

Микробиология с основами  
вирусологии

**ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ**

# Типы питания прокариот

- ◎ **Фотолитоавтотрофы** - цианобактерии, водоросли и зеленые растения или анаэробные пурпурные бактерии.
- ◎ **Фотолитогетеротрофы, фотоорганогетеротрофы, фотоорганоавтотрофы** - цианобактерии, пурпурные и зеленые бактерии, галобактерии.
- ◎ **Хемолитоавтотрофы** - нитрификаторы, серо- или железобактерии;
- ◎ **Хемолитогетеротрофы** - сульфатвосстанавливающие бактерии, метанобразующие археи.
- ◎ **Хемоорганоавтотрофы** - бактерии, окисляющие муравьиную кислоту.
- ◎ **Хемоорганогетеротрофы** - основная масса микроорганизмов-деструкторов и все животные.

## Источники углерода

- Неорганические:
  - $\text{CO}_2$
- Органические:
  - Углеводы (гексозы, пентозы)
  - Спирты (маннит, глицерин)
  - Липиды
  - Углеводороды
  - $\text{C}_1$ -соединения
  - Белки

## Источники азота

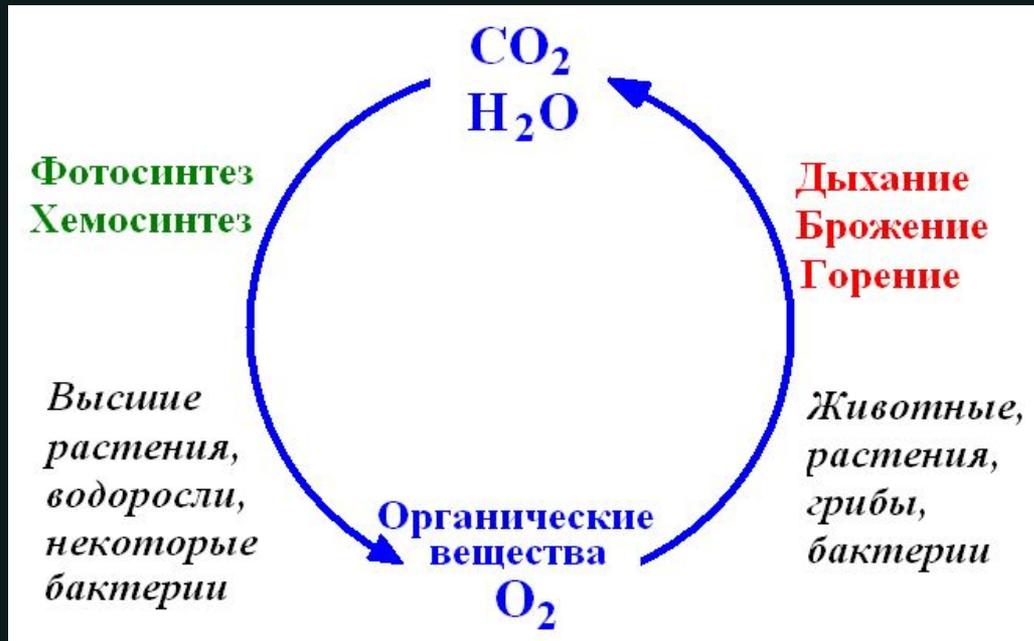
- Неорганические:
  - Аммонийный азот ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )
  - Нитратный азот ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ )
  - Атмосферный азот ( $\text{N}_2$ )
- Органические:
  - Белки
  - Аминокислоты
  - Пептон
  - Пептиды

# Круговорот углерода и кислорода

Воздух содержит около 0,03 %  $\text{CO}_2$

Продуктивность фотосинтеза около  $10^{11}$  т:

- $1,2 \cdot 10^{10}$  т – в океанах
- $1,6 \cdot 10^{10}$  т – на суше

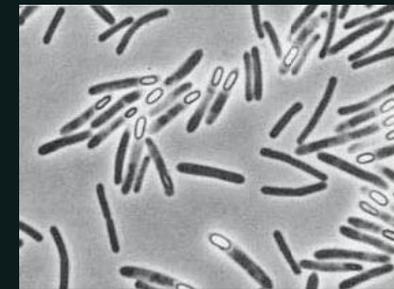


Автотрофы

Гетеротрофы

# Минерализация С-соединений

- **Расщепление целлюлозы**
- **Аэробное:**
  - Грибы (*Fusarium*, *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* и др.)
  - Бактерии (миксобактерии – *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Polyangium*, *Cellulomonas*, актиномицеты и др.).
- **Анаэробное:**
  - мезофильные и термофильные клостридии (*Clostridium*).



# Минерализация С-соединений

- **Расщепление лигнина:**
  - Макромицеты: *Polyporus*, *Fomitopsis*, *Pleurotus*, *Ophistoma*, *Ceratocystis*
  - Микромицеты: *Fusarium*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*.



# Минерализация С-соединений

- **Расщепление крахмала:**

- В аэробных условиях – *Bacillus*, *Pseudomonas*, а также плесневые грибы – *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*
- В анаэробных условиях – сахаролитические клостридии.

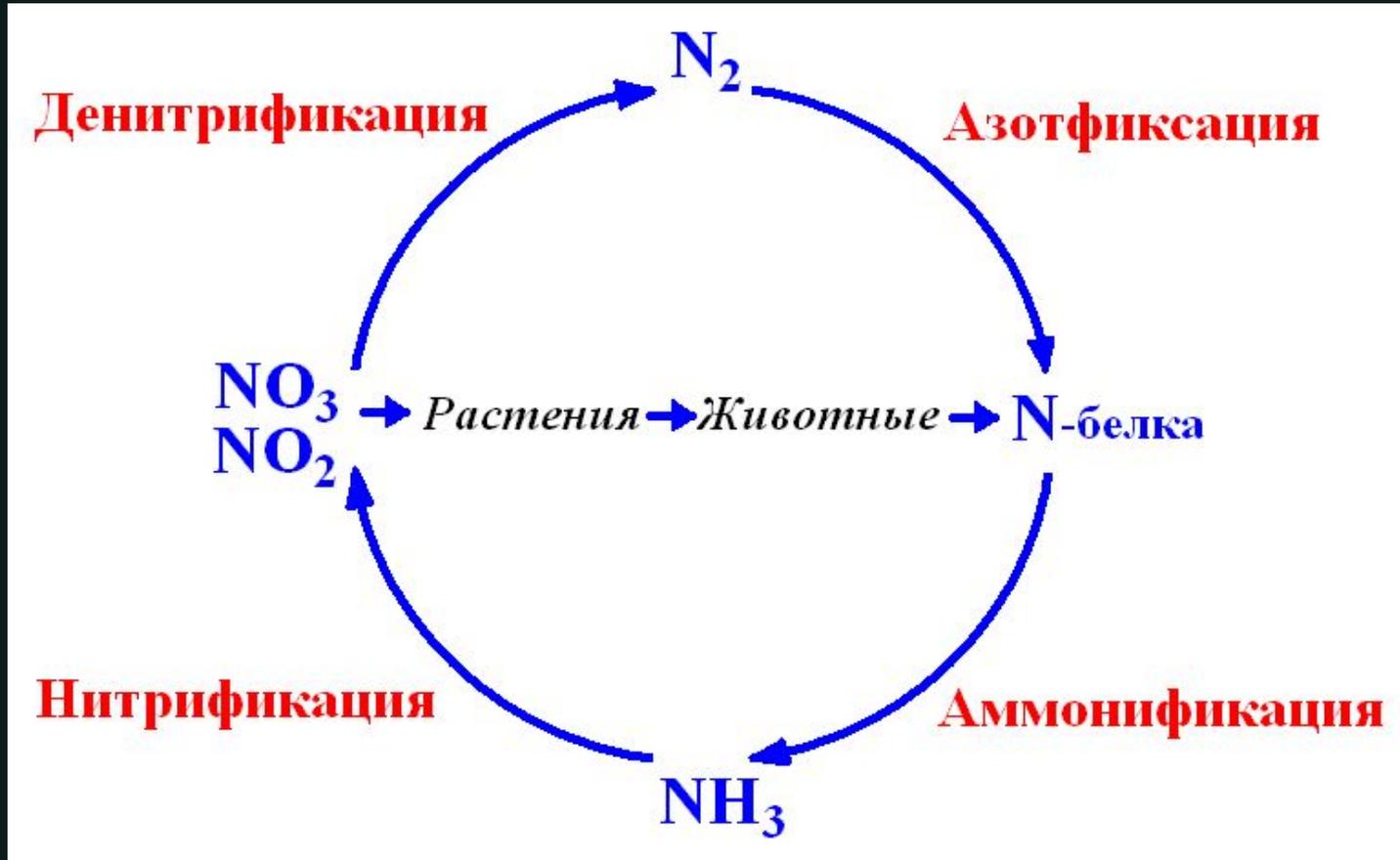


- **Углевородородокисляющие бактерии:**

- Микобактерии, нокардии, коринебактерии, псевдомонады, а также дрожжеподобные грибы рода *Candida*.

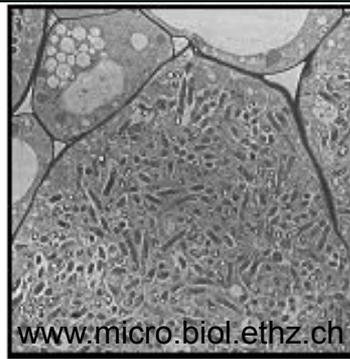


# Круговорот азота



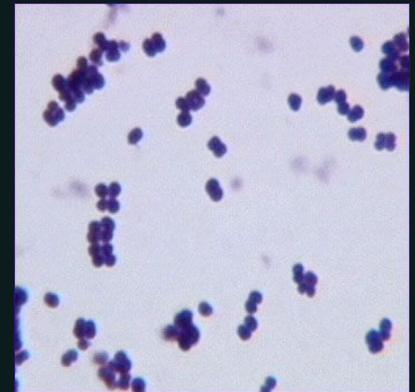
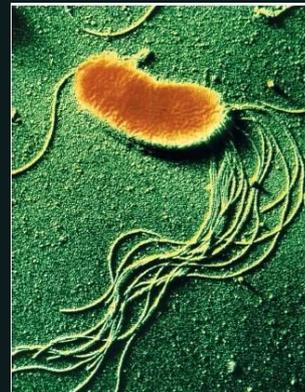
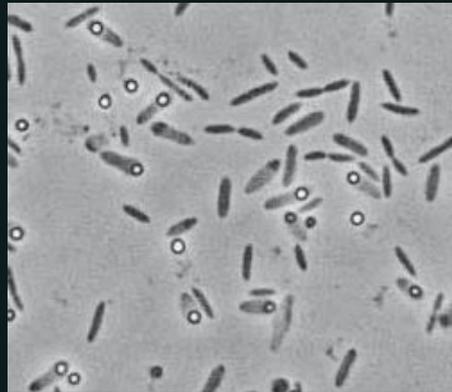
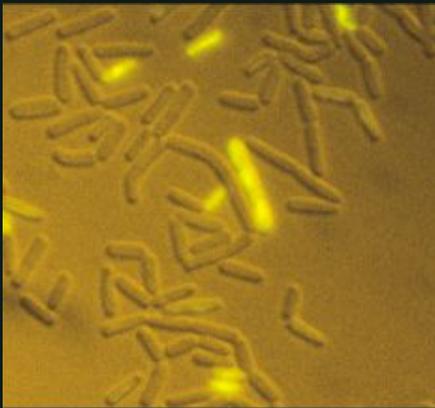
# Фиксация азота

- Процесс связан с нитрогеназной активностью, гены фермента кодируются в плазмиде (nif-плазида).
- **Свободноживущие азотфиксаторы:**
  - цианобактерии (*Anabaena* и *Nostoc*), *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Bacillus polymyxa*, *Clostridium* и др.
- **Симбиотические азотфиксаторы:**
  - *Rhizobium*, *Frankia* и др.



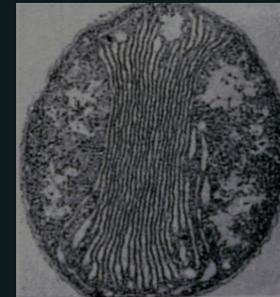
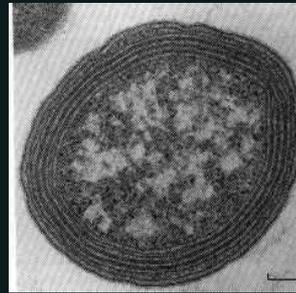
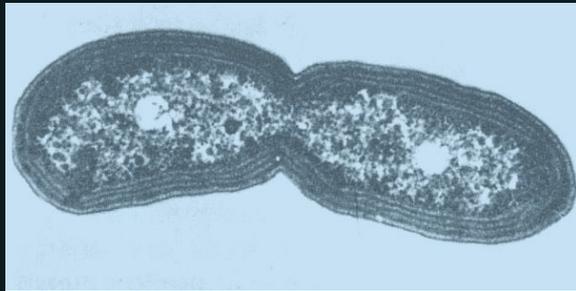
# Аммонификация

- Процесс осуществляется гетеротрофами в аэробных и анаэробных условиях:
  - *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Mycobacterium*, *Proteus* и др.



# Нитрификация

Превращение аммиака в нитрат осуществляется в аэробных условиях бактериями семейства *Nitrobacteriaceae*.



# Денитрификация

Процесс восстановления нитратов в анаэробных условиях (нитратное дыхание).

■ Фермент - нитратредуктаза

□ *Escherichia coli*, *Bacillus*, *Pseudomonas*

# Экосистема

Биотические  
компоненты

Популяции  
микроорганизмов

Абиотические  
компоненты

Физико-химические  
факторы

Темпера-  
тура

Влажность

Субстрат

Излучения

pH  
среды

Кислород

Токсины

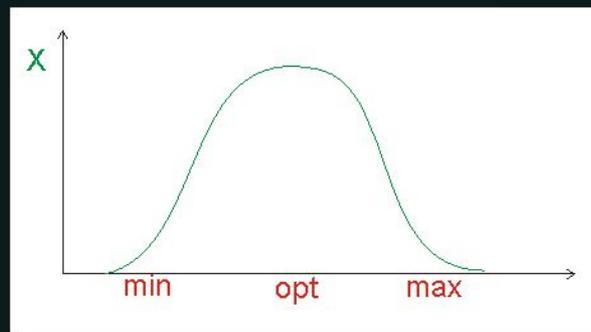


График зависимости роста от интенсивности фактора

# Популяционные взаимоотношения

**Местообитание** – участок или жизненное пространство, в котором живет данный организм (популяция).

- **Экологическая ниша** – функция какого-то вида или популяции в сообществе организмов.
- **Формы взаимодействия микроорганизмов:**
  - **симбиотические и антагонистические.**

# Примеры симбиозов



# Примеры симбиозов

## Микрофлора кишечника

- Нормальная микрофлора:
  - Кишечная палочка -  $10^6$  -  $10^7$
  - Споровые анаэробы -  $10^3$  -  $10^5$
  - Лактобациллы -  $10^6$  и выше
  - Бифидобактерии -  $10^7$  и выше
- Патогенная и условно патогенная:
  - Staphylococcus, - до  $10^3$
  - Enterococcus - до  $10^3$
  - Streptococcus - до  $10^3$
  - Candida albicans - до  $10^3$
  - Proteus -  $10^2$  -  $10^3$
  - Salmonella, Shigella, Yersinia - 0
  - Лактозо-негативные энтеробактерии, Klebsiella, Enterobacter -  $10^3$
  - Listeria, Providencia, Aeromonas, Pasteurella, Citrobacter - до  $10^2$

# Примеры симбиозов

## Микрофлора кожных покровов

- Резидентная:

- *Staphylococcus epidermidis*,
- *Staphylococcus aureus*,
- *Micrococcus* spp.,
- *Sarcina* spp.,
- коринеформные бактерии,
- *Propionibacterium* spp.

- Транзиторная:

- *Streptococcus* spp.,
- *Peptococcus* spp.,
- *Bacillus subtilis*,
- *Escherichia coli*,
- *Enterobacter* spp.,
- *Acinetobacter* spp.,
- *Lactobacillus* spp.,
- *Candida albicans* и др.

# Типы антагонизма

- Пассивный
- Активный



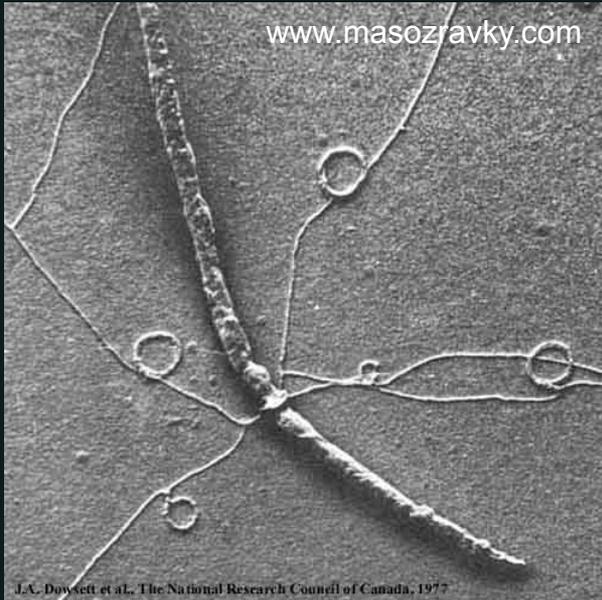
Колония гриба  
*Rhizopus*



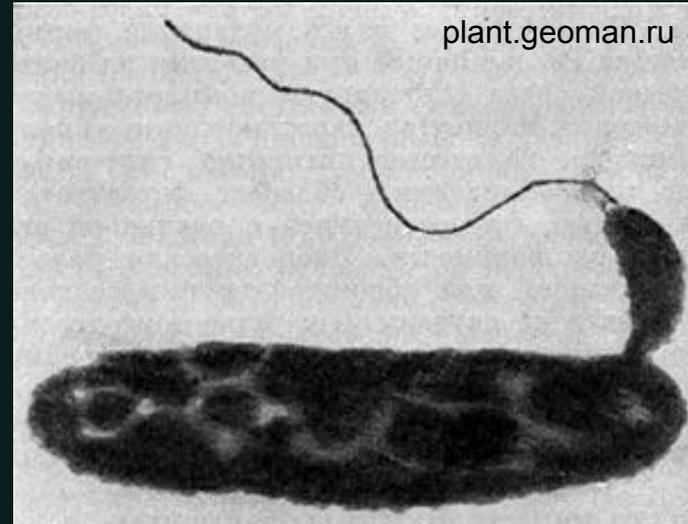
Антагонист *Penicillium*  
подавляет рост  
*Staphylococcus*

# Особые формы антагонизма

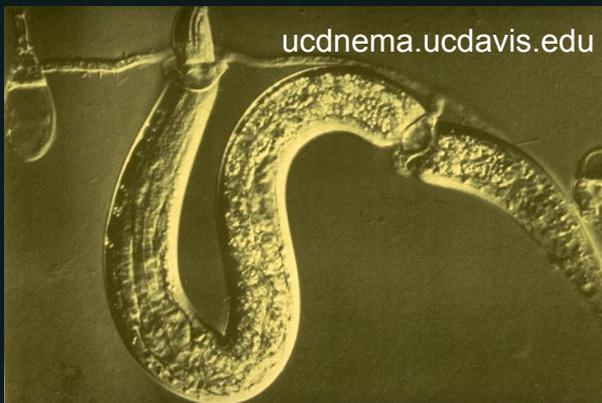
## Хищничество



## Паразитизм



*Bdellovibrio  
bacteriovorus*



*Dactylaria brochopaga*

# Патогенность и вирулентность

- **Патогенность** – это потенциальная способность микроорганизмов вызывать инфекционный процесс.
  - *Генетически детерминирована и кодируется хромосомными и плазмидными генами.*
- **Вирулентность** – количественное выражение патогенности.
  - Единицы измерения вирулентности:
    - *$D_{lm}$  – минимальная смертельная доза*
    - *$LD_{50}$ ,  $LD_{100}$ .*

## Факторы патогенности

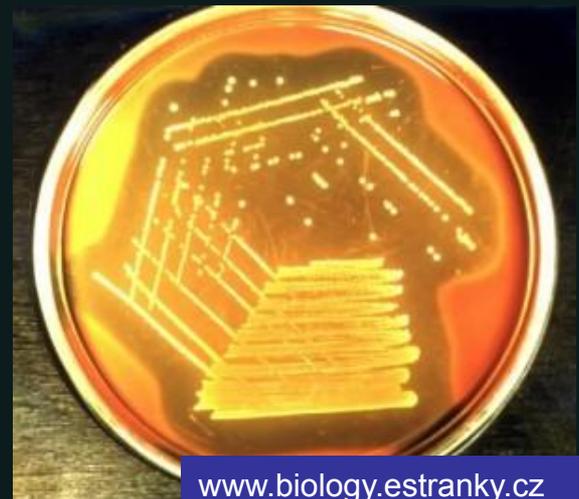
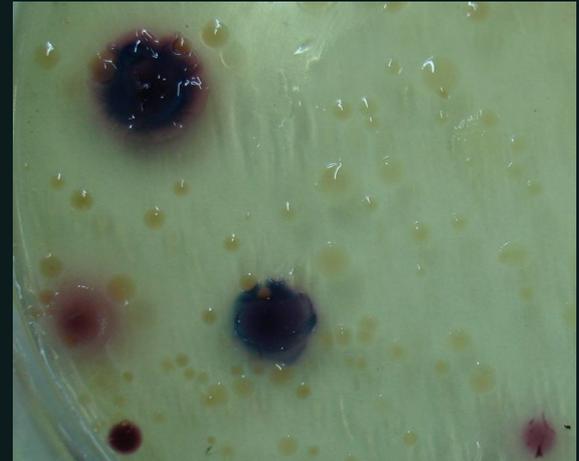
- **Инвазивная способность**
- **Антифагоцитарная способность**
- **Токсигенные свойства**
  - находятся под контролем тох-генов.
- **Адгезивная способность**

## Условно-патогенные микроорганизмы

**Представители нормальной микрофлоры, проявляющие патогенные свойства при ослаблении защитных сил организма.**

# Условно-патогенные микроорганизмы

- Кишечная микрофлора:
  - *Escherichia coli*
- Микрофлора кожных покровов и слизистых оболочек:
  - *Staphylococcus aureus*
  - *Staphylococcus epidermidis*
  - *Streptococcus haemolyticus*
  - *Streptococcus viridans*



# Разнообразие микроорганизмов в экосистемах

Концепция Н. С. Виноградского (1925 г.):

- *Автохтонные микроорганизмы* являются типичными обитателями данной экосистемы и присутствуют там всегда.
- *Аллохтонные (зимогенные) микроорганизмами* присутствуют в экосистеме временно или пребывают в состоянии покоя.

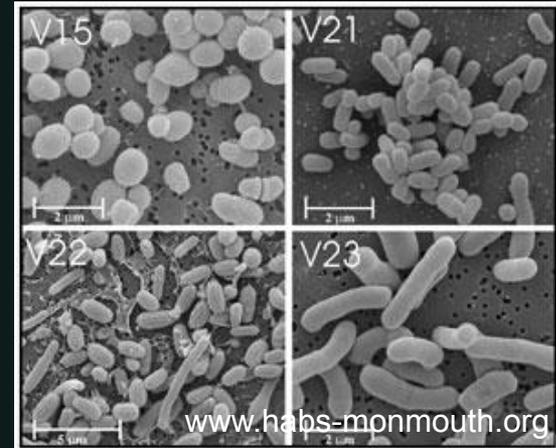
# Микрофлора водоемов



[www.le.ac.uk](http://www.le.ac.uk)

Соленое озеро в  
Восточной Африке

Распределение бактерий  
в водоемах зависит от  
экологических и  
географических условий.



Бактерии антарктического  
подледникового озера



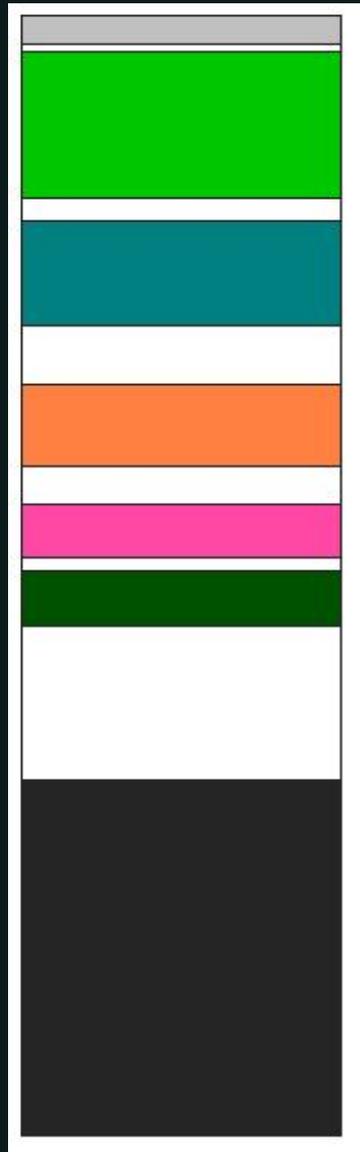
Микрофлора в пробе воды

# Вертикальное распределение бактерий

Аэробная  
зона водной  
толщи

Анаэробная  
зона водной  
толщи

Анаэробная  
зона  
донных  
отложений



Бесцветные нитчатые бактерии  
Зеленые водоросли

Цианобактерии

Несерные пурпурные бактерии

Серные пурпурные бактерии  
Серные зеленые бактерии

Метанобразующие,  
сульфатредуцирующие,  
маслянокислые бактерии

# Микрофлора морей и океанов

Одноклеточные зеленые водоросли – **фитопланктон** – основные продуценты в морях и океанах.



Развитие фитопланктона  
в западной части  
Баренцева моря



Фитопланктон  
Балтийского моря

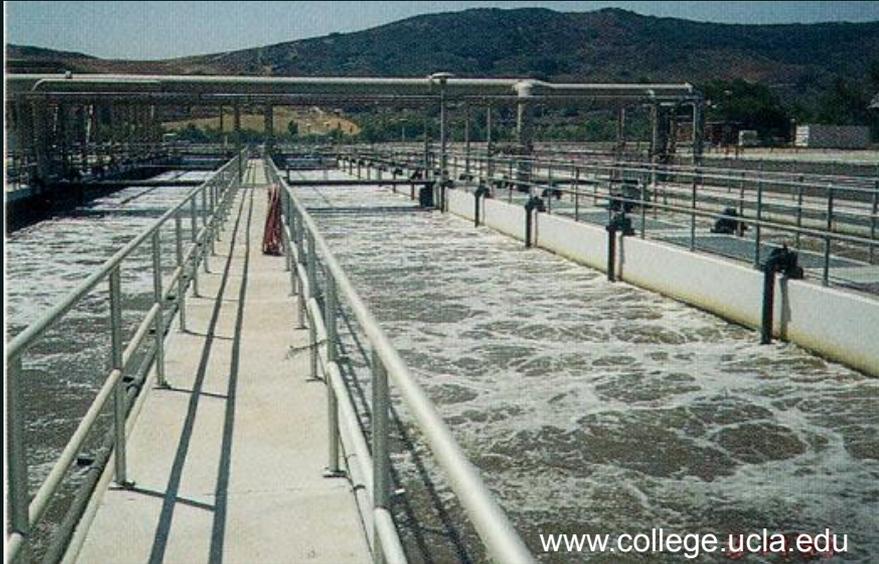
# Загрязнение водоемов

Микроорганизмы,  
деградирующие нефть и  
нефтепродукты:

- бактерии *Nocardia*,  
*Pseudomonas*,  
*Mycobacterium*,
- дрожжи *Candia*,  
*Rhodotorula*.



# Биологическая очистка сточных вод



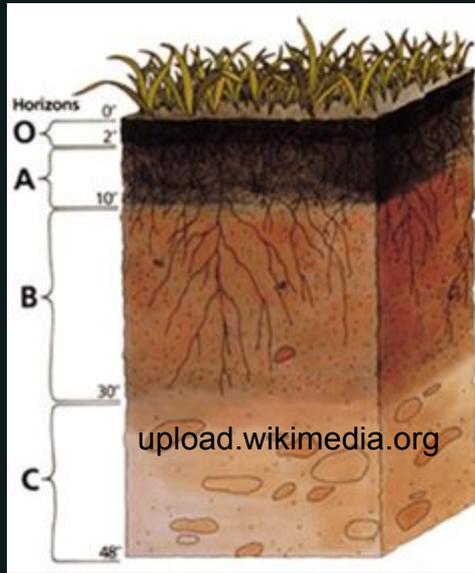
Аэротенк



Вторичный отстойник

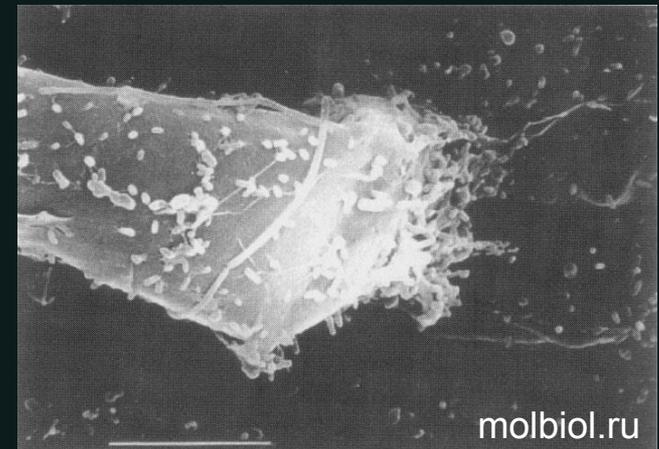
Очистка сточных вод позволяет с помощью микрофлоры активного ила утилизировать и обезвредить все загрязняющие вещества.

# Почвенные экосистемы



- Почвенные горизонты.
  - Наибольшее количество микроорганизмов обитает в верхнем слое почвы.

- Корни растений.
  - В прикорневой зоне сосредоточено большое количество микроорганизмов.



Колонизация корней пшеницы бактериями

# Микрофлора почвы

- **Зимогенная:**

- *Bacillus, Pseudomonas* и др.

- Функция: разлагают свежий растительный опад.

- **Автохтонная:**

- *Arthrobacter*

- олиготрофные бактерии (*Microcystis, Nurfomicrobium, Agrobacter, Caulobacter*)

- хемолитоавтотрофные бактерии (нитрифицирующие, тионовые, водородные, железобактерии)

- Функция: принимают участие в синтезе гумуса и его распаде.

# Загрязнение почвы

## Основные загрязнители почвы:

- нефть и нефтепродукты
- пестициды,
- тяжелые металлы,
- отходы промышленности и сельского хозяйства,
- бытовые отходы.



# Микрофлора воздуха

Воздух не является местом обитания микроорганизмов, но служит местом их повсеместного распространения.

Видовой состав микрофлоры атмосферы носит случайный характер.

Среди микроорганизмов преобладают *пигментные формы* (*Streptococcus*, *Sarcina*) *дрожжи, споры бактерий и грибов.*



# Загрязнение атмосферы

- Органические загрязнения (углеводороды).
- Газообразные неорганические вещества ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SiF}_4$ ),
- Радионуклиды,
- Сажа,
- Выбросы автомобилей.  
Для некоторых установлены ПДК.



# Санитарно-микробиологическая оценка микрофлоры объектов внешней среды

*Показатели, определяемые при анализе почвы, воды и воздуха:*

- Общее микробное число (ОМЧ)*
- Численность санитарно-показательных микроорганизмов.*
  - кишечная палочка (в воде и почве)*
  - энтерококки (в воде)*
  - гемолитические стрептококки и стафилококки (в воздухе)*

# Показатели чистоты воды

- **Коли-титр** – наименьший объем воды (мл), содержащий одну кишечную палочку.
- **Коли-индекс** – число кишечных палочек в 1 л воды.

В соответствии с **ГОСТ 2874-82**:

- ОМЧ не должно превышать 100 клеток в 1мл, коли-индекс – не более 3 клеток в 1 л.



Колонии бактерий кишечной группы на дифференциально-диагностической среде

# Показатели чистоты воздуха

## ОМЧ:

- для пищевых учреждений – не более 500 кл. в  $1 \text{ м}^3$ ,
- для жилых помещений ~ 1500 кл. в  $1 \text{ м}^3$ ,
- в операционных не допускается присутствие микроорганизмов.

## Санитарно-показательные микроорганизмы группы В:

- для пищевых учреждений 16 клеток,
- для жилых помещений – 38 клеток в  $1 \text{ м}^3$ .
- в операционных – ни одного стафилококка в 250 л.

# Санитарно-показательные микроорганизмы группы **B**

*Streptococcus viridans* – зеленающий стрептококк

*Streptococcus haemolyticus* – гемолитический стрептококк.

*Staphylococcus aureus* – золотистый стафилококк.



Гемолитические стрептококки  
на кровяном агаре

## Синтетическая микробиология

- Микробиолог Константин Северинов о том, что нас ждет в будущем благодаря современным исследованиям в микробиологии, биоинформатике и геномике
- <http://postnauka.ru/tv/19239>

## Коэволюция человека и бактерий

- Микробиолог Константин Северинов о генетическом полиморфизме, о филогении бактерий и антропологической микробиологии
- <http://postnauka.ru/video/19459>