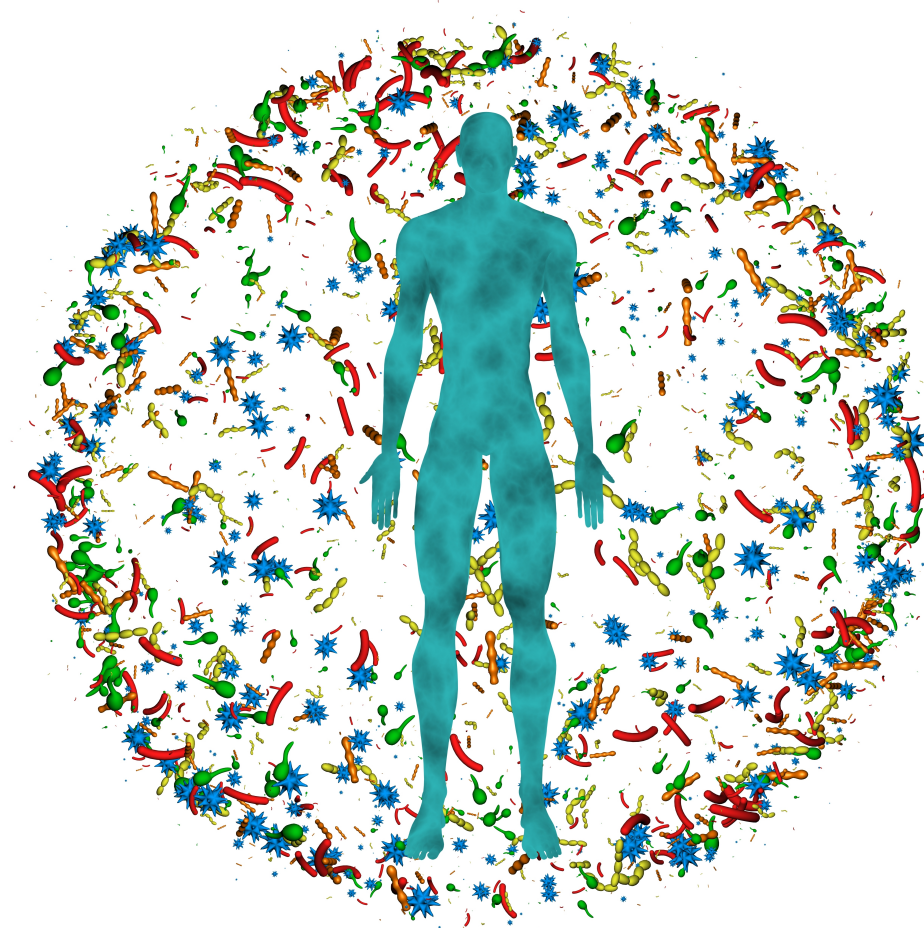


Лекция 10
Симбионты и патогены



СИМБИОЗ - ВЗАИМОВЫГОДНОЕ ПАРТНЕРСТВО

Симбиоз – очень тесные взаимодействия двух организмов, иногда облигатные (то есть обязательные для обоих)

Если выгоду от совместного существования получает только один партнер – *комменсализм*

Если один из партнеров, получая выгоду, наносит другому вред – *паразитизм*

Типы симбиотических сообществ (по составу)

- Только прокариоты
- Прокариоты и грибы
- Прокариоты и растения
- Прокариоты и беспозвоночные животные
- Прокариоты и позвоночные животные

ТИПЫ СИМБИОЗА ПРО- и ЭУКАРИОТ

Эндосимбиоз – прокариоты находятся внутри тканей макроорганизма, или даже внутри клеток. Иногда у макроорганизма существуют специальные органы, в которых размещаются симбионты

Экзосимбиоз – симбиотические прокариоты находятся вне тканей макроорганизма, хотя могут быть и внутри его (пример – кишечник)

Типы симбиотических сообществ (по уровню взаимодействия)

- Термодинамика катаболических процессов (синтрофия)
- Разложение недоступных для макроорганизмов субстратов
- Автотрофная ассимиляция CO_2
- Снабжение макроорганизма доступными формами азота
- Снабжение макроорганизма витаминами, аминокислотами, etc
- Защита от нежелательной микрофлоры
- Расширение ферментативных возможностей

Основа симбиотических отношений

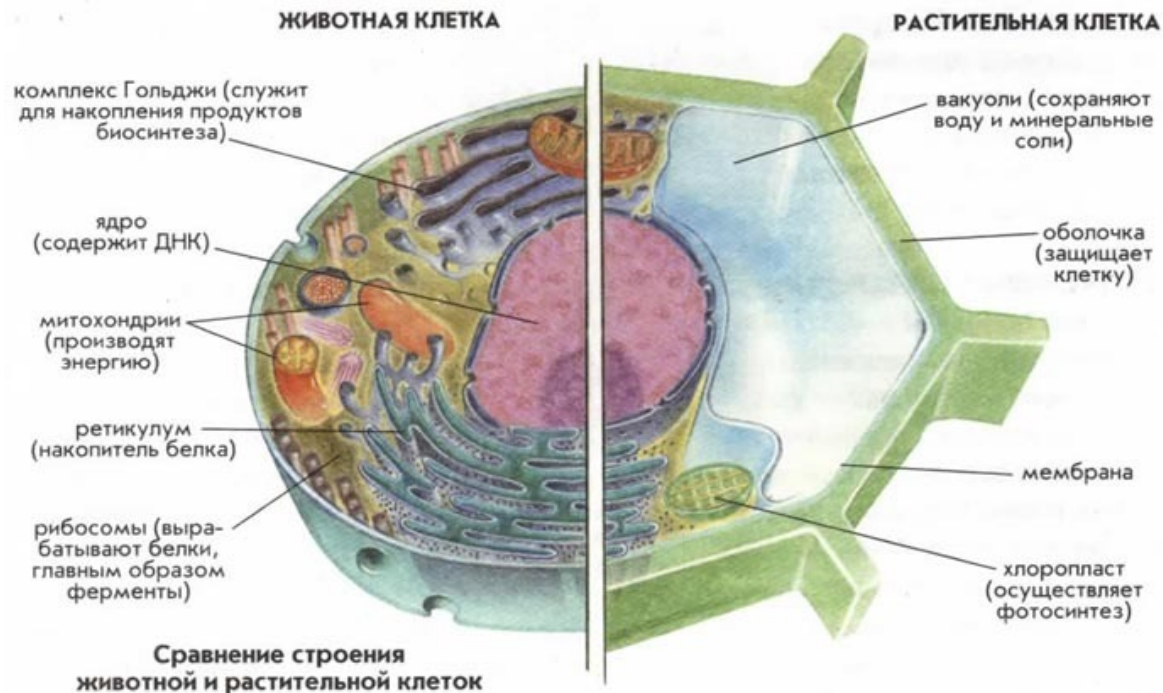
- Термодинамика катаболических процессов (синтрофия)
- Разложение недоступных для макроорганизмов субстратов
- Автотрофная ассимиляция CO_2
- Снабжение макроорганизма доступными формами азота
- Снабжение макроорганизма витаминами, аминокислотами, etc
- Защита от нежелательной микрофлоры
- Расширение ферментативных возможностей

Развитие молекулярных методов обнаружило

- Повсеместное распространение симбиоза 2-го типа
- Наличие специфической микрофлоры у большинства исследованных макроорганизмов
- Разнообразие типов взаимовыгодных отношений между микро- и макроорганизмами

Теория симбиогенеза

Предполагается, что митохондрии в клетках эукариот произошли от Гамма-протеобактерий, а хлоропласты – от цианобактерий, поглощенных архейными клетками



Доказательства:

Две замкнутые мембраны, внутренняя близка к мембранам бактерий

Размножаются бинарным делением независимо от деления клетки

Имеют свою кольцевую ДНК

Имеют свой аппарат синтеза белка бактериального типа

Некоторые белки близки к бактериальным

АРХЕИ И БАКТЕРИИ

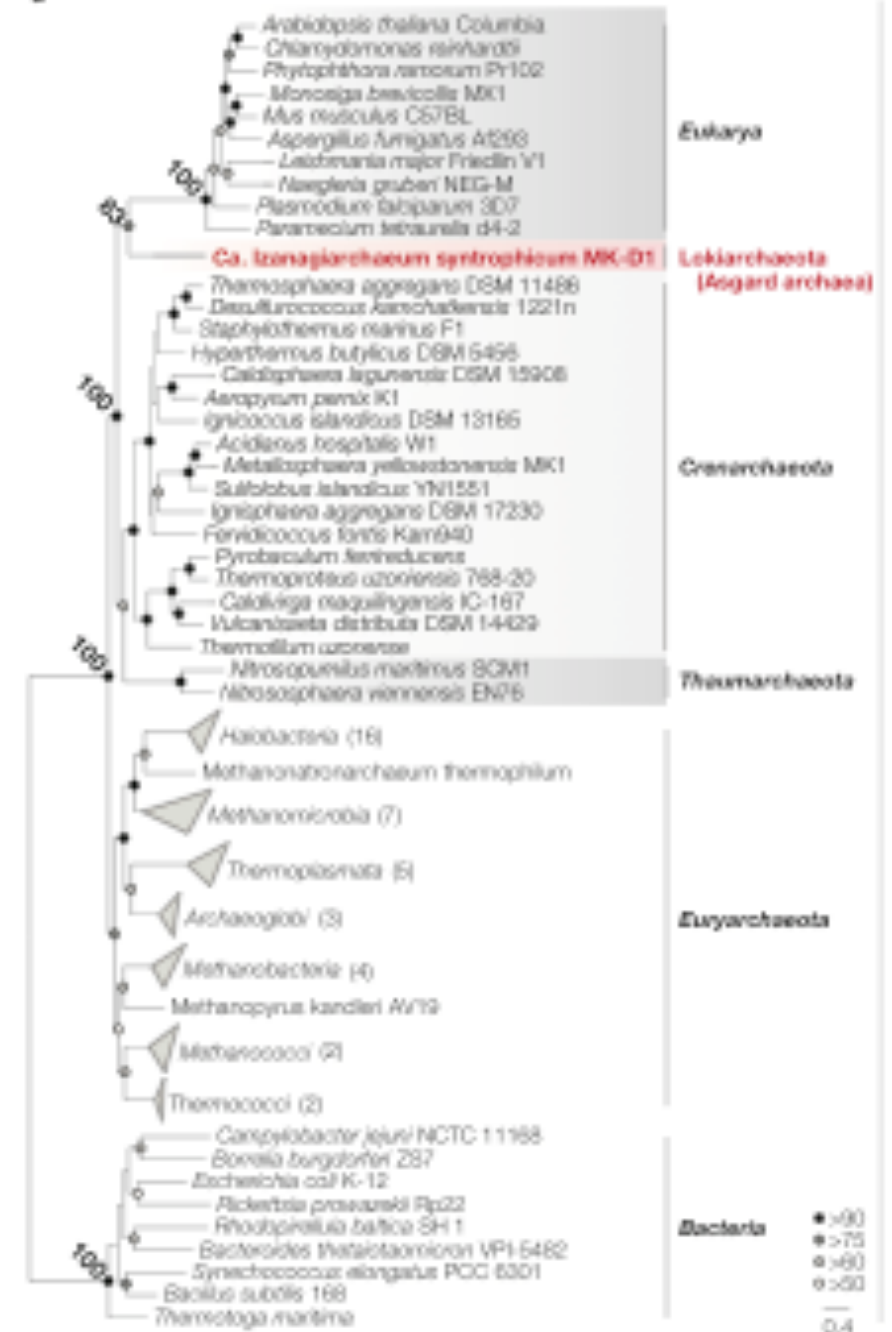
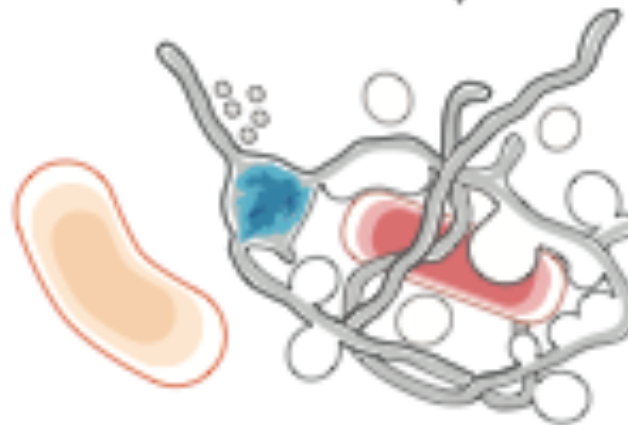
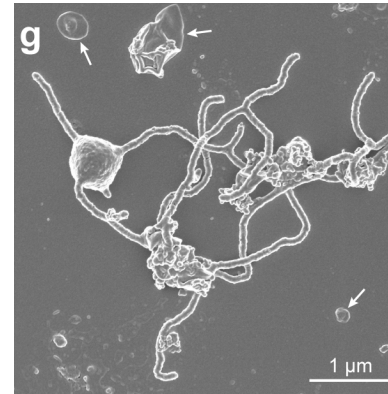
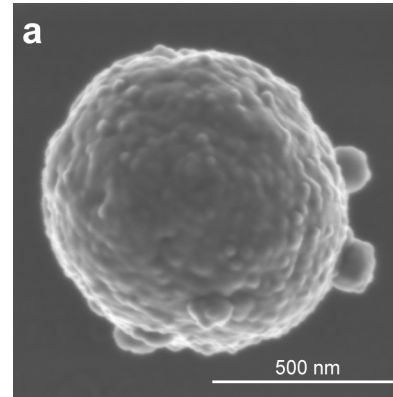
Lokiarchaeota



Кен Такаи

2019!

Ca 'Izanagiarchaeum syntrophicum'

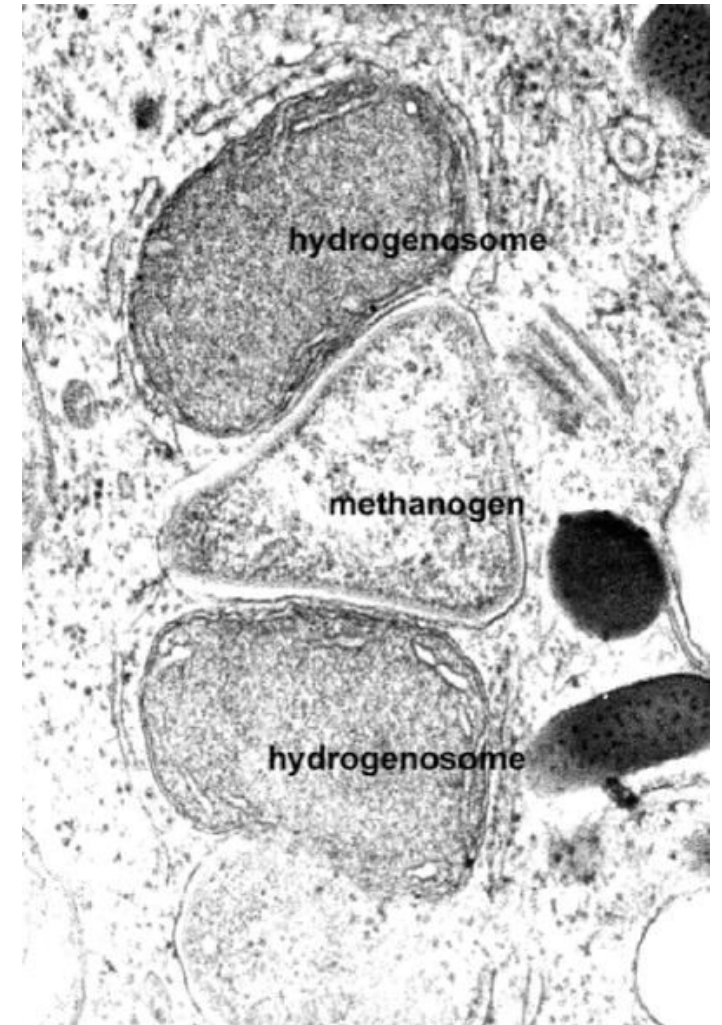


Простейшие и прокариоты

Простейшие (амебы, инфузории) питаются прокариотами, клетки которых иногда не погибают, а остаются жить в клетке хищника, иногда даже в ядре или ядрышке

Защищают от нежелательных пришельцев, снабжают витаминами

В анаэробных условиях участвуют в энергетическом метаболизме: метаногены поглощают образующийся в гидрогеносомах водород



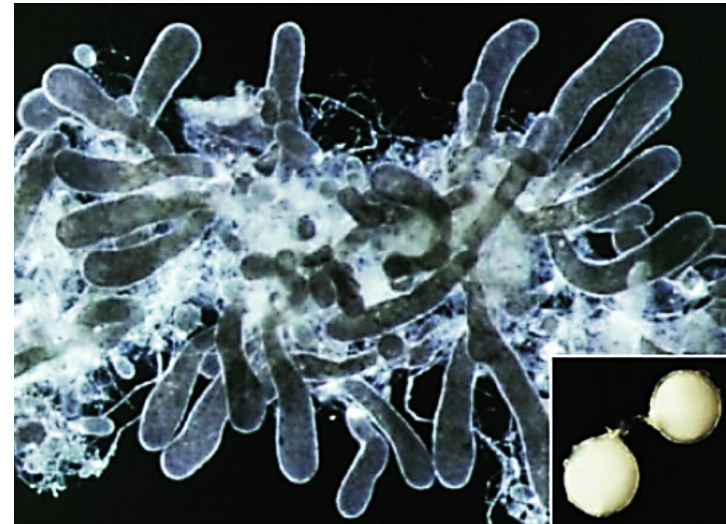
СИМБИОЗ ГРИБОВ И ФОТОТРОФОВ

Лишайники – симбиоз гриба и водоросли или цианобактерии, иногда нескольких

Экзосимбиоз

В свободном виде не встречаются, но их можно разделить и затем снова соединить

Geosiphon-Nostoc – эндосимбиоз, в котором клетки цианобактерии находятся внутри специальных пузырей, образуемых грибом



ГУБКИ И ИХ СИМБИОНТЫ

Губки содержат множество экзо- и эндосимбионтов (внутри специальных клеток)

Среди них цианобактерии и археи
Симбиотические цианобактерии могут составлять до трети массы губок и поставлять им 80% питательных веществ

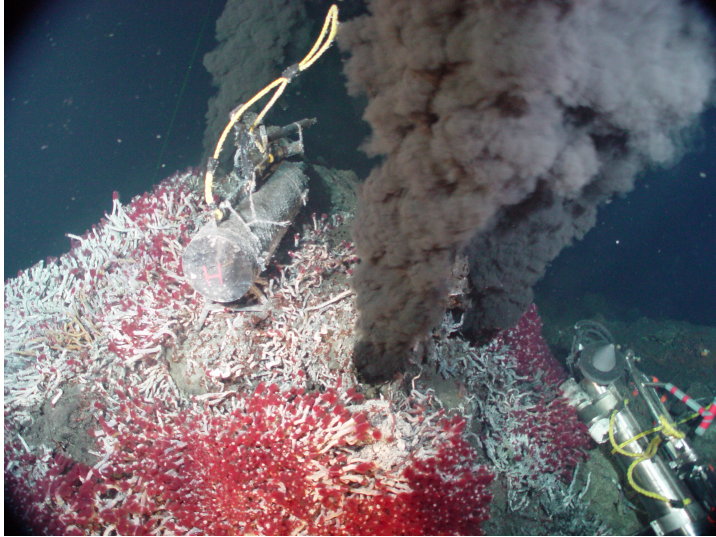
Функции многих симбионтов неизвестны

В озере Байкал обитают эндемичные губки, активности которых приписывают сохранение чистоты воды Байкала

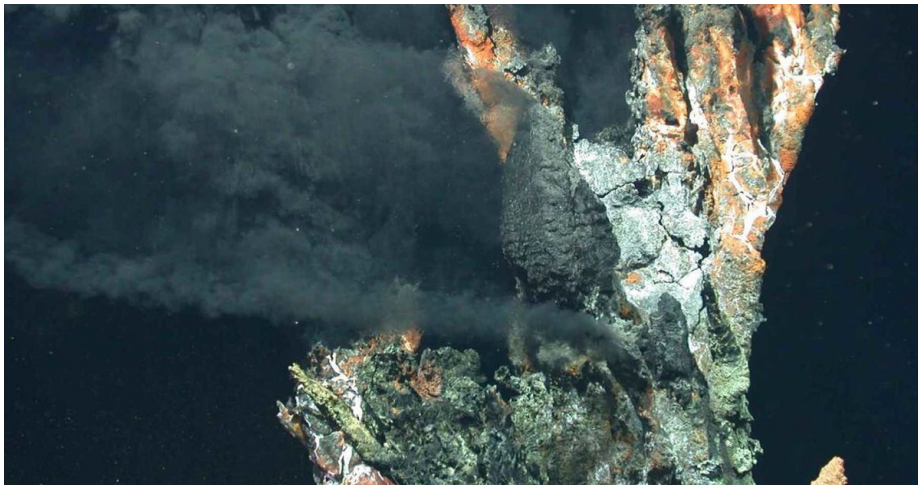
На небольшой глубине они имеют ярко-зеленый цвет благодаря симбиозу с микроводорослями



Симбиоз беспозвоночных с литоавтотрофными прокариотами



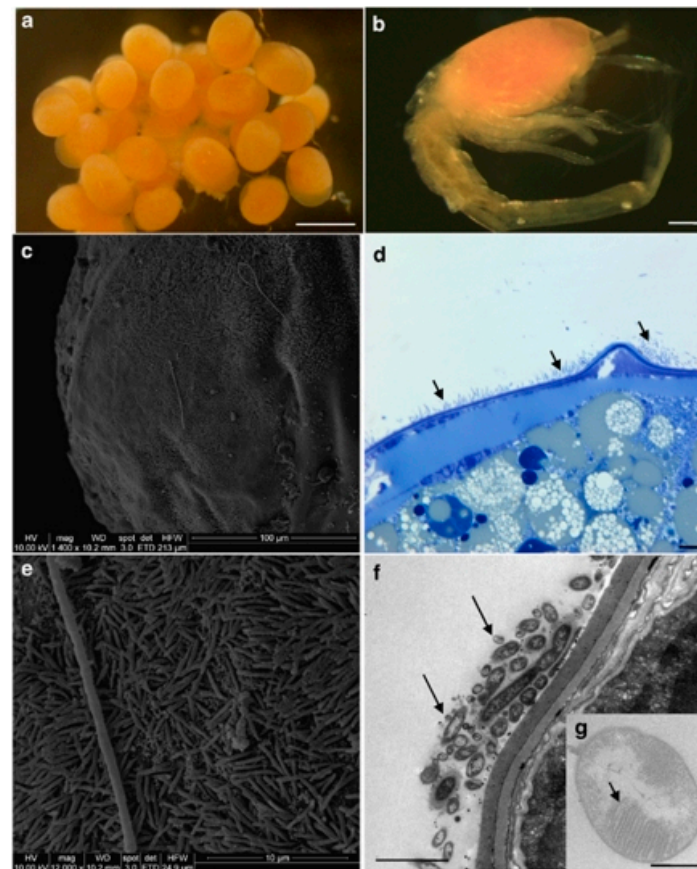
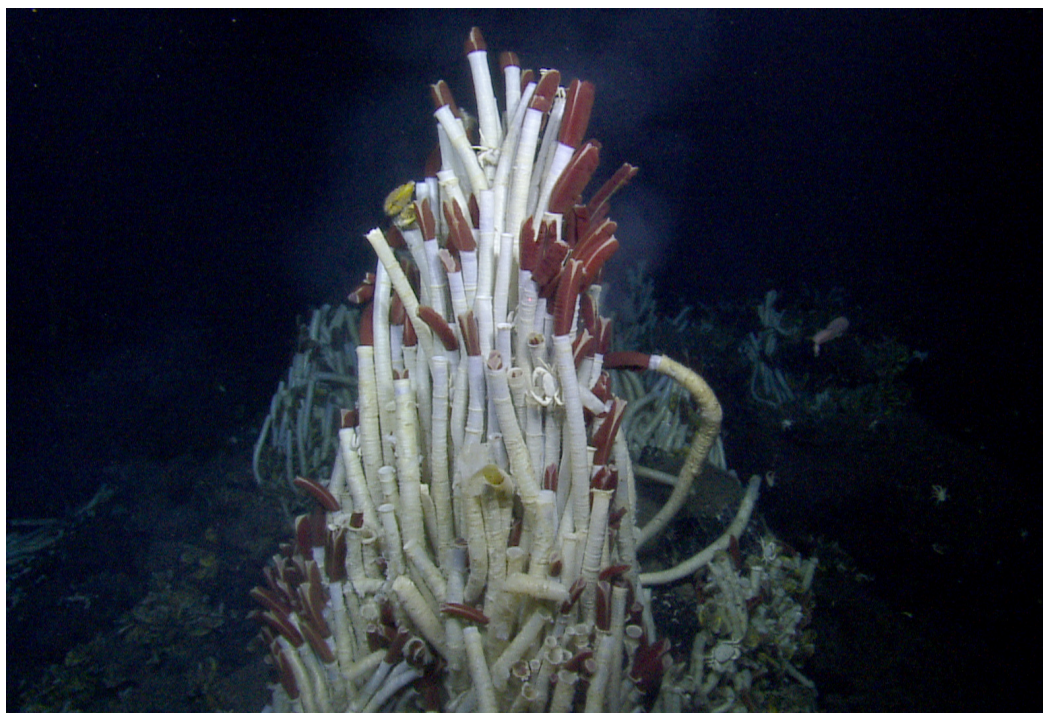
«Черные курильщики»
– глубоководные
гидротермы



Хемолитоавтотрофные бактерии используют энергию неорганических соединений, поступающих с флюидом и являются пищей для беспозвоночных животных, часто образуя с ними симбиотические ассоциации

Симбиоз беспозвоночных с литоавтотрофными прокариотами

Черви рода *Riftia* (вестиментиферы)
полностью зависят от эндосимбиотических
бактерий, окисляющих H_2S (специальные
органы – трофосомы)



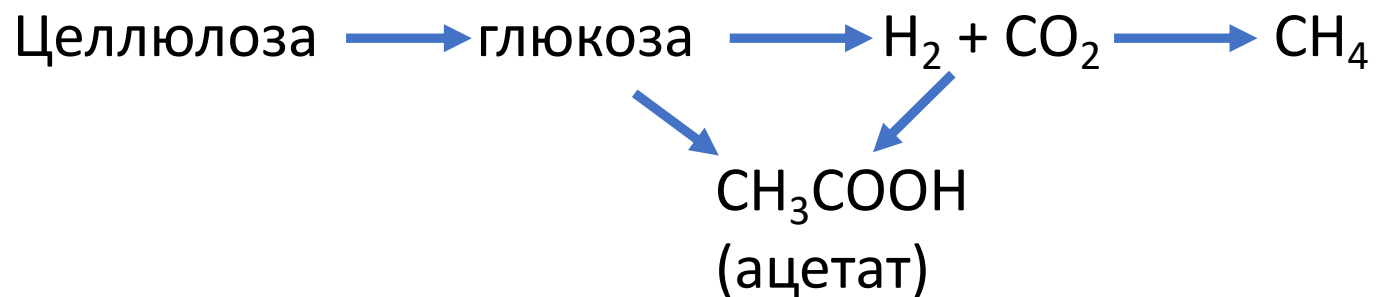
Креветки содержат эпибионтов -
сульфид-, метан- и
железоокисляющих бактерий

Симбионты термитов

Термиты обладают способностью переваривать лигнифицированную целлюлозу (древесина)

Очень сложно устроенная пищеварительная система

Кишечник имеет несколько отделов (P1 – P5), которые различаются по составу микробиоты и даже по pH (P1 – щелочной)

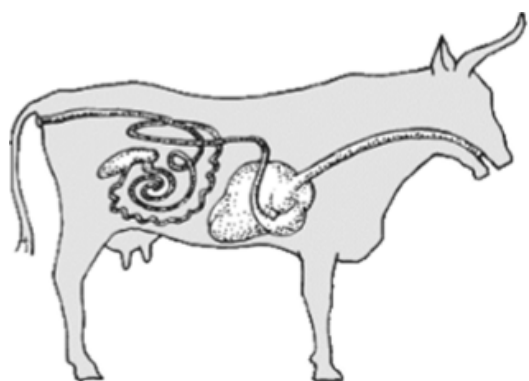
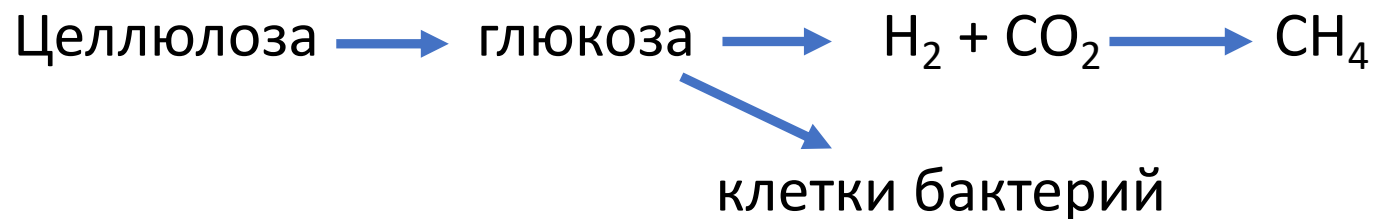


У высших термитов – только прокариоты

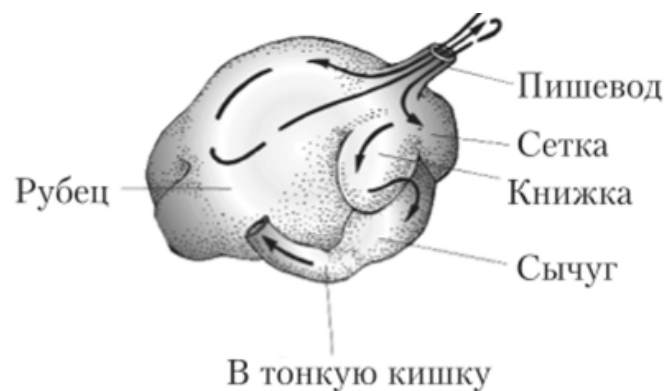
У низших термитов – еще и инфузории

Рубец жвачных животных

В желудке жвачных животных есть особый отдел – рубец, наполненный клетками микроорганизмов



a



б

Объем рубца коровы – 80 – 100 л

Количество клеток – 10^{12} /мл

Бактерии рубца являются источником азота для животных

Там есть также археи, грибы, вирусы

Метан, образуемый крупным рогатым скотом составляет 14.5% от всех антропогенных выбросов



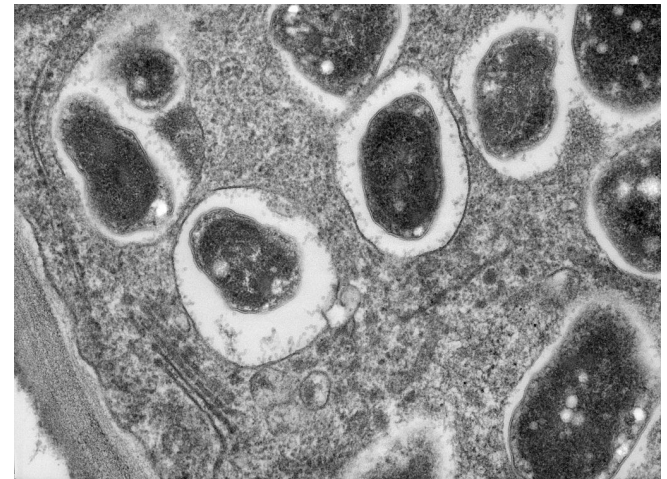
В Аргентине с 2009 года собирают метан, образуемый коровами, для использования в домашнем хозяйстве, и даже для заправки автомобилей

Клубеньковые бактерии и бобовые растения

Клубеньки (nodules) – специальные органы на корнях растений (не только бобовых), в которых размещаются клетки бактерий, ассимилирующих азот

Растение обеспечивает бактерий энергетическими субстратами

Специальный железосодержащий белок леоглобин обеспечивает повышенное содержание кислорода в клубеньках



Микроорганизмы ризосферы

Корневая зона растения, активно заселенная микроорганизмами



Узкий слой почвы (2-5 мм)
непосредственно вокруг корней

Растения выделяют питательные
вещества, привлекающие бактерии и
микроскопические грибы

Бактерии (свободноживущие)

- ассимилируют азот
- защищают растение от паразитических микроорганизмов

Грибы образуют микоризу и существенно
увеличивают поверхность и протяженность
корневой системы растения

Микробиота ризосферы специфична; связи между
микро- и макроорганизмами сложны и
разнообразны

**Пример: суточные циклы у азот-ассимилирующих
бактерий, ассоциированных с растениями риса**

Симбионты орхидей

Орхидеи – единственные растения,
имеющие эндомикоризу

Грибы развиваются в тканях растения и
необходимы для его нормального роста и
размножения

В тканях орхидей также содержатся клетки
бактерий, в том числе цианобактерий,
которые ассимилируют азот



Основа симбиотических отношений

- Термодинамика катаболических процессов (синтрофия)
 - Разложение недоступных для макроорганизмов субстратов
 - Автотрофная ассимиляция CO_2
 - Снабжение макроорганизма доступными формами азота
-
- Снабжение макроорганизма витаминами, аминокислотами, etc
 - Защита от нежелательной микрофлоры
 - Расширение ферментативных возможностей

Человек и его микробиом

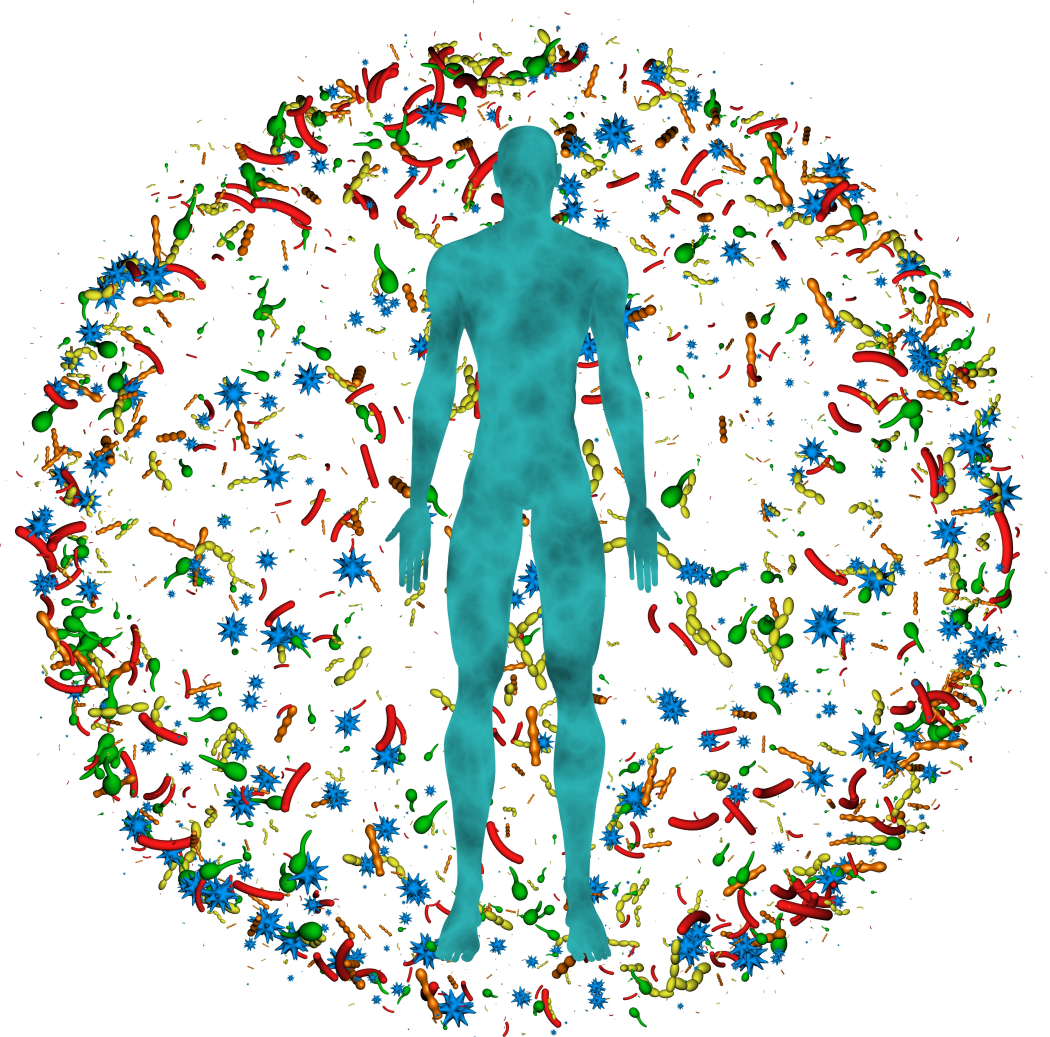
Микробиота – все микроорганизмы

Микробиом – все гены (2001 г)

Микробиота человека была обнаружена
Левенгуком в 1680-х

Он установил, что микробиота в разных
отделах тела человека, а также у разных
людей различается

В теле человека 10-100 триллионов
микробных клеток (10^{13} – 10^{14})



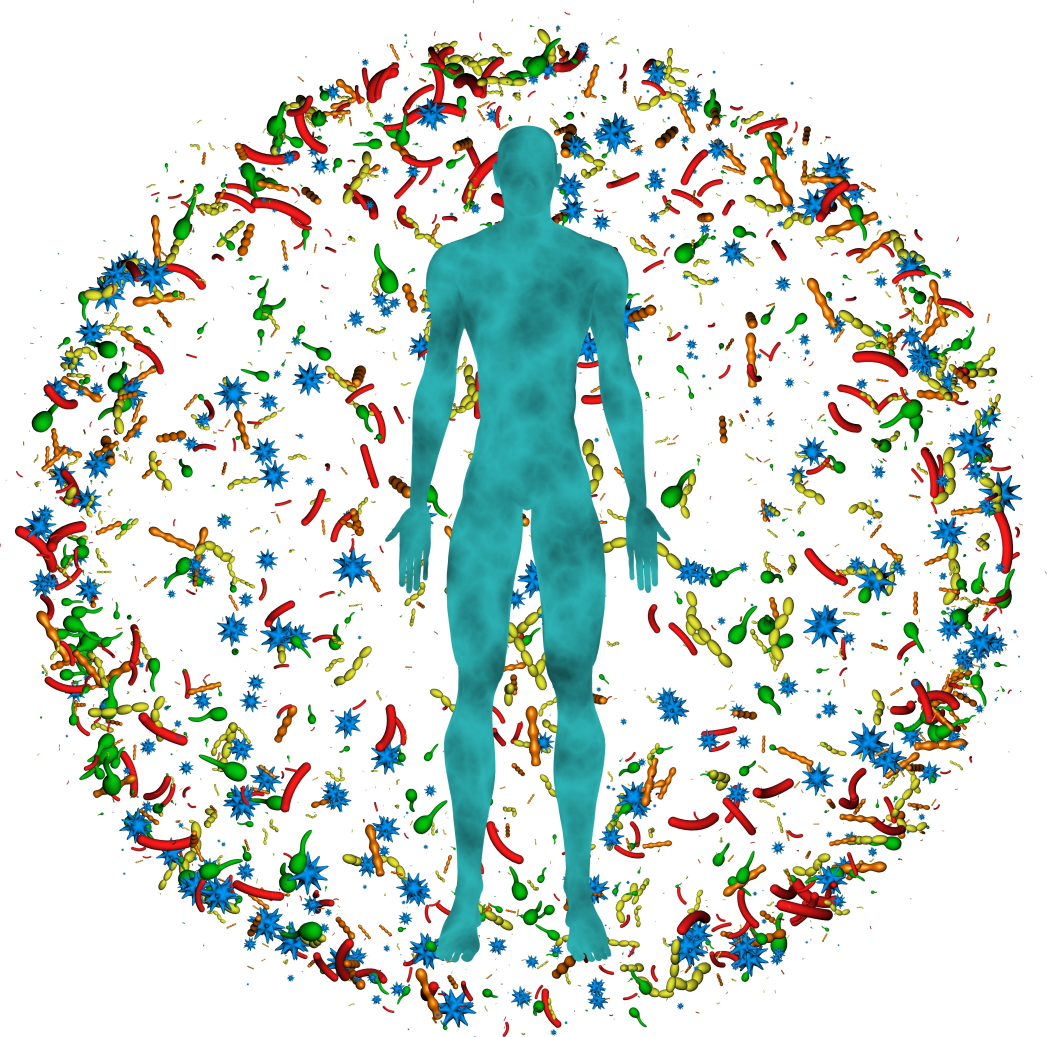
Человек и его микробиом

Геном человека – 22000 генов
99.9% одинаковы у всех людей

Микробиом человека – 3.3 миллиона
генов, 80-90% различия между
отдельными людьми

Индивидуальная микробиота
постоянно меняется

У ребенка формируется к году,
полностью к 2.5 годам

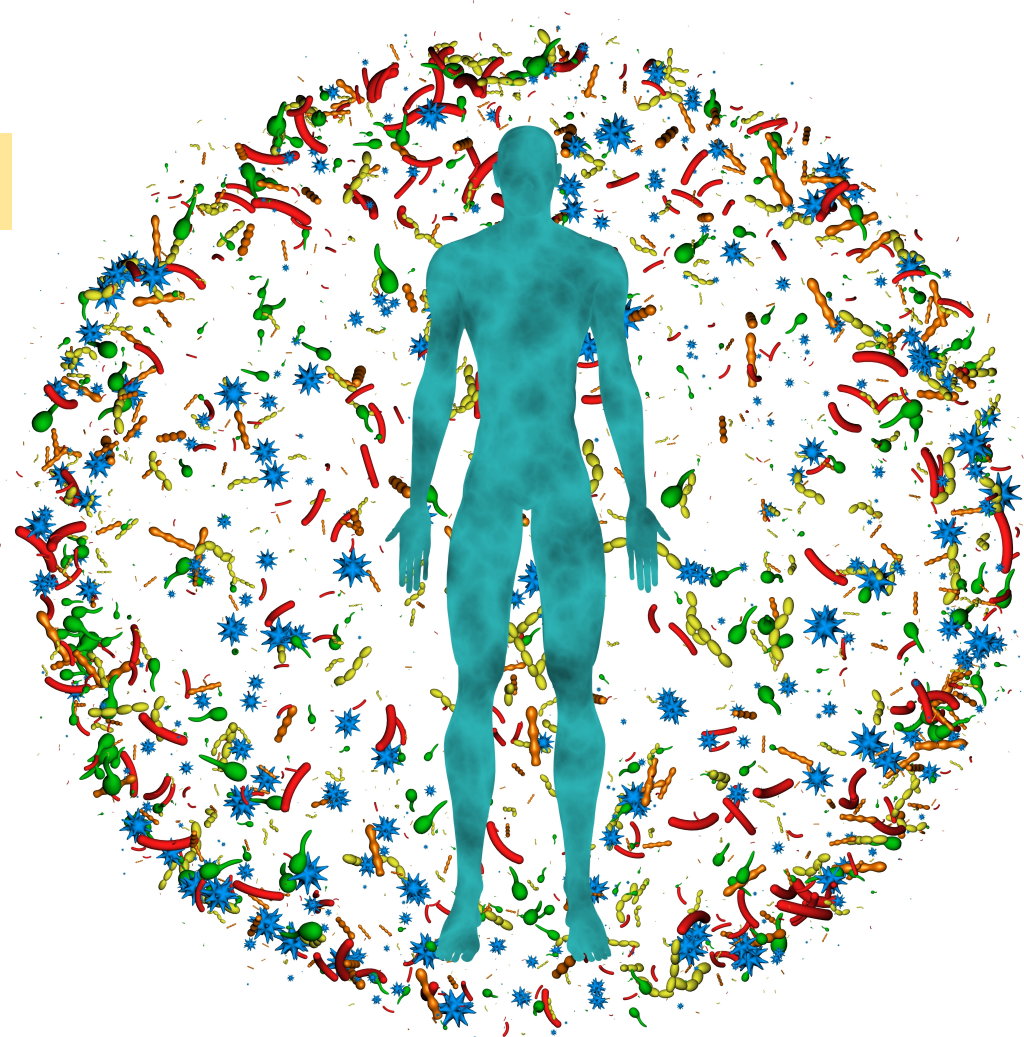


Человек и его микробиом

Существует ли «коровый» микробиом?

Пока установлено, что есть группа генов, которая присутствует у половины исследованных людей

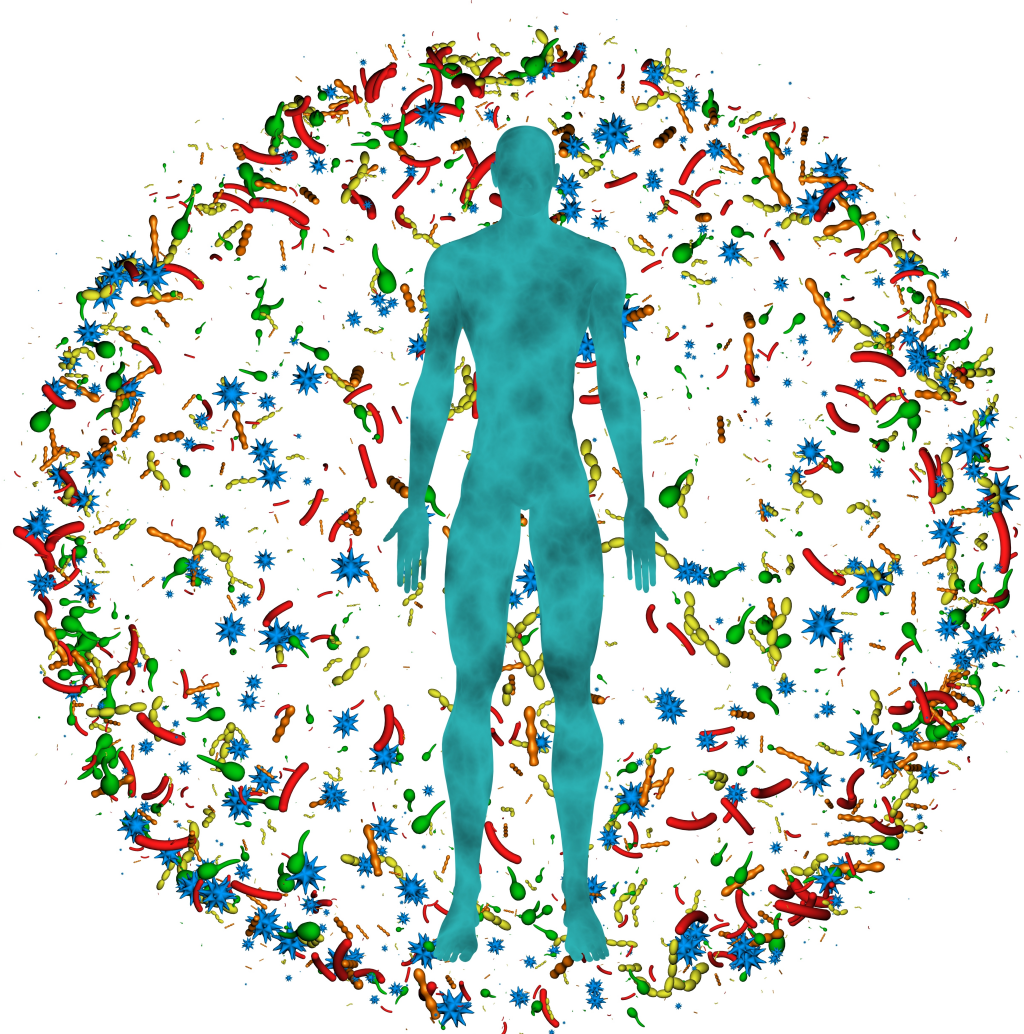
Но это именно микробиом, а не микробиота



Человек и его микробиом

Накоплена огромная база данных по микробиому человека, которая позволяет искать корреляции между составом микробиоты и:

- Заболеваниями
- Комплекцией
- Иммунным статусом
- Психикой
- Свойствами характера и поведения
- ...
- ...



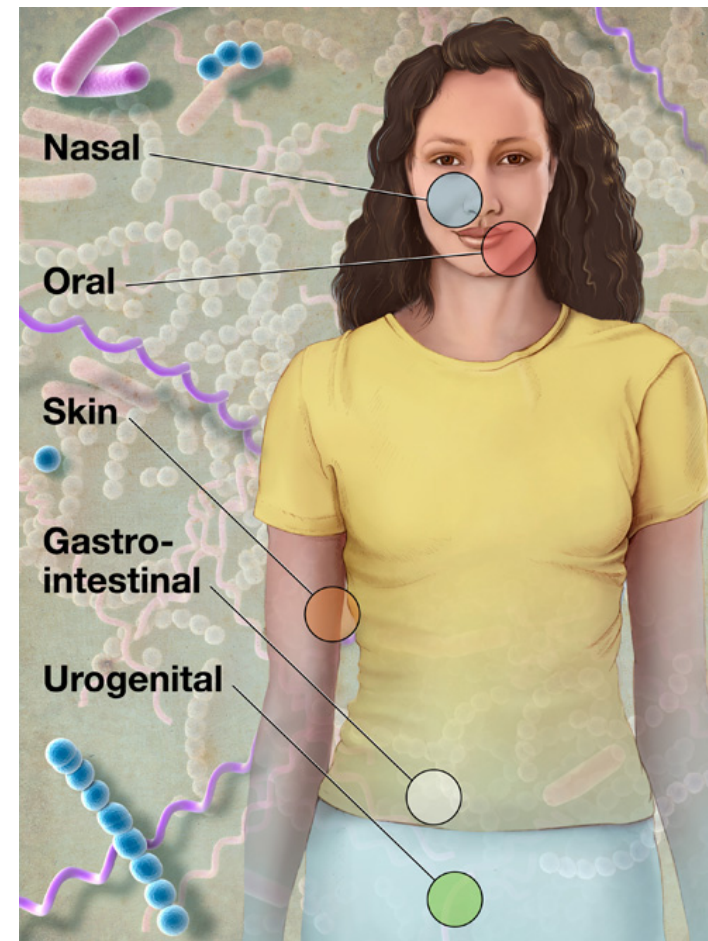
Человек и его микробиом

Симбиотическая микрофлора человека –
только экзосимбионты

Человек - открытая система, с постоянным обменом микроорганизмами с окружающей средой

Основная функция нормальной микробиоты человека – защита от патогенов

Пока постоянство состава установлено лишь для урогенитальной системы женщин, где в норме доминируют молочнокислые бактерии



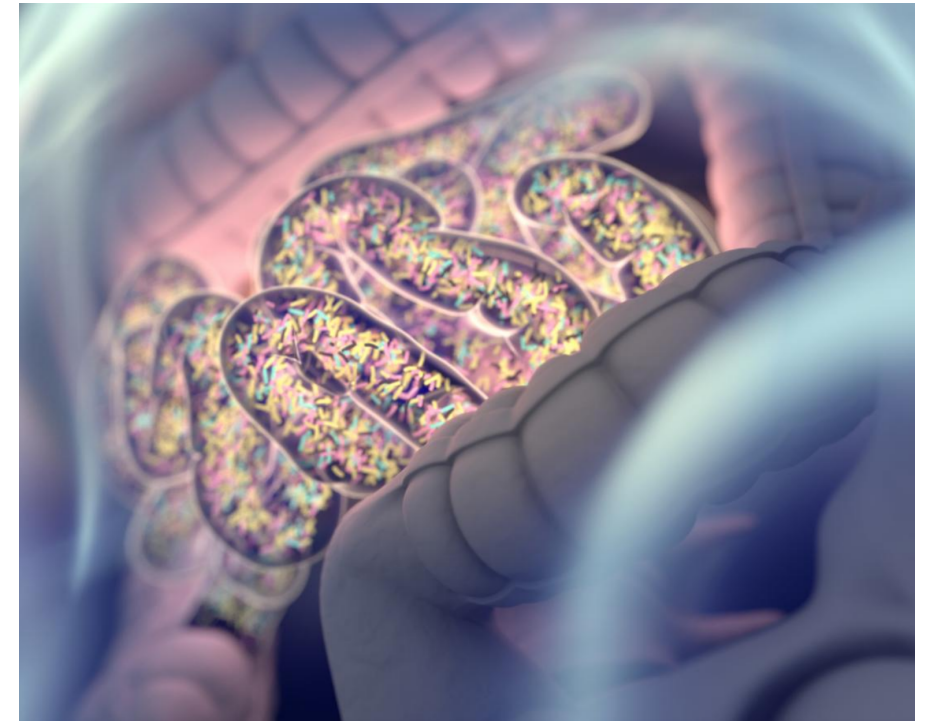
Микробиом кишечника

Кишечник человека – «проточный ферментер»

На кишечник приходится основная часть микробиоты человека

Функции микробиоты кишечника:

- доразложение непереваренных ранее субстратов
- снабжение организма человека витаминами и незаменимыми аминокислотами
- антагонистическая активность по отношению к нежелательным бактериям

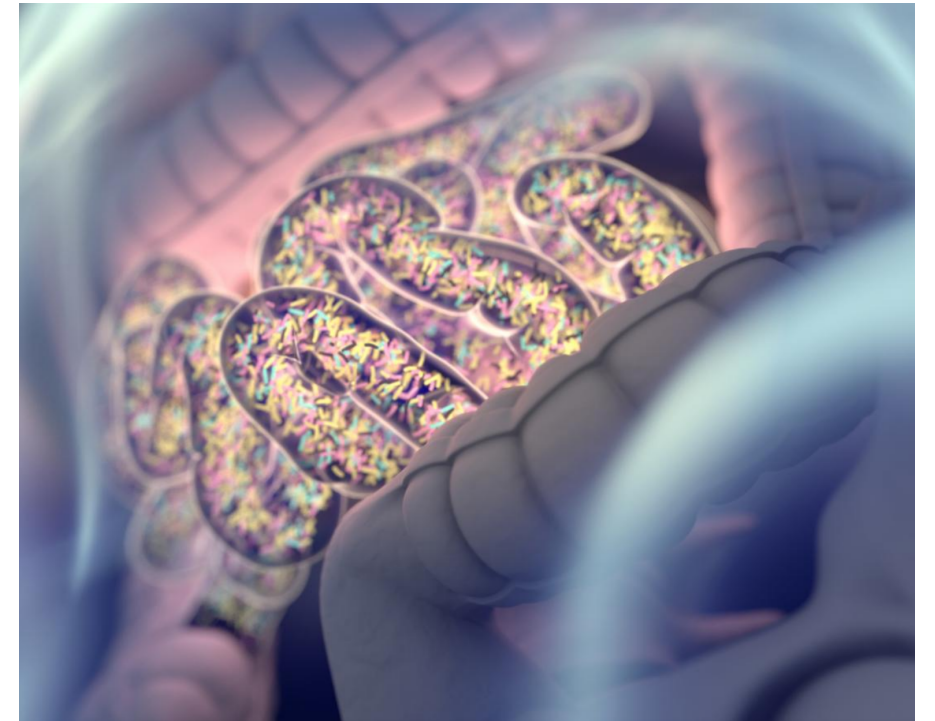


Микробиом кишечника

Желудок – незначительное число клеток
(кислая среда)

Двенадцатиперстная кишка и проксимальный
отдел тонкого кишечника у здоровых людей
стерильны (агрессивные пищеварительные
ферменты)

Дистальный отдел тонкого кишечника – 10^7 - 10^8 клеток/мл, аэробы и анаэробы поровну
Толстый кишечник – 10^9 - 10^{12} клеток/мл, 95%
анаэробы, в норме лактобациллы,
бифидобактерии и бактероидеты

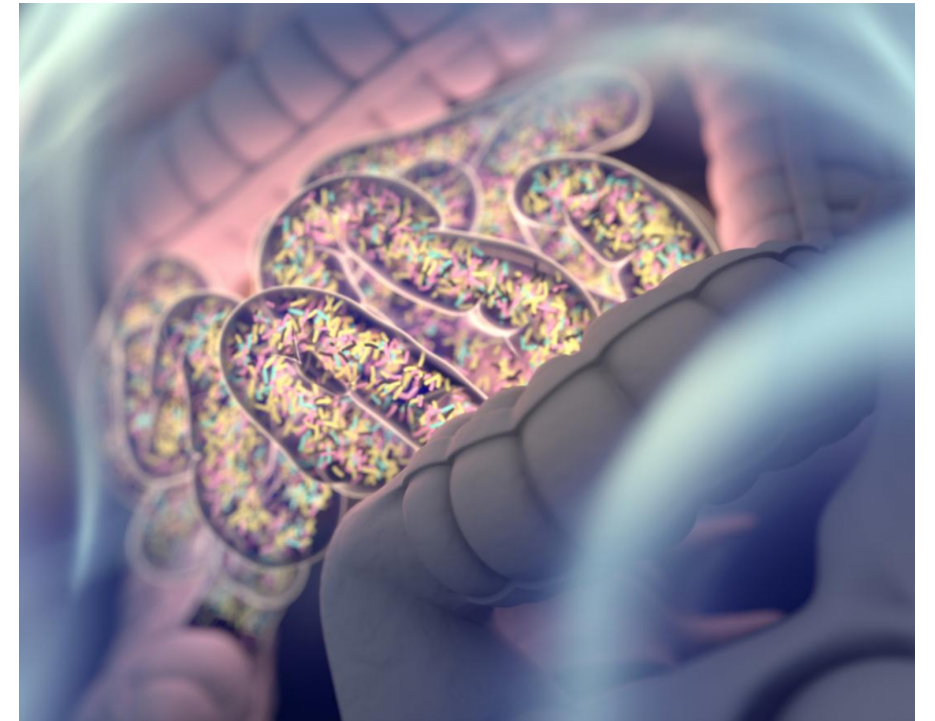


Дисбактериоз

Антибиотики резко снижают численность и разнообразие микроорганизмов в кишечнике

Дисбактериоз – не отсутствие бактерий, а отсутствие необходимых бактерий, главными из которых являются молочнокислые бактерии

Молочнокислые бактерии – пробиотики = антагонисты вредных/патогенных бактерий

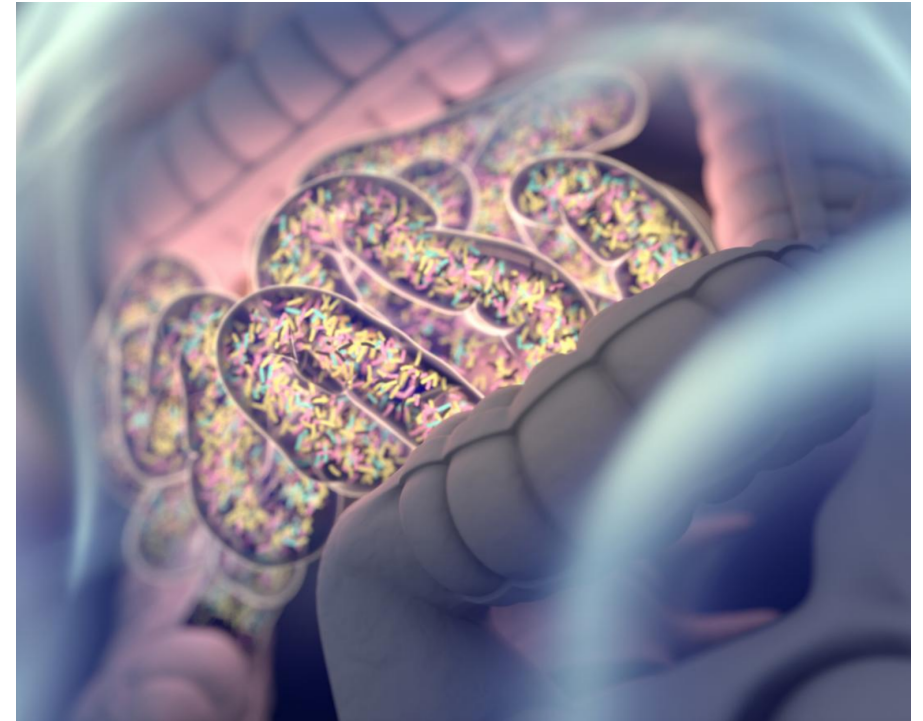


Дисбактериоз

Возможности борьбы с дисбактериозом:

- прием бактериальных препаратов
- трансплантация микробиоты от здорового донора (дает поразительные результаты)

Требования к индуцируемым микроорганизмам: пробиотические или иные полезные свойства, устойчивость к кислой среде желудка, высокая адгезивность



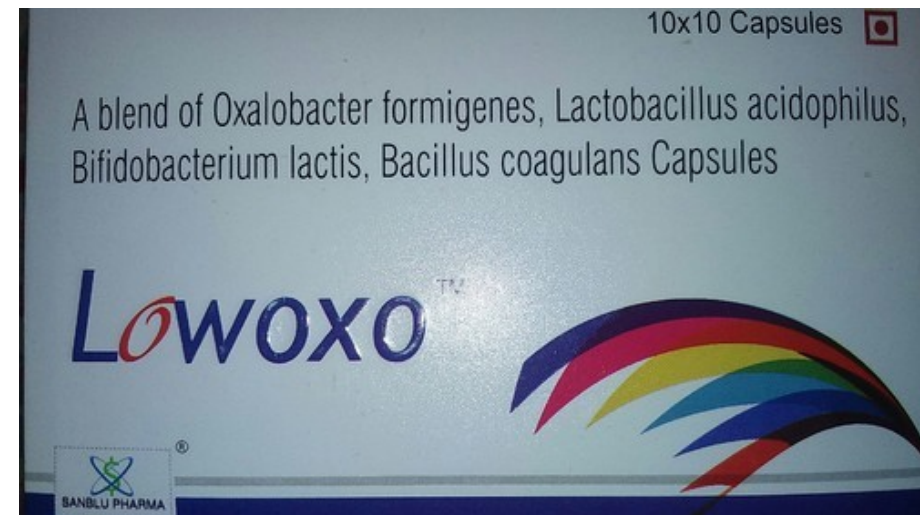
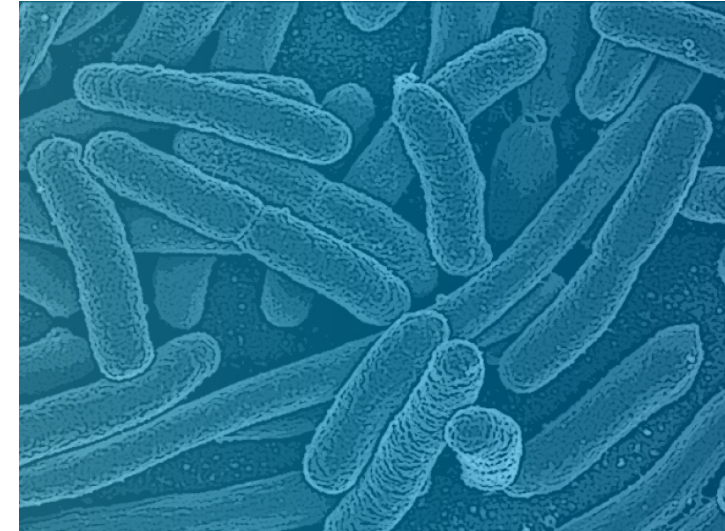
Oxalobacter formigenes и почечно-каменная болезнь

У человека отсутствует фермент, разлагающий щавелевую кислоту (оксалат)

Почечно-каменная болезнь – результат накопления оксалата

Oxalobacter formigenes – анаэробная бактерия, разлагающая оксалат, в 2 года есть у всех детей, далее ее присутствие снижается

Пищевые добавки с *Oxalobacter* могут помочь людям, предрасположенным к почечно-каменной болезни



МИКРОБИОТА КИШЕЧНИКА И СОСТОЯНИЕ ДУШИ

Многие микроорганизмы, обитающие в кишечнике, в том числе молочнокислые бактерии синтезируют гормоны, влияющие на состояние психики человека, в том числе серотонин и дофамин (гормоны счастья)

Возможно влияние на настроение человека через его микробиоту