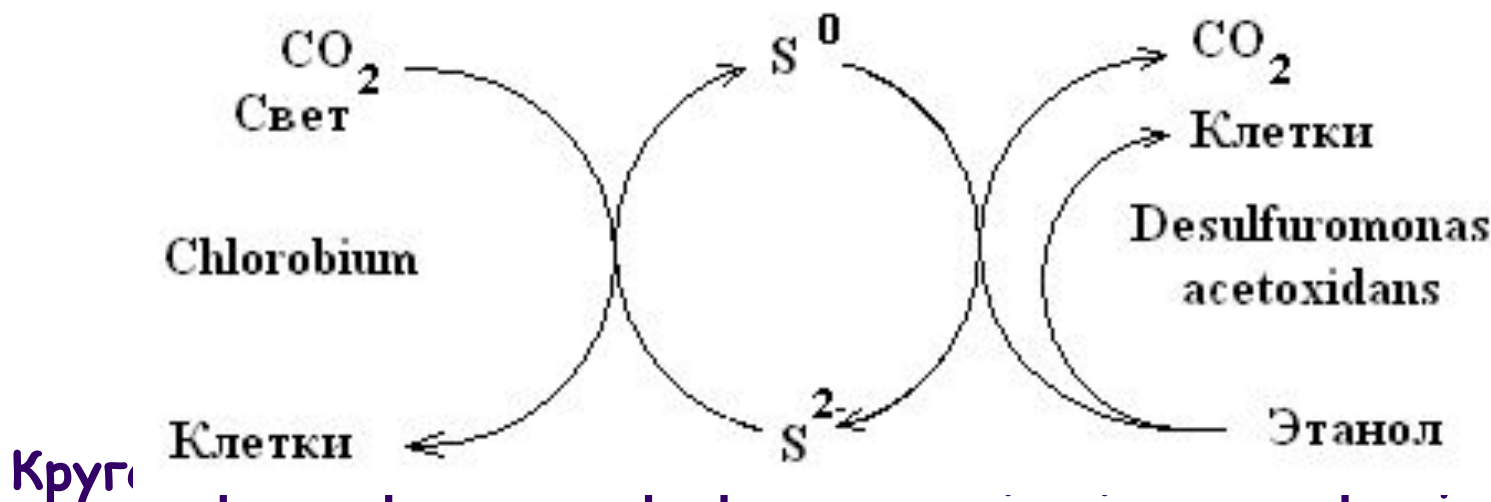
Симбиоз бывает факультативным, когда каждый из организмов при отсутствии партнера может жить самостоятельно, и облигатным, когда один из организмов (или оба) оказывается в такой зависимости от другого, что самостоятельное существование невозможно.

Термин «симбиоз» впервые введен немецким ботаником А. де Бари (1879) в применении к лишайникам.

Синтрофия



- способность двух или более видов бактерий осуществлять такой процесс, который ни один из них не может по отдельности:



состоящей из зеленой фототрофной бактерии рода *Chlorobium* и *Desulfuromonas acetoxidans*, использующего элементарную серу в качестве окислителя. Для оптимального развития такой синтрофной культуры достаточно невысокой концентрации сероводорода. Накопление сероводорода неблагоприятно для *Desulfuromonas*.

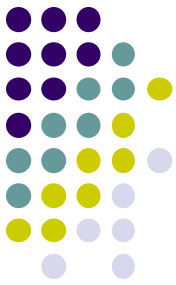
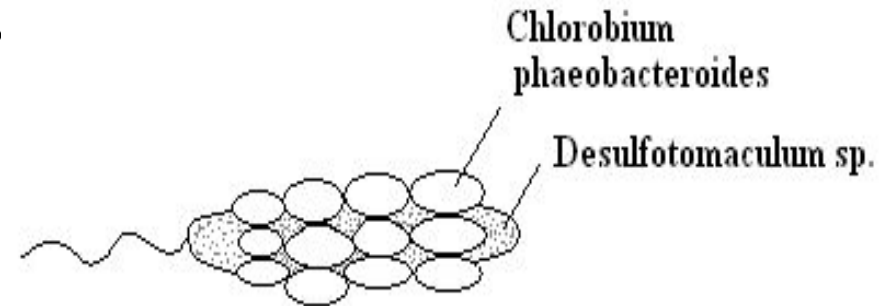
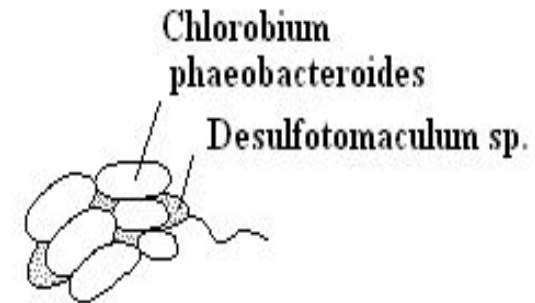
Консорциум

(лат. consortium -соучастие, сотоварищество) - клетки двух видов объединены как бы в единый организм.

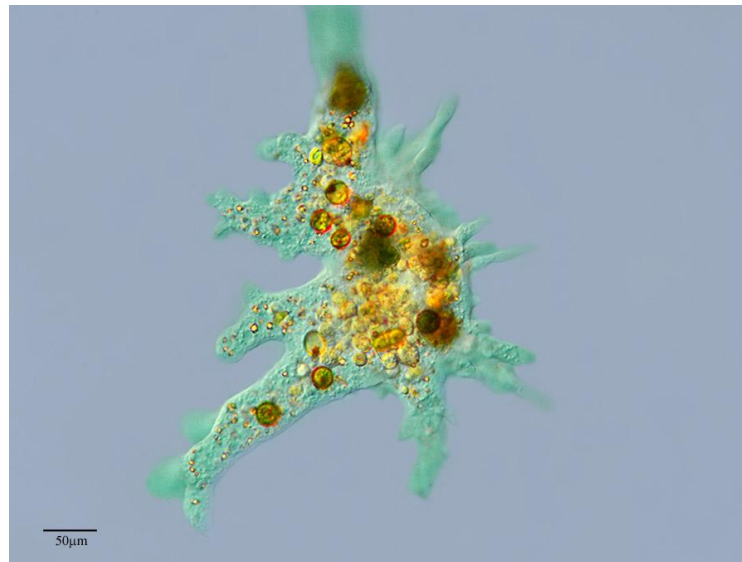
В центре консорциума находится подвижная относительно крупная бактерия - *Desulfotomaculum* на ее поверхности клетки зеленой серобактерии *Chlorobium*.

Фотосинтезирующие зеленые серобактерии снабжают центральную сульфатредуцирующую бактерию органическим веществом и окисленной серой,

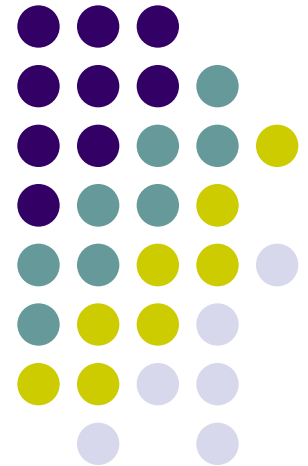
Desulfotomaculum выделяя сероводород в микроценозе консорциума, снабжает фотосинтезирующую бактерию восстановителем.



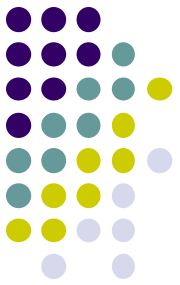
Симбионты простейших



© <http://www.krugozors.ru/foto-pod-mikroskopom.html>

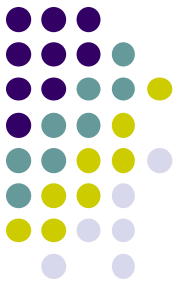


Эндоцитобиоз

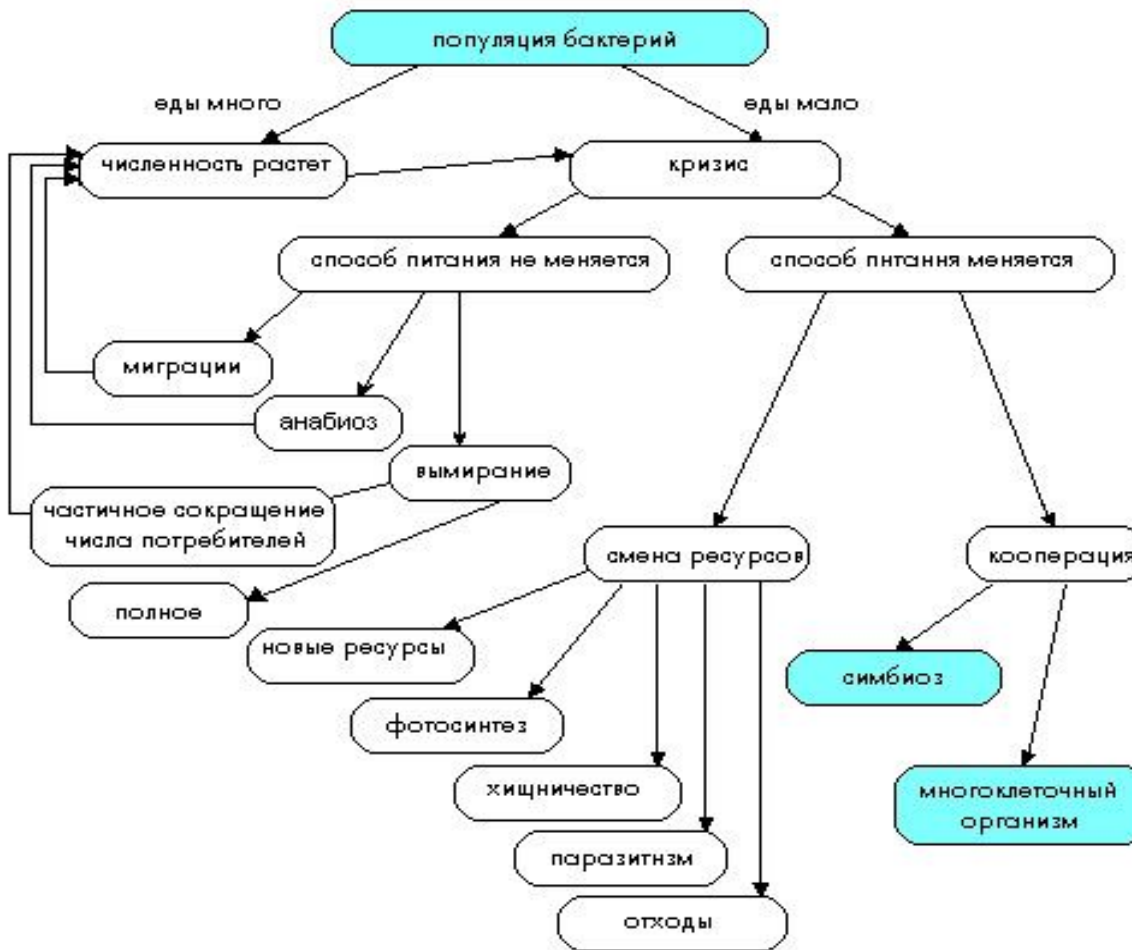


- Под **эндоцитобиозом** понимают развитие клеток определенных микроорганизмов внутри клеток других организмов.
- Иногда эндоцитобионты приносят хозяину более или менее значительный вред, то есть являются **паразитами**. В других случаях они полезны хозяину, иногда он без них не может существовать, тогда можно говорить о **симбиозе**.
- В большинстве случаев эндоцитобионты в результате их адаптации к существованию в чужой клетке уже неспособны существовать вне ее, то есть являются **облигатными** (обязательными) паразитами или симбионтами.
- В результате эндоцитобиоза (развития микроорганизмов внутри клеток других организмов) возрастает **биоразнообразие**, возникают организмы с новыми свойствами, иногда способные существовать в экстремальных условиях. Симбиотические бактерии явились **родоначальниками хлоропластов и митохондрий** эукариотической клетки.

Введение



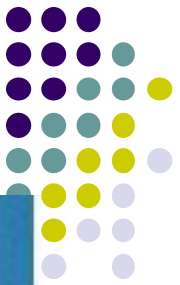
ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЭВОЛЮЦИИ ПОПУЛЯЦИИ С ВЫХОДОМ
НА СЛЕДУЮЩИЙ ИНТЕГРАТИВНЫЙ УРОВЕНЬ



Симбиоз – не просто очень широко распространенное явление. Это магистральный путь эволюции, без которого прогрессивное развитие жизни на Земле было бы крайне затруднено, если вообще возможно.

Взаимоотношения с амёбами

© http://www.syl.ru/article/171181/new_ameba-obyiknovennaya-opisanie-razmnojenie-sreda-obitaniya



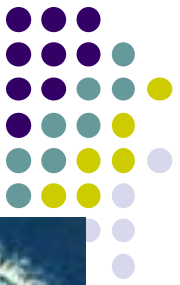
- Бактериальные клетки неоднократно обнаруживали в цитоплазме и ядрах амёб. Клетки простейших имеют характерное для эукариот строение, что определяет их способность к эндоцитозу – фитофагии и зоофагии.
- У *Amoeba proteus* палочковидные бактерии расположены в вакуолях, различные клоны амёбы могут быть снабжены симбионтами или лишены их. Американский ученый К. Джон сообщил о превращении бактерий, патогенных для этой амёбы, в безвредных симбионтов.
- В цитоплазме простейшего *Pelomyxa palustris* бактерии расположены вокруг ядра (показаны стрелками) в вакуолях, формирующих единую систему лакун и трубочек; предположительно выполняют функции митохондрий.



© <http://aspidisca.livejournal.com/56018.html>

Симбионты инфузорий

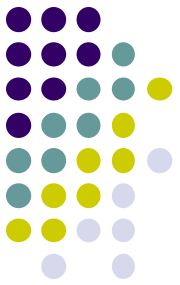
© <http://900igr.net/prezentatsii/biologija/Prostejshie-organizmy/019-Tip-Infuzorii.html>



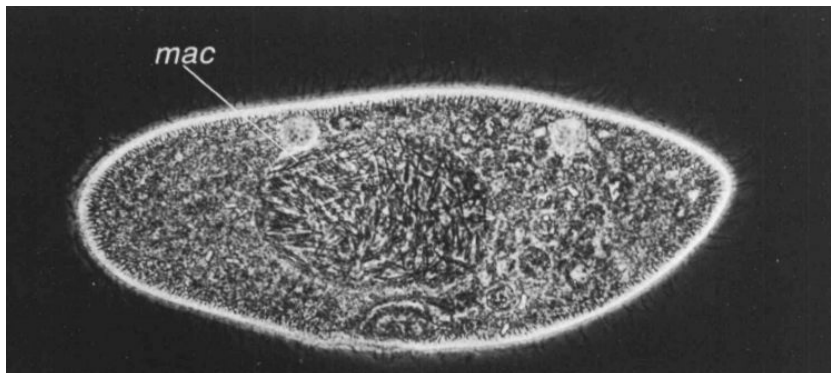
Инфузории. Слева направо: парамеция (инфузория-туфелька), блефаризма, эвплотес, подофрия, инфузория-трубач

Симбиотические бактерии часто обнаруживаются в цитоплазме и ядрах инфузорий. Хотя говорить здесь о симбиозе можно только условно, поскольку польза для животного неочевидна, а иногда бактерии наносят хозяину несомненный вред. Бактерии, заселяющие ядра инфузории туфельки, изучены и описаны еще в 1890 году учеником И.И. Мечникова - доктором В.В. Хавкиным. Они были названы Хавкиным голоспорами (*Holospora*) – внутриядерные симбионты. Это может быть примером паразитизма.

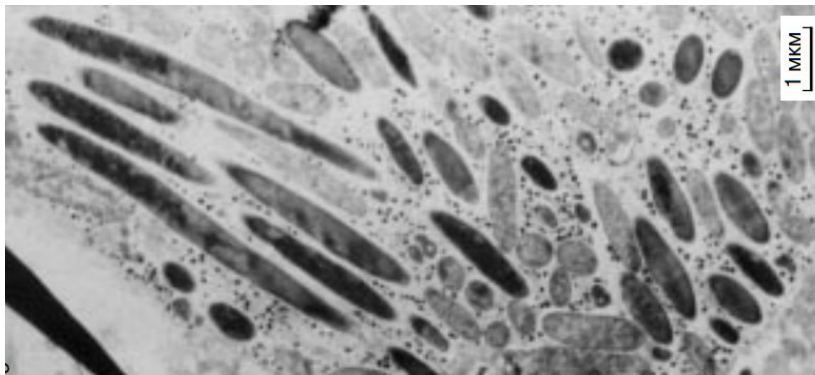
Бактерии – паразиты простейших



© femsle.oxfordjournals.org



© <http://jcs.biologists.org/content/73/1/389.full.pdf>



© http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9802_073.pdf

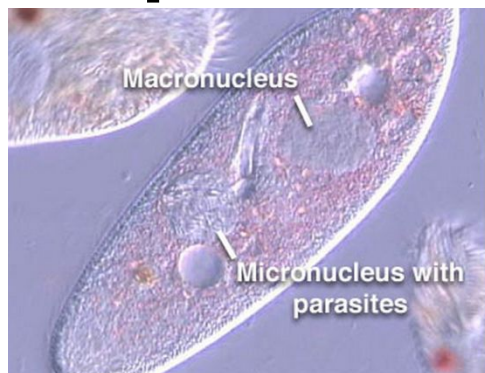
- Бактерия *Holospora obtusa* – внутриядерный паразит инфузории *Paramecium caudatum* (рис. сверху)
- Вегетативные клетки длиной 1,5-2 мкм находятся в макронуклеусе (mac); делятся перетяжкой; достигают сотен копий (рис. посередине)
- Некоторые из них превращаются в споры – неделящиеся поляризованные клетки длиной 15-18 мкм, которые поступают во внешнюю среду и заражают новые инфузории (рис. внизу)
- Зараженные инфузории нормально делятся, но теряют способность вступать в половой процесс

Бактерии – паразиты простейших



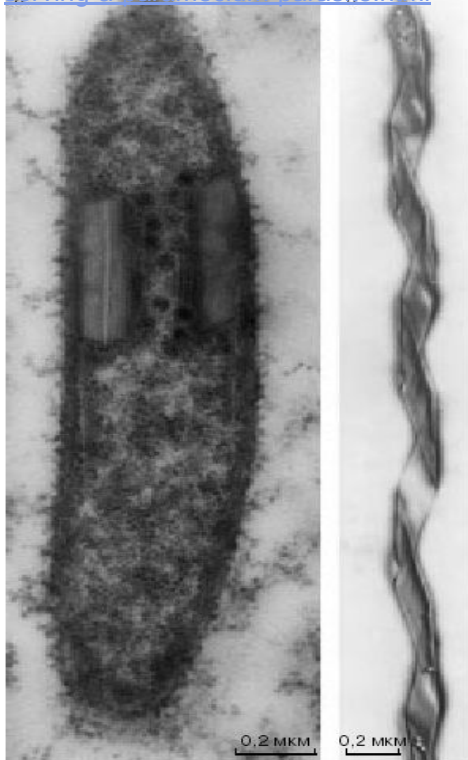
- В микронуклеусе *P. caudatum* могут находиться клетки голоспор (*Holospira undulata*), где они проходят закономерный цикл развития. Некоторые клетки, перестав делиться, становятся значительно длиннее - до 12- 15 мкм - и несколько толще и через ряд промежуточных стадий превращаются в извитые, неподвижные и никогда не делящиеся клетки. Эти клетки служат для заражения инфузорий.
- Микронуклеус зараженной парамеции содержит несколько сотен бактерий. Размеры зараженного микронуклеуса увеличиваются, но количество ДНК в нем уменьшается, иногда наблюдается полиморфизм микронуклеусов. Симбионты вызывают активизацию в норме неактивного микронуклеуса, в ядерной оболочке образуется большое число пор, хроматин диспергируется. Зараженные парамеции не обнаруживают признаков дегенерации и нормально делятся, но не вступают в половой процесс. Однако после освобождения от симбионтов способность к конъюгации восстанавливается.
- При митотическом делении зараженного микронуклеуса часть симбионтов, попадает в дочерние микронуклеусы, но большое количество спор, ориентированных параллельно микротрубочкам веретена, остается в его центральной части. Остаточное тело оказывается в одной из дочерних клеток, где скоро разрушается, а до 200 спор выводится в окружающую среду. Споры заглатываются парамециями, попадают в пищеварительные вакуоли, а затем в микронуклеус.

Паразитизм в тройственной системе



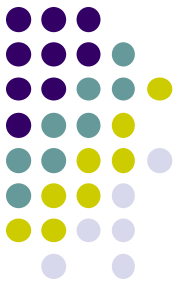
©

<https://www.ebiomedia.com/fleas-have-fleas-ob-serving-a-paramecium-parasite.html>



- Клетки простейшего *Paramecium aurelia* могут содержать или не содержать паразитическую бактерию *Caedibacter* (а).
- Если встретятся инфузория с такими симбионтами и инфузория, их лишенная, то последняя этими симбионтами либо будет заражена, либо убита. Если это обычные вегетативные клетки бактерии, инфузория будет заражена, но она погибнет, если в этих бактериях активировались гены находящегося в них **вирусного генома**. Тогда бактерии перестают делиться, в них обнаруживаются вирусные частицы и крупные, преломляющие свет R-тела.
- Часть популяции *Caedibacter* всегда содержит так называемые R-тела (б) – скрученные белковые ленты, образуемые под контролем генов **бактериофага**. Для бактерий такая индукция летальна. Если простейшее заглатывает бактерию с R-телами, то в ее лизосоме лента раскручивается, протыкает мембрану и вызывает излитие содержимого лизосомы в цитоплазму. Следствие – гибель простейшего.
- Если простейшее уже содержит эти бактерии, оно нечувствительно к такой инфекции.

Заключение



В естественных условиях обитания микроорганизмы существуют не изолированно, а находятся в сложных взаимоотношениях, которые сводятся в основном к симбиозу, метабиозу и антагонизму как между собой, так и с клетками более сложно устроенных организмов: простейших, беспозвоночных, членистоногих, растений и животных.

Интересным вариантом тесного сожительства, приносящего взаимную пользу является нахождение клеток бактерий в других клетках – эндоцитобиоз.

Антагонистические взаимоотношения выработались у микроорганизмов в борьбе за существование и обусловлены как прямым воздействием микроорганизмов друг на друга так и действием продуктов их обмена.