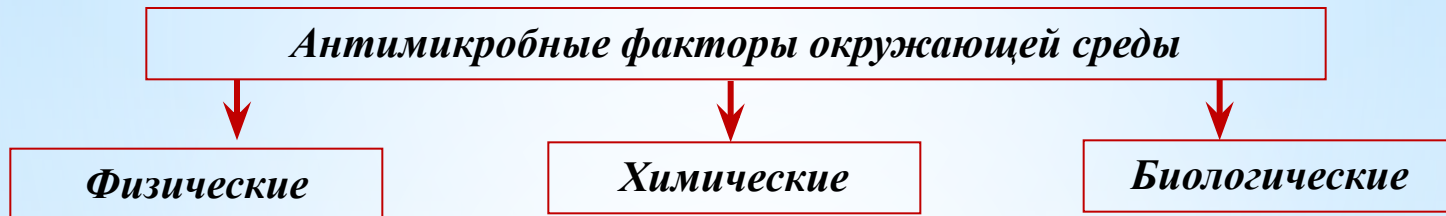


*Микробиологические  
методы  
очистки воды  
Лекция 3*

# *Влияние физических, химических и биологических факторов на микроорганизмы*

Жизнь микроорганизмов находится в тесной зависимости от условий окружающей среды, поэтому микроорганизмы должны постоянно к ней приспосабливаться.

Как на человека, животных и растения, так и на микроорганизмы существенное влияние оказывают различные факторы внешней среды. Их можно разделить на три группы: физические, химические и биологические.

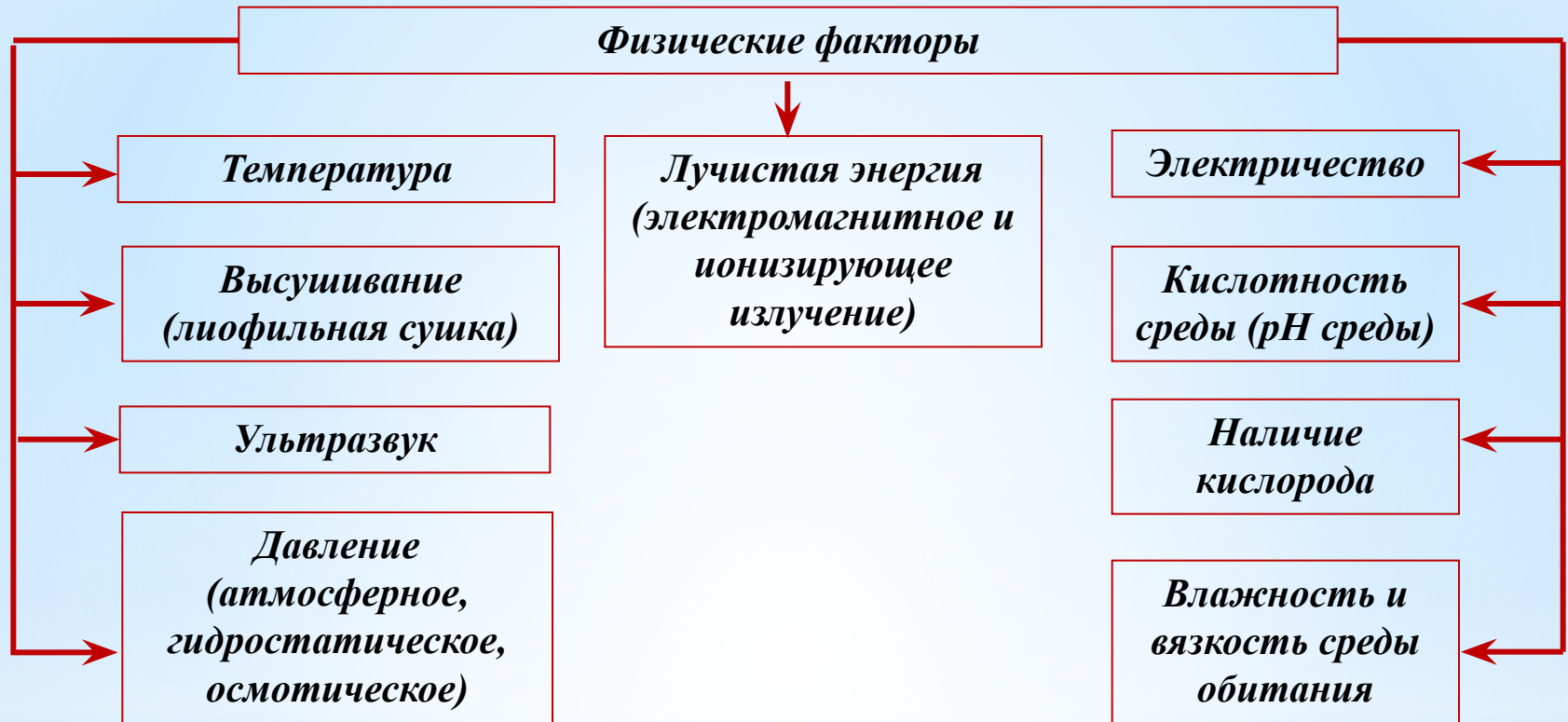


Результаты действия факторов внешней среды на микроорганизмы:

1. Благоприятные.
2. Неблагоприятные (бактериостатическое и бактерицидное действие).
3. Изменяющие свойства микроорганизмов.
4. Индифферентные.

Антимикробные факторы окружающей среды используются при стерилизации, дезинфекции, лечении, соблюдении правил асептики и антисептики и др.

# Физические факторы, влияющие на микроорганизмы



# ***Влияние температуры на микроорганизмы***

*Температура - один из самых мощных факторов воздействия на микроорганизмы. Они или выживают, или погибают, или приспосабливаются и растут.*

*Последствия влияния температуры на бактерии:*

- 1. Способность микроорганизмов к выживанию после длительного нахождения в экстремальных температурных условиях.*
- 2. Способность микроорганизмов к росту в экстремальных температурных условиях.*

*Жизнедеятельность каждого микроорганизма ограничена определенными температурными границами.*

*Эту температурную зависимость обычно выражают тремя точками:*

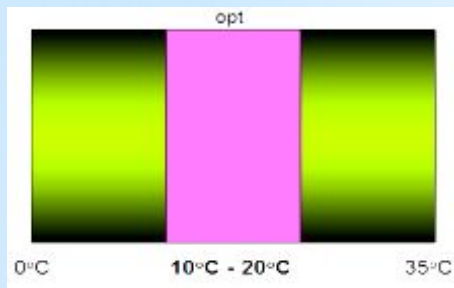
- **минимальная** (min) температура - ниже которой размножение прекращается;*
- **оптимальная** (opt) температура - наилучшая температура для роста и развития микроорганизмов;*
- **максимальная** (max) температура - температура, при которой рост клеток или замедляется, или прекращается совсем.*

*Оптимальная температура обычно приравнивается к температуре окружающей среды.*

# *Психрофилы, мезофиллы и термофилы*

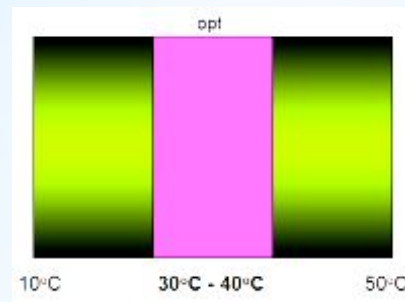
*Все микроорганизмы по отношению к температуре условно можно разделить на 3 группы: психрофилы, мезофиллы, термофилы.*

## *психрофилы*



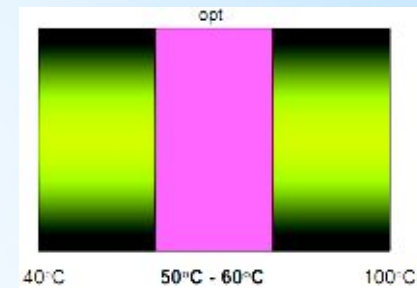
*Сапрофиты  
Иерсинии  
Псевдомонады  
Клебсиеллы  
Листерии и др.*

## *мезофилы*



*Большинство  
патогенных и  
условно-патогенных  
микроорганизмов*

## *термофилы*



*Сапрофиты  
Санитарно-  
показательные  
микроорганизмы*

# Характеристика психрофилов, мезофилов и термофилов

**Психрофилы** - это холодолюбивые микроорганизмы, растут при низких температурах:  $\min t$  -  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{opt } t$  - от  $10\text{-}20^{\circ}\text{C}$ ,  $\max t$  - до  $35^{\circ}\text{C}$ . К таким микроорганизмам относятся обитатели северных морей и водоемов, а также некоторые патогенные бактерии - возбудители иерсиниоза, псевдомоноза, клебсиеллеза, листериоза и др.

К действию низких температур многие микроорганизмы очень устойчивы. Например, листерии, холерный вибрион, некоторые виды синегнойной палочки (*Pseudomonas atrobacter*) долго могут храниться во льду, не утратив при этом своей жизнеспособности.

Некоторые микроорганизмы выдерживают температуру до минус  $190^{\circ}\text{C}$ , а споры бактерий могут выдерживать до минус  $250^{\circ}\text{C}$ . Действие низких температур приостанавливает гнилостные и бродильные процессы, поэтому в быту мы пользуемся холодильниками.

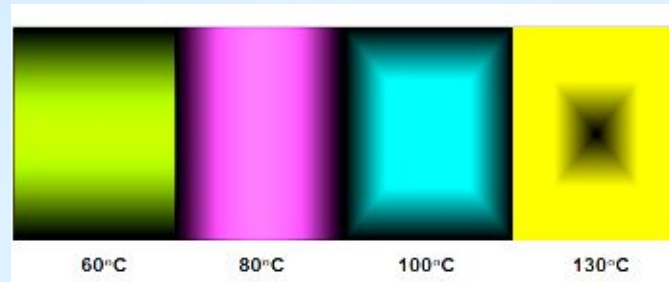
При низких температурах микроорганизмы впадают в состояние анабиоза, при котором замедляются все процессы жизнедеятельности, протекающие в клетке. Однако, многие из психрофилов способны быстро вызывать микробиальную порчу пищевых продуктов и кормов, хранящихся при  $0^{\circ}\text{C}$ .

**Мезофилы** - это наиболее обширная группа бактерий, в которую входят сапрофиты и почти все патогенные микроорганизмы, так как  $\text{opt}$  температура для них  $37^{\circ}\text{C}$  (температура тела),  $\min t$  -  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $\max t$  -  $50^{\circ}\text{C}$ .

**Термофилы** - теплолюбивые бактерии, развиваются при температуре выше  $55^{\circ}\text{C}$ ,  $\min t$  для них -  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $\max t$  - до  $100^{\circ}\text{C}$ . Эти микроорганизмы обитают в основном в горячих источниках. Среди термофилов встречается много споровых форм (*B.stearothermophilus*, *B.aerothermophilus*) и анаэробов.

В уплотненном навозе термофилы бурно развиваются, что сопровождается выделением энергии, при этом температура навоза может достигать  $95\text{-}98^{\circ}\text{C}$ .

# *Температурные диапазоны гибели микроорганизмов*



*Вегетативные формы      Споры*

Споры бактерий гораздо устойчивей к высоким температурам, чем вегетативные формы бактерий. Например, споры бацилл сибирской язвы выдерживают кипячение в течение 2 часов.

Все микроорганизмы, включая и споровые, погибают при температуре 165-170°C в течение 1 часа.

Действие высоких температур на микроорганизмы положено в основу стерилизации.

# Высушивание

Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов нужна вода. Высушивание приводит к обезвоживанию цитоплазмы и нарушается целостность цитоплазматической мембраны, что ведет к гибели клетки.

Некоторые микроорганизмы (многие виды кокков) под влиянием высушивания погибают уже через несколько минут.

Более устойчивыми к высушиванию являются возбудители туберкулеза, которые могут сохранять свою жизнеспособность до 9 месяцев, а также капсульные формы бактерий.

Особенно устойчивыми к высушиванию являются споры. Например, споры возбудителя сибирской язвы могут сохраняться в почве более 100 лет.

Для хранения микроорганизмов в музеях микробных культур и изготовления сухих вакцинных препаратов из бактерий применяется метод лиофильной сушки.

Сущность метода состоит в том, что в аппаратах для лиофильной сушки – лиофилизаторах микроорганизмы сначала замораживают, а потом высушивают при положительной температуре в условиях вакуума. При этом цитоплазма бактерий замерзает и превращается в лед, а потом этот лед испаряется и клетка остается жива (переход воды из замороженного состояния в газообразное, минуя жидкую фазу - сублимация).

**Замороженные бактерии (I этап лиофильного высушивания)**

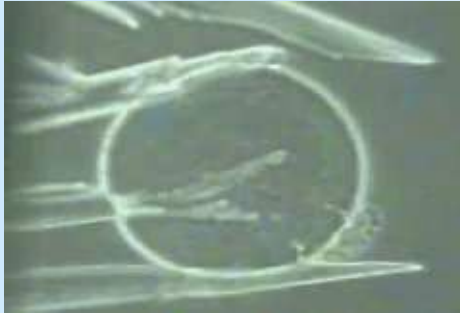




# *Лиофильная сушка бактерий*

При правильном лиофильном высушивании микробные клетки переходят в состояние анабиоза и сохраняют свои биологические свойства в течение нескольких лет.

Если режим лиофильного высушивания не соблюдался (а для разных видов бактерий он различен), то клеточная стенка у бактерий разрывается и они гибнут.



*а*

*Образование внеклеточного (а) и  
внутриклеточного (б) льда при  
лиофильном высушивании бактерий*

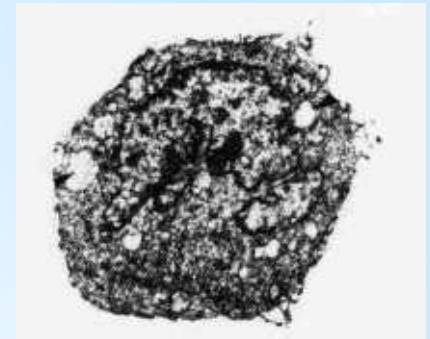


*б*

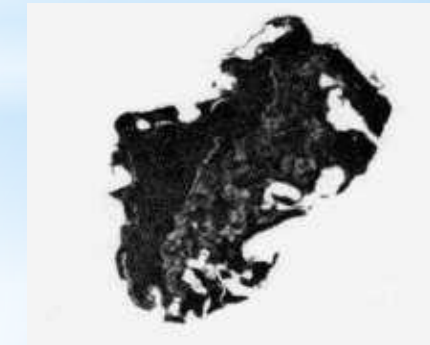
*Образование внеклеточного  
(а) и внутриклеточного (б)  
льда при лиофильном  
высушивании бактерий*



*Лиофильно  
высушенные  
диплококки*



*а*



*б*

# Влияние лучистой энергии (электромагнитного и ионизирующего излучения) на бактерии

Существуют разные формы лучистой энергии, характеризующиеся различными свойствами, силой и характером действия на микроорганизмы.

В природе бактериальные клетки постоянно подвергаются воздействию солнечной и космической радиации.

Электромагнитное излучение принято делить по частотным диапазонам. Между диапазонами нет резких переходов, они иногда перекрываются, а границы между ними условны. Поскольку скорость распространения излучения постоянна, то частота его колебаний жёстко связана с длиной волны в вакууме.

Название диапазона		Длины волн, $\lambda$	Частоты, $\nu$	Источники
Радиоволны	Сверхдлинные	100 – 10 км	3 – 30 кГц	Атмосферные явления. Переменные токи в проводниках и электронных потоках (колебательные контуры).
	Длинные	10 км – 1 км	30 кГц – 300 кГц	
	Средние	1 км – 100 м	300 кГц – 3 МГц	
	Короткие	100 м – 10 м	3 МГц – 30 МГц	
	Ультракороткие	10 м – 2 мм	30 МГц – $1,5 \times 10^{11}$ Гц	
Оптическое излучение	Инфракрасное излучение	2 мм – 760 нм	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях.	(1 октава)
	Видимое излучение	$1,5 \times 10^{11}$ Гц – 6 ТГц (11 октав)		
	Ультрафиолетовое	760 – 400 нм		
		400 – 10 нм	$< 3 \times 10^{16}$ Гц (5 октав)	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов.
Жёсткие лучи	Рентгеновские	10 – $5 \times 10^{-3}$ нм	$3 \times 10^{16}$ – $6 \times 10^{19}$ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц.
	Гамма	$< 5 \times 10^{-3}$ нм	$> 6 \times 10^{19}$ Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад.

# Влияние ультрафиолетового излучения на микроорганизмы

Прямые солнечные лучи губительно действуют на микроорганизмы. Это относится к ультрафиолетовому спектру солнечного света (УФ-лучи).

## Действие ультрафиолетовых лучей на живые организмы

### Растения

- фотосинтез
- фототропизм
- фотопериодизм

**Фотосинтез** (от др.-греч. φῶς — свет и σύνθεσις — соединение, складывание, связывание, синтез) — процесс образования органических веществ из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов.

**Фототропизм** (от др.-греч. φῶς — свет и τρόπος — поворот) — изменение направления роста органов растений или положения тела (органов) у животных, в зависимости от направления падающего света.

**Фотопериодизм** (греч. photos- "свет" и periodos- "круговорот", "чередование") — реакция живых организмов (растений и животных) на суточный ритм освещённости, продолжительность светового дня и соотношение между темным и светлым временем суток.

### Бактерии

- фототаксис
- мутации
- бактерицидное действие

**Фототаксис** (от др.-греч. φως / φωτος — свет и τάξις — строй, порядок, расположение по порядку) — двигательная реакция подвижных микроорганизмов в ответ на световой стимул, свойственный прежде всего фототрофным организмам.

**Мутация** (лат. mutatio — изменение) — стойкое (то есть такое, которое может быть унаследовано потомками данной клетки или организма) преобразование генотипа, происходящее под влиянием внешней или внутренней среды.

**Бактерицидное действие** - способность некоторых ультрафиолетового излучения вызывать гибель микроорганизмов в организме.

### Животные и человек

- фотоэритема
- загар
- синтез витамина Д
- фотодинамика

**Фотоэритема** - кожные покраснения, возникающие под действием ультрафиолетового излучения.

**Загар** — изменение цвета кожи (потемнение кожи) под воздействием ультрафиолетовых лучей вследствие образования и накопления в нижних слоях кожи специфического пигмента (меланина).

**Синтез витамина Д** — образование витамина Д под воздействием ультрафиолетовых лучей

**Фотодинамика** – лечение организма световыми лучами различной длины волны.

# Влияние УФ-лучей на микроорганизмы. Опыт Бухнера

Вследствие присущей УФ-лучам высокой химической и биологической активности, они вызывают у микроорганизмов **инактивацию ферментов, коагуляцию белков, разрушают ДНК** в результате чего наступает гибель клетки. При этом обеззараживается только поверхность облученных объектов из-за низкой проникающей способности этих лучей.

Патогенные бактерии более чувствительны к действию УФ-лучей, чем сапрофиты, поэтому в бактериологической лаборатории микроорганизмы выращивают и хранят в темноте.

**Опыт Бухнера** показывает, насколько УФ-лучи губительно действуют на бактерии: чашку Петри с плотной средой засевают сплошным газоном. Часть посева накрывают бумагой, и ставят чашку Петри на солнце, а затем через некоторое время (15-30 мин) ее ставят в термостат.

Прорастают только те микроорганизмы, которые находились под бумагой. Поэтому значение солнечного света для обеззараживания окружающей среды очень велико.

Бактерицидное действие УФ-лучей используют для стерилизации закрытых помещений: операционных, микробиологических боксов, учебных аудиторий кафедры микробиологии. Для этого применяют бактерицидные лампы ультрафиолетового излучения с длиной волны 200-400 нм.



Настольная



Напольная



Потолочная



Настенная



Потолочная

## ***Бактерицидные лампы***

# *Воздействие на бактерии ионизирующих излучений и СВЧ*

СВЧ-энергия. СВЧ-энергия влияет на генетические признаки микроорганизмов, на изменение интенсивности деления клетки, активность некоторых ферментов, гемолитические свойства.

Короткие электромагнитные волны длиной от 10 до 50 м ультракороткие длиной от 10 м до миллиметров обладают стерилизующим эффектом. Это объясняется тем, что при прохождении коротких и ультракоротких волн через среду возникают переменные токи высокой (ВЧ) и сверхвысокой (СВЧ) частоты. В электромагнитном поле электрическая энергия преобразуется в тепловую.

Характер нагревания в СВЧ-поле отличается от характера нагрева при обычных способах и обладает рядом преимуществ: объект нагревается быстро и равномерно и сразу во всех точках объёма. Так, в СВЧ-поле стакан воды закипает за 2-3 с, 1 кг рыбы варится в течение 2 мин, 1 кг мяса - 2,5 мин, курица 6-8 мин.

Вызывая нагревание среды, СВЧ-поле действует губительно на микроорганизмы. При этом основной причиной гибели микроорганизмов является повреждение клетки под влиянием высоких температур. Однако механизм действия СВЧ-энергии на микроорганизмы ещё окончательно не раскрыт.

Ионизирующая радиация. Характерной особенностью этих излучений является их способность вызывать процесс ионизации. К ним относятся космические, рентгеновские лучи и радиоактивные излучения (альфа-, бета - и гамма - лучи), возникающие при распаде радиоактивных элементов. Они имеют наиболее короткую длину волны и обладают высокой проникающей способностью. Эффект воздействия ионизирующих излучений на микроорганизмы зависит от дозы облучения (количества поглощённой энергии). В малых дозах лучи действуют стимулирующе - повышают интенсивность жизненных процессов (поэтому они часто применяются для обработки семян перед севом). Повышение дозы приводит к возникновению мутаций, а дальнейшее увеличение дозы - к гибели.

Микроорганизмы по сравнению с организмами менее чувствительны к ионизирующим излучениям. Гибель микроорганизмов происходит при дозах облучения, в сотни и тысячи раз превосходящих смертельную дозу для животных. Поэтому установки для обеззараживания пищевого сырья, работающие с ионизирующими излучениями, должны быть сконструированы с учетом безопасности для человека.

# *Воздействие на бактерии ионизирующих излучений*

Губительное действие ионизирующих излучений обусловлено рядом факторов. Они вызывают радиолиз воды в клетках и субстратах. При этом образуются свободные радикалы, атомарный водород, перекиси. Эти соединения, обладая высокой химической активностью, вступают во взаимодействие с другими веществами, и возникает большое количество химических реакций, несвойственных нормально живущей клетке. В результате наступает глубокое нарушение обмена веществ, разрушаются ферменты, изменяются внутриклеточные структуры. Особой чувствительностью обладает ДНК, что и приводит к мутациям. В субстратах накапливается токсичное для микроорганизмов вещества, которые угнетают их развитие.

Устойчивость различных микроорганизмов к этим видам излучений неодинакова. Наиболее чувствительны грамотрицательные бактерии (например, кишечная палочка, протей, сальмонеллы - возбудители пищевых отравлений, гнилостные бактерии рода *Pseudomonas* - возбудители порчи рыбных и мясных продуктов). Слабой устойчивостью отличаются психрофильные бактерии. Более устойчивы грамположительные бактерии, особенно некоторые микрококки (*Micrococcus radiodurans*) и споры бактерий родов *Bacillus* и *Clostridium*, которые в 10-12 раз устойчивее, чем вегетативные клетки. Чувствительность мицелиальных грибов и некоторых видов дрожжей к ионизирующим излучениям приближается к радиоустойчивости бактериальных спор.

Ионизирующие излучения, особенно гамма-лучи, нашли широкое применение в медицине для обеззараживания воды. В пищевой промышленности используется обработка продуктов низкими дозами облучения, например, обработка поверхности упакованного хлеба, ягод, скоропортящихся плодов, картофеля, мяса, рыбы с целью частичного уничтожения микроорганизмов в продуктах.

Установлено, что микроорганизмы способны восстанавливать лучевые повреждения. Темп и характер репарации определяются видовыми особенностями микроорганизмов, их физиологическим состоянием, а также типом излучения, поглощённой дозой и ее мощностью.

В настоящее время диапазон использования ионизирующих излучений всё расширяется. Их используют для задержки прорастания картофеля и овощей, дезинфекции зерна и зернопродуктов, сухофруктов; ускорения или замедления созревания плодов и в других целях.

Бетта-лучи наиболее приемлемы для целей обеззараживания, не вызывают при облучении появления в продукте "наведённой" радиации.

**Микробиологические методы очистки воды**

# *Воздействие на бактерии ионизирующих излучений*

Источником излучения для радиационной обработки продуктов служат преимущественно радиоактивные изотопы  $^{60}\text{Co}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

При обработке пищевых продуктов радиобиологический эффект зависит от состава микрофлоры, её численности, химического состава и агрегатного состояния продукта, поглощённой дозы и мощности дозы.

Применительно к радиационной обработке МАГАТЭ предложены специальные термины: радисидация (4-6кГр), радуризация (6-10кГр) и радаппертизации (10-50кГр).

Радисидация - радиационная обработка с целью выборочного подавления микроорганизмов какого-либо типа (например, сальмонелл, трихинелл и др.).

Радуризация - это обработка пищевых продуктов в дозах, достаточных для гибели патогенных для человека микроорганизмов. Радуризация применяется для снижения численности микроорганизмов, вызывающих порчу и потери массы пищевых продуктов. Радаппертизация осуществляется для промышленной стерилизации пищевых продуктов в условиях, исключающих повторное инфицирование микроорганизмами.

По решению Объединённого комитета экспертов, ряда Международных организаций (ФАО, МАГАТЭ, ВОЗ) в облучённых пищевых продуктах не должно быть патогенных микроорганизмов и микробных токсинов, а также токсических веществ, которые могут образовываться в результате облучения.

Международными организациями утверждён перечень пищевых продуктов, которые разрешено подвергать радиационной обработке. В нашей стране в каждом отдельном случае разрешение выдают органы здравоохранения.

В необходимых случаях для повышения эффекта облучения можно сочетать его с другими факторами воздействия (холодом, нагреванием, химическими консервантами и др.).

В нашей стране проведение в настоящее время радиационной обработки продуктов сдерживается отсутствием достаточного количества стационарных и передвижных установок, а также специалистов нужной квалификации для управления этой новой технологией хранения пищевых продуктов. Кроме того, нельзя не принимать во внимание и определённую настороженность потребителя к облучённым продуктам.

**Микробиологические методы очистки воды**

# *Влияние ультразвука на микроорганизмы*

Ультразвуки (УЗ) - это механические колебания с частотами выше 20000 Гц (20 кГц), что находится за пределами частот, воспринимаемых человеческим ухом.

Неся с собой большой запас энергии, ультразвуковые волны вызывают ряд физических, химических и биологических явлений. С помощью ультразвуковых (УЗ) волн можно вызвать инактивацию ферментов, витаминов, токсинов, разрушить разнообразные материалы и вещества, многоклеточные и одноклеточные организмы.

Ультразвуковые волны при частоте колебания 1-1,3 мГц в течение 10 мин оказывает бактерицидный эффект на клетки микроорганизмов. Влияние ультразвука основано на механическом разрушении микроорганизмов в результате возникновения высокого давления внутри клетки, разжижения и вспенивания цитоплазмы или на появлении гидроксильных радикалов и атомарного кислорода в водной среде цитоплазмы. УЗ-колебания ускоряют многие химические реакции, вызывают распад высокомолекулярных соединений, коагуляцию белков, инактивацию ферментов и токсинов, могут привести к разрыву клеточной стенки, и иногда к разрушению внутриклеточных структур. Летальное действие УЗ начинает проявляться при интенсивности 0,5-1,0 Вт/см<sup>2</sup> и частоте колебаний порядка десятков кГц.

Среди микроорганизмов бактерии более чувствительны к действию УЗ, чем дрожжи; причём УЗ легче вызывает гибель палочковидных форм бактерий, чем шаровидных.

Споры бактерий более устойчивы, чем вегетативные клетки.

Механизм действия УЗ на микроорганизмы недостаточно изучен. Основной причиной гибели микроорганизмов, очевидно, является особый эффект, называемый кавитацией. При прохождении через жидкость УЗ-волн в ней образуются мелкие разрывы, которые под действием сил поверхностного натяжения жидкости принимают форму пузырьков. В момент захлопывания кавитационного пузырька возникает мощная гидравлическая ударная волна, обладающая сильным разрушительным действием.

Практическое использование УЗ-волн с целью стерилизации эффективно в основном для жидких пищевых продуктов (молока, фруктовых соков, вин), воды, для мойки и стерилизации стеклянной тары. При обработке с мощностью УЗ-волн плотных пищевых продуктов с целью их стерилизации происходит не только уничтожение микроорганизмов, но и повреждение молекул самого сырья.



# *Ультразвуковые дезинтеграторы*

Используемые для этих целей приборы, испускающие ультразвук, называют ультразвуковыми дезинтеграторами (УЗД).



*Ультразвуковой дезинтегратор*

# Влияние высокого давления на микроорганизмы

К высокому атмосферному или гидростатическому давлению бактерии, а особенно споры, очень устойчивы (барофильные микроорганизмы). В природе встречаются бактерии, которые живут в морях и океанах на глубине 1000-10000 м под давлением от 100 до 900 атм. Эти бактерии являются сапрофитными и относятся к археям.

Бактерии переносят давление 1000-3000 атм, а споры бактерий - до 20000 атм. При таком высоком давлении снижается активность бактериальных ферментов и токсинов.

Сочетанное действие повышенных температур и повышенного давления используется в паровых стерилизаторах (автоклавах) для стерилизации паром под давлением.

Важным фактором является внутриклеточное осмотическое давление у различных микроорганизмов.

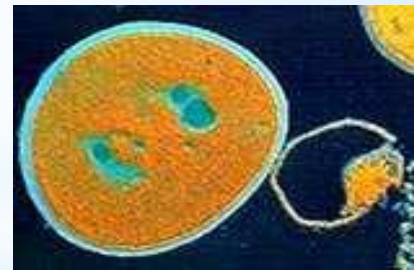
Влияние осмотического давления на микробную клетку:

1. Плазмолиз (потеря воды и гибель клетки) происходит с микроорганизмами, если их помещают в среду с более высоким осмотическим давлением.
2. Плазмолиз (поступление воды в клетку и разрыв клеточной стенки) – происходит с микроорганизмами при перемещении их в среду с низким осмотическим давлением.



*Плазмолиз*

*Плазмолиз*



Осмотическое давление в клетке регулирует цитоплазматическая мембрана. При высоком осмотическом давлении окружающей среды происходит плазмолиз. Плазмолиз явление обратимое, и если понизить осмотическое давление окружающего микроорганизмы раствора, вода поступает внутрь клетки и возникает явление противоположное плазмолизу - плазмолиз.

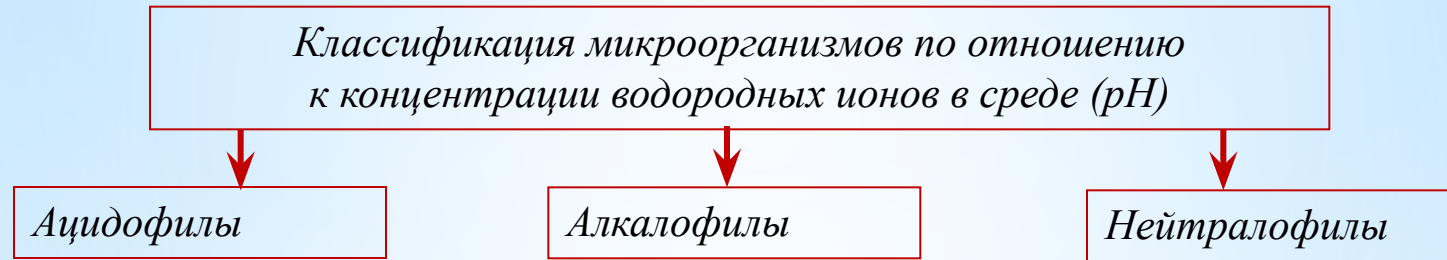
Микроорганизмы, приспособившиеся к развитию в среде с высоким осмотическим давлением, называются осмофильными.

Микроорганизмы, развивающиеся в среде с высокой концентрацией солей, носят название - галофилов (солелюбивых).

# *Влияние прочих физических факторов на микроорганизмы*

Действие **электричества** на микроорганизмы: токи низкой и высокой частоты приводят к колебаниям молекул всех элементов микробной клетки и равномерному нагреванию всей ее массы.

Важным условием нормальной жизнедеятельности микроорганизмов является поддержание постоянного значения внутриклеточного **pH** - концентрация водородных ионов.



Для ацидофилов оптимальная для жизни pH -6,0-7,0; для алкалофилов - 9,0-10,0; для нейтралофилов - 7,5.

Значение pH оказывает существенное влияние на синтез того или иного метаболита.

В ряде случаев оптимум для роста культуры и образования продукта неодинаков. С увеличением температуры культивирования диапазон переносимых значений pH сужается.

Содержание растворенного **кислорода** ( $O_2$ ) в среде обеспечивает метаболические процессы аэробов. Кислород, являясь акцептором ионов  $H^+$ ; замедляет или полностью подавляет развитие анаэробов.

Содержание растворенного **диоксида углерода** ( $CO_2$ ) в среде необходимо для метаболизма автотрофов, у гетеротрофов может как стимулировать, так и подавлять метаболические процессы.

**Вязкость среды** определяет диффузию питательных веществ из объема среды к поверхности клетки.

# *Химические факторы, влияющие на микроорганизмы*

Известно, что изменение состава и концентрации питательных элементов питательной среды может затормозить, прекратить или стимулировать процессы роста и размножения бактериальной популяции. Следовательно, химические факторы способны влиять на жизнедеятельность микроорганизмов.

Степень воздействия химического агента на микроорганизм может быть различной. Она зависит от химического соединения, его концентрации, продолжительности воздействия, а так же от индивидуальных свойств микроорганизма.

Бактериостатическое действие регистрируется в том случае, если химическое вещество подавляет размножение бактерий, а после его удаления процесс размножения восстанавливается.

Бактерицидное действие вызывает необратимую гибель микроорганизмов.

Некоторые химические вещества безразличны для бактерий, другие могут стимулировать процессы их развития или являться питанием для бактерий. Например, соль NaCl в малых количествах добавляют в питательные среды.

Химические вещества, способные оказывать бактерицидное действие на разные группы микроорганизмов, используют для дезинфекции.

Дезинфекция (уничтожение инфекции, обеззараживание объектов окружающей среды) – это комплекс мероприятий, направленный на уничтожение возбудителей инфекционных болезней в окружающей среде.

Другими словами, дезинфекция – это уничтожение патогенных микроорганизмов во внешней среде с помощью химических веществ, обладающих антимикробным действием.

# *Химические факторы, влияющие на микроорганизмы*

Химические вещества, действующие на микроорганизмы:

1. Окислители.
2. Поверхностно-активные вещества.
3. Галогены.
4. Соли тяжелых металлов.
5. Кислоты.
6. Щелочи.
7. Спирты.
8. Фенолы, крезолы и их производные.
9. Альдегиды (формальдегид, формалин).
10. Красители.

По механизму противомикробного действия все химические вещества подразделяются на 5 классов:

1. Денатурирующие белки – коагулируют и свертывают белки.
2. Омыляющие белки – приводят к набуханию и растворению белков.
3. Окисляющие белки - повреждают сульфгидрильные группы активных белков.
4. Реагирующие с фосфатнокислыми группами нуклеиновых кислот.
5. Поверхностно активные вещества - вызывают повреждения клеточной стенки.

## *Вещества, денатурирующие белок*

- \* фенол, крезол и их производные - бактерицидное действие связано с повреждением клеточной стенки и денатурацией белков цитоплазмы;
- \* формальдегид - бактерицидное действие обусловлено дегидратацией поверхностных слоев и денатурацией белка;
- \* спирты - бактерицидное действие обусловлено способностью отнимать воду и свертывать белки;
- \* соли тяжелых металлов (сулема, мертиолат, соли ртути, серебра, цинка, свинца, меди) - положительно заряженные ионы металлов адсорбируются на отрицательно заряженной поверхности бактерий и изменяют проницаемость их цитоплазматической мембраны, при этом изменяется структура дыхательных ферментов и разобщаются процессы окисления и фосфорилирования в митохондриях.

## *Вещества, омыляющие белок*

- щелочи,
- гашеная известь.

## *Вещества, окисляющие белок*

- \* хлор,
- \* бром,
- \* йодосодержащие,
- \* перекись водорода,
- \* перманганат калия

Эти вещества выделяют активный атомарный кислород, вызывая цепную реакцию свободнорадикального

перекисного окисления липидов, что ведет к деструкции мембран и белков микроорганизмов.

# *Поверхностно-активные вещества*

Поверхностно-активные вещества

- жирные кислоты,
- мыла,
- моющие средства,
- Детергенты

Изменяют энергетическое соотношение поверхности микробной клетки (заряд с отрицательного меняется на положительный), что нарушает проницаемость и осмотическое равновесие.

## *Галогены*

- хлорсодержащие: хлорная известь, хлорамин Б, дихлор-1, сульфохлорантин, хлорцин и др.;
- йодосодержащие: спиртовой раствор йода, йодиол, йодоформ, раствор Люголя и др.)

Разрушают ферментативные структуры бактериальной клетки, угнетают гидролитическую и дегидрогеназную активность бактерий, инактивируют такие ферменты, как амилазы и протеазы, денатурируют белки цитоплазмы, а также выделяют атомарный кислород, оказывающий окисляющее действие на микроорганизмы.

## *Красители*

Красители (бриллиантовый зеленый, риванол, трипофлавин, метиленовая синь) - обладают сродством к фосфорнокислым группам нуклеиновых кислот и нарушают процесс деления бактерий. Многие красители используются в составе антисептиков.

# Кислоты и щелочи

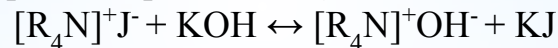
Бактерицидный эффект кислот (салициловая, борная) и щелочей (едкий натр) на микроорганизмы обуславливается:

- \* дегидратацией микроорганизмов;
- \* изменением рН среды;
- \* гидролизом коллоидных систем;
- \* образованием кислотных и щелочных альбуминатов.

## Четвертичные аммониевые соединения и их соли

Органические аммониевые соли в зависимости от числа органических остатков у атома N подразделяют на первичные  $[\text{RNH}_3]^+\text{X}^-$ , вторичные  $[\text{R}_2\text{NH}_2]^+\text{X}^-$ , третичные  $[\text{R}_3\text{NH}]^+\text{X}^-$  и четвертичные  $[\text{R}_4\text{N}]^+\text{X}^-$ .

При действии растворов едких щелочей на четвертичные соли образуются четвертичные аммониевые основания, равные по силе KOH и NaOH (поэтому реакция равновесна):



Одним из наиболее эффективных дезинфицирующих средств на сегодняшний день является Велтолен - жидкий концентрат на основе уникальной отечественной, запатентованной субстанции «Велтон» (клатрат ЧАС с карбамидом).



# *Виды дезинфекции в макроорганизме*

Активность различных дезинфицирующих веществ не одинакова и зависит от времени экспозиции, концентрации, температуры дезинфицирующих растворов и окружающей среды.

Дезинфекция с помощью химических веществ в качестве составляющей входит в совокупность мер, направленных на уничтожение микроорганизмов не только в окружающей среде, но и в макроорганизме, например, в ране и является основой асептики и антисептики.

Асептика - это комплекс профилактических мероприятий, направленных на предупреждение попадания микроорганизмов в рану или организм человека и животного.

Антисептика - это комплекс мероприятий, направленных на уничтожение микроорганизмов в ране или в организме в целом, на предупреждение и ликвидацию воспалительного процесса.

Антисептики - это противомикробные вещества, которые используются для обеззараживания биологических поверхностей.

К антисептическим химическим веществам относятся красители (метиленовый синий, бриллиантовый зеленый) - обладают денатурирующим и литическим эффектом, и производные 8-оксихинолина (хинозол, нитроксалин, хинолон) и нитрофурана (фурацилин, фуразолидон), которые нарушают биосинтетические и ферментативные процессы в бактериальной клетке.

# *Биологические факторы, влияющие на микроорганизмы*

К биологическим факторам, негативно воздействующим на микроорганизмы, можно отнести:

- \* микроорганизмы-антагонисты;
- \* антибиотики;
- \* пробиотики;
- \* бактериофаги;
- \* защитные факторы организма (клеточные и гуморальные).

Во внешней среде и в организме человека и животных обитает огромное количество разных видов микроорганизмов, которые по-разному взаимодействуют между собой.

Основные виды взаимоотношений микроорганизмов:

- \* Антагонизм.
- \* Метабиоз.
- \* Комменсализм.
- \* Мутуализм.
- \* Сателлизм.
- \* Синергизм.

Микробиологические методы очистки воды

- \* Хищничество.

# Антагонизм микроорганизмов

**Антагонизм** - подавление одних видов микроорганизмов другими (конкуренция, паразитизм, антибиоз).



**Конкуренция** - один микробный вид обладает большей приспособляемостью к условиям среды и при интенсивном размножении вызывает истощение питательной среды, тем самым препятствует росту других микроорганизмов (конкуренция за источник питания).

**Паразитизм** - пользу от сожительства получает лишь паразит, нанося вред хозяину (гибель хозяина).

**Антибиоз** - способность одного вида микроорганизма выделять токсические вещества, угнетающие жизнедеятельность других видов (антибиотики).

Под влиянием бактерий-антагонистов:

- \* микроорганизмы перестают расти и размножаться;
- \* клетки микроорганизмов лизируются (растворяются);
- \* тормозятся или останавливаются биохимические процессы внутри клеток, например дыхание, синтез аминокислот.

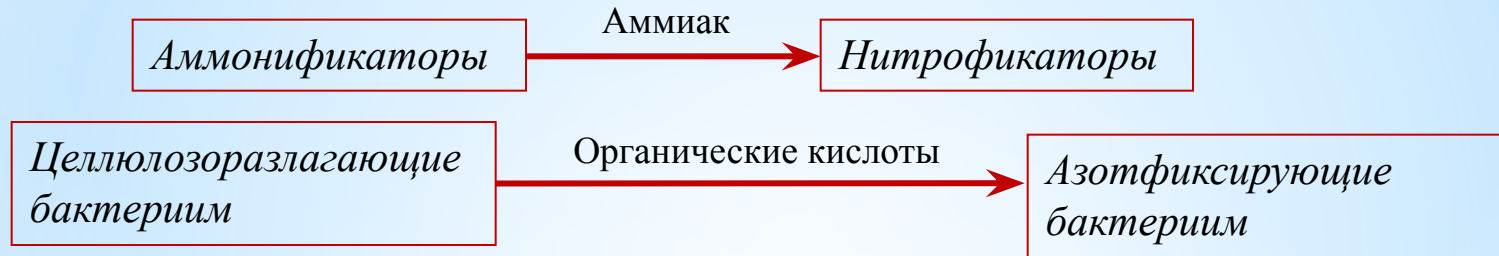
Наиболее резко антагонизм проявляется у актиномицетов, бактерий и грибов: кишечная палочка подавляет возбудителя сибирской язвы, синегнойная палочка активно подавляет возбудителя чумы, актиномицеты угнетают рост дрожжевых клеток.

Чаще всего антагонисты действуют на конкурентов продуктами обмена веществ, в том числе антибиотиками, либо вытесняют их вследствие более интенсивного размножения или преимущественного потребления пищи.

**Микробиологические методы очистки воды**

# Метабиоз микроорганизмов

**Метабиоз** - один из микроорганизмов использует продукт жизнедеятельности другого и создает условия для его развития.



Например, почвенные бактерии аммонификаторы ферментируют питательный субстрат с образованием аммиака, который усваивают нитрификаторы, в результате чего бурно размножаются.

# *Комменсализм микроорганизмов*

**Комменсализм** - сосуществование двух разных микроорганизмов, полезное для одного из них (комменсала) и безразличное для другого (хозяина).

Например, сенная палочка, попав в пищеварительный тракт животного, вырабатывает полезные для жизнедеятельности лактобактерий вещества, в то время, как лактобактерии не оказывают на сенную палочку никакого действия.

Среди эпифитной и нормальной микрофлоры организма человека и животных комменсализм широко распространен.

Провести строгое различие между комменсализмом и симбиозом порой нелегко, т.к. эти взаимоотношения микроорганизмов очень сходны.

# *Мутуализм бактерий*

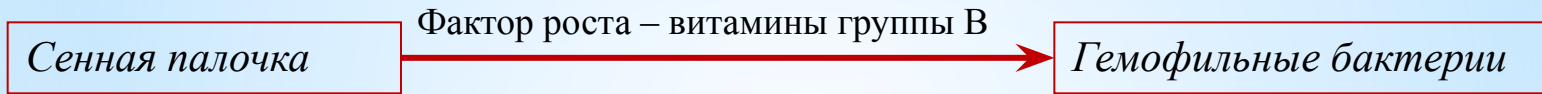
**Мутуализм** - взаимодействие между двумя видами микроорганизмов, приносящие обоюдную пользу, т. е. в популяции каждого из этих видов бактерии растут, выживают и размножаются с большим успехом, чем в присутствии других видов микроорганизмов.

Такое сожительство создает благоприятные условия для обоих партнеров (взаимовыгодный симбиоз-мутуализм).

Преимущества мутуализма могут быть разные. Чаще всего они заключаются в том, что по крайней мере один из партнеров использует другого в качестве пищевого ресурса, тогда как другой получает защиту от бактерий-антагонистов или благоприятные для роста и размножения условия.

# *Сателлизм бактерий*

**Сателлизм** - стимуляция роста и размножения одного микроорганизма продуктами жизнедеятельности другого.



# *Синергизм бактерий*

**Синергизм** - усиление физиологических функций и свойств при совместном выращивании.



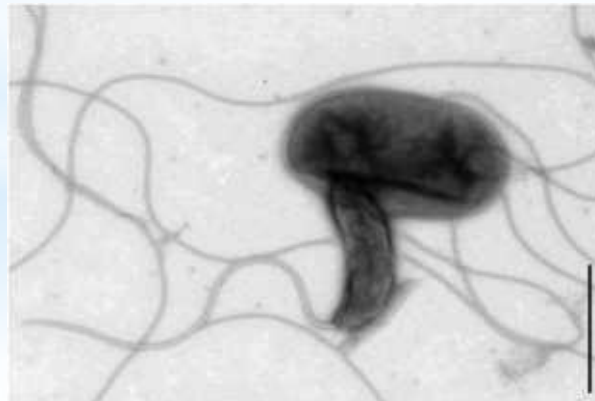


# Хищничество бактерий

**Хищничество** – нападение одного вида бактерии на другой с целью использования другого вида в качестве пищи.



*Жизненный цикл бделловибрионов – хищных бактерий*



*Bdellovibrio bacteriovorus*  
проникает в сальмонеллу

# *Нейтрализм бактерий*

**Нейтрализм** – микроорганизмы не оказывают друг на друга никакого влияния.

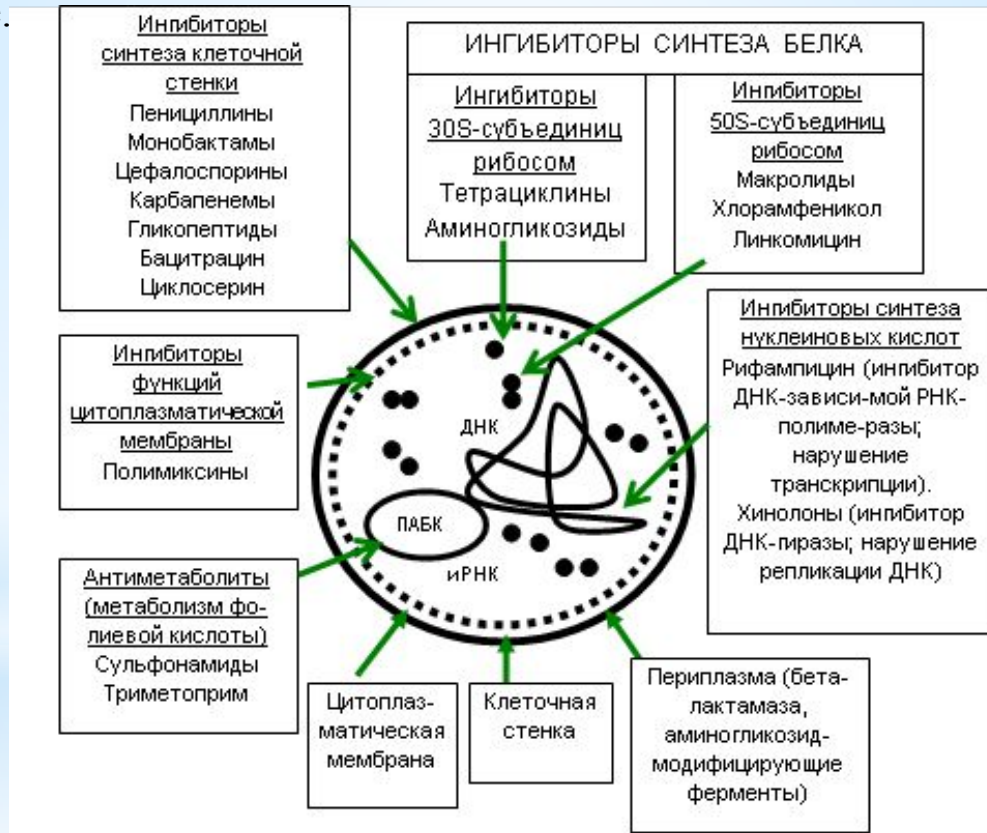
Наибольший интерес для науки и практики представляют различные биологически активные вещества, образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, и одними из них являются антибиотики.

# Антибиотики

**Антибиотики** - продукты метаболизма живых организмов или их аналоги, получаемые синтетическим путем, способные избирательно подавлять рост микроорганизмов.

Термин "антибиотик" был предложен В. Вюиеном в 1889 г., чтобы обозначить действующий агент процесса "антибиоза", т.е. сопротивления, оказываемого одним живым организмом другому.

В 1929 году А. Флемингом был открыт пенициллин, который в 1940 году удалось выделить в кристаллическом виде.



*Механизм действия антибиотиков на бактерии*

# Классификация антибиотиков

По биологическому происхождению	По механизму биологического действия	По спектру биологического действия	По химическому строению
Эубактерии <u>Род Pseudomonas</u> : пиоцианин, вискозин.	Ингибирует синтез клеточной стенки (пенициллины, цефалоспорины)	Узкого спектра (пенициллины, цефалоспорины)	Ациклические соединения (микозамин, пирозамин)
Актиномицеты <u>Род Streptomyces</u> : тетрациклины, стрептомицины, эритромицин. <u>Род Micromonospora</u> : гентамицины, сизомицин.	Нарушает функцию мембран (нистатин, кандицидин)	Широкого спектра (тетрациклины, хлорамфеникол, гентамицин, тобрамицин)	Алициклические соединения (актидион, туевая кислота). Тетрациклины
Цианобактерии (малинголид)	Подавляет синтез РНК (канамицин, неомицин) и синтез ДНК (актидион, эдеин)	Противотуберкулезные (стрептомицин, канамицин)	Ароматические соединения (галловая кислота, хлорамфеникол). Хиноны
Грибы (пенициллины)	Ингибиторы синтеза пуринов и пиримидинов (азасерин)	Противогрибные (нистатин, кандицин)	Кислородсодержащие гетероциклические соединения (пеницилловая кислота, карлинаоксид)
Лишайники, растения, водоросли (усниновая кислота, хлореллин)	Подавляет синтез белка (канамицин, тетрациклины, эритромицин, хлорамфеникол)	Противоопухолевые (адриамицин)	Макролиды (эритромицин)
Животного происхождения (интерферон, экмолин)	Ингибиторы дыхания (усниновая кислота, пиоцианин). Ингибиторы окислительного фосфорилирования (валиномицин, олигомицин)	Противоамебные (фумагиллин)	Аминогликозиды (тобрамицин, гентамицин, стрептомицины). Полипептиды (грамицидины)

# Пробиотики

**Пробиотики** – это биопрепараты, которые содержат живые, антагонистически активные в отношении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов «полезные» бактерии (лактобациллы, бифидобактерии и др.), применяемые для профилактики и лечения инфекционных (в основном, желудочно-кишечных) болезней человека и животных.

Пробиотики широко используются в медицине и ветеринарии для профилактики дисбактериоза, восстановления кишечного биоценоза при стрессах и антибиотикотерапии.

Эффективность применения различных пробиотиков зависит от видового состава входящих в них микроорганизмов.

## Возможные механизмы действия пробиотиков:

1. Подавление живых патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

- а) продукция антибактериальных веществ - бактериоцинов;
- б) конкуренция за источники питания;
- в) конкуренция за рецепторы адгезии.

2. Влияние на микробный антагонизм.

- а) уменьшение ферментативной активности;
- б) увеличение ферментативной активности.

3. Стимуляция иммунитета.

- а) увеличение уровня антител;
- б) увеличение активности макрофагов.

К молочнокислым бактериям, широко используемым для производства пробиотиков, относятся молочнокислые стрептококки (*S.lactis* и *S.cremoris*) и лактобактерии (*L.acidophilum*, *L.casei*, *L.plantarum*, *L.bulgaricum*).

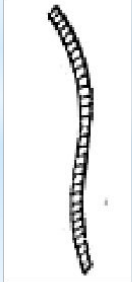
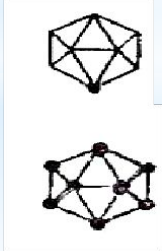
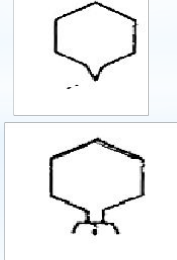
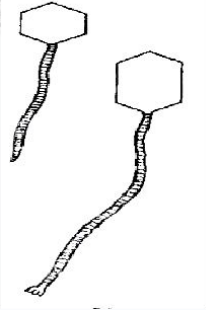
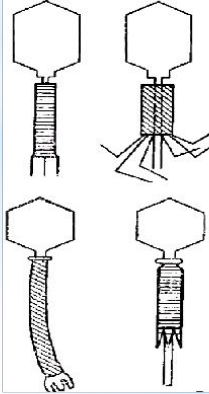
# Бактериофаги

**Бактериофаги** - это вирусы, обладающие способностью проникать в бактериальные клетки, репродуцироваться в них и вызывать их лизис.

Бактериофаги широко распространены в природе - в воде, почве, сточных водах, в кишечнике животных, человека, птиц, в раковых опухолях растений, молоке, овощах.

Источником бактериофагов патогенных микроорганизмов являются больные люди и животные и бактерионосители. Бактериофаги выделяются с содержимым кишечника, мочой, его обнаруживали в мокроте, слюне, гное, носовом секрете. Особенно большое количество бактериофагов выделяется в период выздоровления.

По своему строению бактериофаги подразделяются на 5 групп.

Группа бактериофагов				
I	II	III	IV	V
Нитевидные	Сферические в форме икосаэдра	С коротким хвостовым отростком	Булавовидной формы с длинным несокращающимся отростком	Булавовидной формы с отростком сложного строения
Однониетевая ДНК	однониетевая ДНК или РНК	Двухнитевая ДНК	Двухнитевая ДНК	Двухнитевая ДНК
				

# *Группы бактериофагов*

1. Нитевидные бактериофаги представляют собой длинные гибкие палочки длиной 700-850 нм, и состоят из трубкообразного капсида, построенного по спиральному типу симметрии из отдельных белковых капсомеров, в котором заключена однонитевая ДНК.
2. Мелкие сферические бактериофаги, имеющие форму икосаэдра, без дифференцированного отростка или его аналогов на вершинах икосаэдра. Фаги этой группы могут содержать однонитевую ДНК или РНК. На бактериальных газонах такие фаги образуют крупные (8-10 мм) негативные колонии.
3. Бактериофаги, обладающие четко выраженным хвостовым отростком небольшого размера. В головке такого фага находится базальная пластинка.
4. Бактериофаги булавовидной формы с длинным несокращающимся отростком. Это наиболее распространенные фаги, поражающие различные виды кишечной палочки, возбудителя рожи свиней и сибирской язвы. Размеры головок у таких фагов варьируют от 50 до 100 нм и представляют собой удлиненные многогранники, содержащие двухнитевую ДНК.
5. ДНК содержащие фаги булавовидной формы имеют мощный отросток сложного строения. Он состоит из наружного сокращающегося чехла, внутреннего жесткого полого стержня и хорошо выраженной базальной пластинки, которая имеет разное количество выростов, шипов и нитей. При сокращении чехол укорачивается, обнажая конец внутреннего стержня, который способен проникать через бактериальную стенку.

# Группы бактериофагов

Фаги более устойчивы во внешней среде, чем бактерии. Выдерживают давление до 6000 атм., устойчивы к действию радиации, до 13 лет не теряют своих литических свойств, находясь в запаянных ампулах.

Некоторые вещества, например, хлороформ и ферментативные яды (цианид, фторид), не оказывают влияния на фаги, но вызывают гибель бактерий.

Однако фаги быстро погибают при кипячении, действии кислот, УФ-лучей.

Фаги обладают строгой специфичностью, т.е. способны паразитировать только в определенном виде микроорганизмов.

Фаги с более строгой специфичностью, которые паразитируют только на определенных представителях данного вида, называются типовыми.

Фаги, которые лизируют микроорганизмы близких видов, называются поливалентными.

По механизму взаимодействия с клетками фаги подразделяются на вирулентные и умеренные.

Феномен бактериофагии, вызываемый вирулентными фагами, проходит в 5 фаз:

- 1) адсорбция - с помощью нитей хвостового отростка;
- 2) проникновение в клетку;
- 3) репродукция белка и нуклеиновой кислоты внутри клетки;
- 4) сборка и формирование зрелых фагов;
- 5) лизис клетки, выход фага из клетки.

Умеренные фаги не лизируют все клетки, а с некоторыми вступают в симбиоз. Клетка выживает. Умеренный фаг превращается в профаг, который не обладает литическим действием.

Лизогенизация бактерий сопровождается изменением их морфологических, культуральных, ферментативных, антигенных и биологических свойств.



# *Стерилизация*

В микробиологии лабораторная посуда, питательные среды, растворы, некоторые виды оборудования и приборы должны быть стерильны.

**Стерильность** - понятие абсолютное, оно означает полное отсутствие микроорганизмов, как на поверхности, так и внутри стерильного объекта.

**Стерилизация** (обеспложивание) - это полное уничтожение вегетативных форм микроорганизмов и их спор в различных материалах.

Существуют физические, химические и механические способы стерилизации.

# Физические методы стерилизации

Физические методы стерилизации с использованием высокой температуры:

1. Фломбирование.	4. Стерилизация текучим паром.
2. Стерилизация сухим жаром.	5. Тиндализация.
3. Кипячение.	6. Автоклавирование.

К наиболее распространенным способам физической стерилизации относятся автоклавирование и сухожаровая стерилизация.

**Автоклавирование** — это стерилизация паром под давлением, которая проводится в специальных аппаратах - автоклавах. Автоклав представляет собой металлический цилиндр с прочными стенками, состоящий из двух камер: парообразующей и стерилизующей. В автоклаве создается повышенное давление, что приводит к увеличению температуры кипения воды. Паром под давлением стерилизуют питательные среды, патологический материал, инструментарий, белье и т.д.

Наиболее распространенный режим работы автоклава - 2 атм. (120°C), в течение 15-20 мин. Началом стерилизации считают момент закипания воды.

К работе с автоклавом допускаются подготовленные специалисты, которые строго выполняют правила техники безопасности.

**Сухожаровая стерилизация** — проводится в печах Пастера (сухожаровой шкаф). Это шкаф с двойными стенками, изготовленный из металла и асбеста, нагреваемый с помощью электричества и снабженный термометром. Сухим жаром стерилизуют, в основном, лабораторную посуду. Обеззараживание материала в нем происходит при 160°C в течение 1 часа.

В бактериологических лабораториях используется такой вид стерилизации, как **прокаливание над огнем (фломбирование)**. Этот способ применяют для обеззараживания бактериологических петель, шпателей, пипеток. Для прокаливания над огнем используют спиртовки или газовые горелки.

## *Физические методы стерилизации*

К физическим способам стерилизации относятся также УФ-лучи и рентгеновское излучение. Такую стерилизацию проводят в тех случаях, когда стерилизуемые предметы не выдерживают высокой температуры.

Тиндализация (двухступенчатая стерилизация) используется для обеззараживания материала, обсемененного спорами бактерий. При этом используется два режима нагревания материала – первый режим является оптимальным для прорастания спор и перехода споровой формы бактерий в вегетативную, а второй режим направлен на уничтожение вегетативных клеток микроорганизмов.

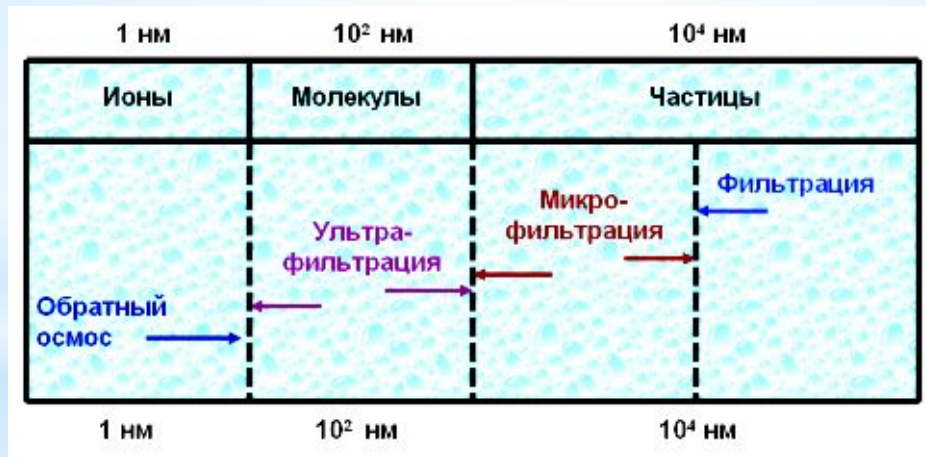
# Механическая стерилизация

**Механическая стерилизация** (фильтрующая стерилизация) - проводится при помощи фильтров (керамических, стеклянных, асбестовых) и особенно мембранных ультрафильтров из коллоидных растворов нитроцеллюлозы.

Фильтрующая стерилизация позволяет освобождать жидкости (биопрепараты, сыворотку крови, лекарства) от бактерий, грибов, простейших и вирусов, в зависимости от размеров пор в фильтре.

Для ускорения фильтрации создают повышенное давление в емкости с фильтруемой жидкостью или пониженное давление в емкости с фильтратом.

В микробиологической практике часто используют асбестовые фильтры Зейтца, Шамберлана. Такие фильтры рассчитаны на одноразовое применение.



*Классификация мембранных методов стерилизации в зависимости от размеров фильтруемых частиц и размеров пор в мембранах*

# Химическая стерилизация

Химическая стерилизация - этот вид стерилизации применяется ограниченно. Чаще всего используют химические вещества для предупреждения бактериального загрязнения питательных сред и иммунобиологических препаратов.

При химической стерилизации возможно использование двух токсичных газов: окиси этилена и формальдегида. Эти вещества в присутствии воды могут инактивировать ферменты, ДНК и РНК бактерий, что приводит к гибели бактериальных клеток.

Стерилизация газами осуществляется в присутствии пара при 50-80°C в специальных камерах. Этот вид стерилизации опасен для окружающих, однако существуют объекты, которые могут быть повреждены при нагревании и поэтому их можно стерилизовать только газом. Например, некоторые приборы.

Для проведения стерилизации тех или иных объектов необходимо строго соблюдать установленный режим стерилизации (например, для питательных сред он указан в рецепте приготовления).

При проведении стерилизации в автоклаве необходимо осуществлять контроль стерилизации.

Существует 3 вида контроля:

1. **Химический** — в автоклав при каждой загрузке кладут бензойную кислоту, мочевины, запаянные в ампулы, или индикаторы стерилизации ТВИ - 120°C - 1 атм.; ТВИ - 132°C - 2 атм.

При достижении заданного режима стерилизации указанные вещества меняют свой цвет, а термо-временные индикаторы темнеют.

2. **Термический** — 2 раза в месяц максимальным термометром во время стерилизации проводят замер температуры в контрольных точках, которая должна достичь заданных параметров.

3. **Биологический** — проводится 2 раза в год. В контрольных точках помещают пробирки со споровой культурой *Bacillus stearothermophilus*, погибающей при 120°C в течение 15 мин. После стерилизации пробирки помещают в термостат при  $t = 55^\circ\text{C}$  на 48 часов. При достижении заданного режима рост тест-культуры отсутствует: фиолетовой цвет среды в пробирках не меняется.

Для сохранения стерильности стерилизуемые предметы должны иметь упаковку, не допускающую микробного загрязнения.

# *Приспособляемость микроорганизмов к неблагоприятным факторам окружающей среды*

Приспособляемостью микроорганизмов к неблагоприятным факторам внешней среды является **изменчивость** - приобретение микроорганизмами признаков, позволяющих им выжить и отличающих их от предыдущих поколений.

По диапазону изменчивость микроорганизмов подразделяется:

- внутривидовая;
- видообразующая.

Внутривидовая изменчивость микроорганизмов встречается наиболее часто. При этом, основные видовые признаки бактерий сохраняются (например, приобретение бактериями устойчивости к антибиотикам).

Видообразующая изменчивость микроорганизмов встречается чрезвычайно редко, при этом происходят глубокие изменения наследственной структуры (генотипа) микроорганизмов (например, изменение обмена веществ).

# Формы проявления

## внутривидовой изменчивости микроорганизмов

1. **Фенотипическая изменчивость** или модификация микроорганизмов (ненаследственная, без изменения генотипа) возникает как ответ клетки на неблагоприятные условия ее существования. Эта адаптивная реакция на внешние раздражители не сопровождается изменением генотипа и поэтому не передается по наследству. Могут измениться морфология (округление, удлинение клетки), культуральные свойства (стафилококки не образуют пигмент при недостатке кислорода), биохимические или ферментативные свойства (выработка адаптивных ферментов у эшерихий - фермент лактаза на среде с лактозой). При фенотипической изменчивости как правило, через определенное время происходит возврат к исходному состоянию («новый фенотип» утрачивается).

2. **Генотипическая изменчивость** (наследуемая) - возникает в результате мутаций и генетических рекомбинаций. При этом смена фенотипа связана с изменением генотипа и передается по наследству. Нет возврата к исходному фенотипу.

**Мутации** (от лат. mutatio - изменять) - это стойко передаваемые по наследству структурные изменения генов, связанные с реорганизацией нуклеотидов в молекуле ДНК. При мутациях изменяются участки геномов (т.е. наследственного аппарата).

Бактериальные мутации могут быть спонтанными (самопроизвольными) и индуцированными (направленными), т.е. появляются в результате обработки микроорганизмов специальными мутагенами (химическими веществами, температурой, излучением и т.д.).

В результате бактериальных мутаций могут отмечаться:

- изменение морфологических свойств микроорганизмов;
- изменение культуральных свойств;
- возникновение у микроорганизмов устойчивости к лекарственным препаратам;
- ослабление патогенных свойств и др.

Микробиологические методы очистки воды

# Формы проявления

## внутривидовой изменчивости микроорганизмов

К генетическим рекомбинациям относятся рекомбинации генов, которые происходят вследствие трансформации, трансдукции и конъюгации.

**Трансформация** — передача генетического материала от бактерии-донора бактерии-реципиенту при помощи изолированной ДНК другой клетки.

Бактерии, способные воспринимать ДНК другой клетки, называются компетентными.

Состояние компетентности часто совпадает с логарифмической фазой роста.

Для трансформации необходимо создавать особые условия, например, при добавлении в питательную среду неорганических фосфатов частота трансформации повышается.

**Трансдукция** — это перенос наследственного материала от бактерии-донора к бактерии-реципиенту бактериофагом.

Например, с помощью бактериофага можно воспроизвести трансдукцию жгутиков, ферментативные свойства, резистентность к антибиотикам, токсигенность и другие признаки.

**Конъюгация** — передача генетического материала от одной бактерии другой путем непосредственного контакта. При этом происходит односторонний перенос генетического материала - от донора реципиенту. Необходимым условием для конъюгации является наличие у донора цитоплазматической кольцевой молекулы ДНК - плазмиды и специфического фактора плодовитости F. У грамотрицательных бактерий обнаружены половые F-волоски, через которые происходит перенос генетического материала. Клетки, играющие роль донора, обозначают  $F^+$ , а реципиенты –  $F^-$ .

3. Промежуточная изменчивость - диссоциация. В однородной популяции бактерий появляются различные по биологическим свойствам клетки, образующие две формы колоний – R (шероховатые, с рваными краями, часто связанные с приобретением бактериями патогенных свойств) и S (круглые, гладкие, блестящие).