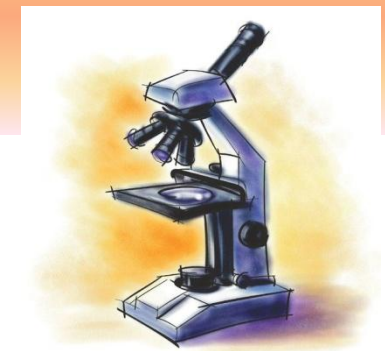




# Основы микробиологии и иммунологии

Группы 112 а,б, 115 а,б



# Экология микроорганизмов - микроэкология (часть 1)

# План занятия

- Распространение микроорганизмов в окружающей среде
- Микрофлора почвы
- Микрофлора воды
- Микрофлора воздуха
- Микрофлора бытовых и медицинских объектов

Сложные взаимоотношения микроорганизмов со средой, которые обуславливают их размножение, развитие и выживание, а также взаимоотношения микробов между собой изучает биологическая наука экология.

Изучение экологии микроорганизмов ведет к пониманию явлений паразитизма, **зоонозных** (свойственных для животных), **антропонозных** (свойственных для человека), **зооантропонозных** (свойственных для человека и животных) заболеваний, болезней с природной очаговостью и к разработке практических мероприятий по борьбе с различными инфекционными болезнями.

## Распространенность микробов в природе

«...Мириады микробов населяют стихии и окружают нас. Незримо они сопутствуют человеку на всём его жизненном пути, властно вторгаясь в его жизнь, то в качестве врагов, то как друзья».

В.Л. Омелянский

Культивируются примерно 0,1% бактерий из всего микробного разнообразия. Для оценки других микробов применимы иные методы оценки их распространения и разнообразия: прямые микроскопические наблюдения и различные приемы на основе молекулярной диагностики, включая амплификацию диагностирующих последовательностей генома, кодирующих синтез молекулы 16S – рРНК для





Г. А. Заварзин

ТРИ ЖИЗНИ  
ВЕЛИКОГО  
МИКРОБИОЛОГА



Документальная  
повесть  
о Сергее Николаевиче  
Виноградском



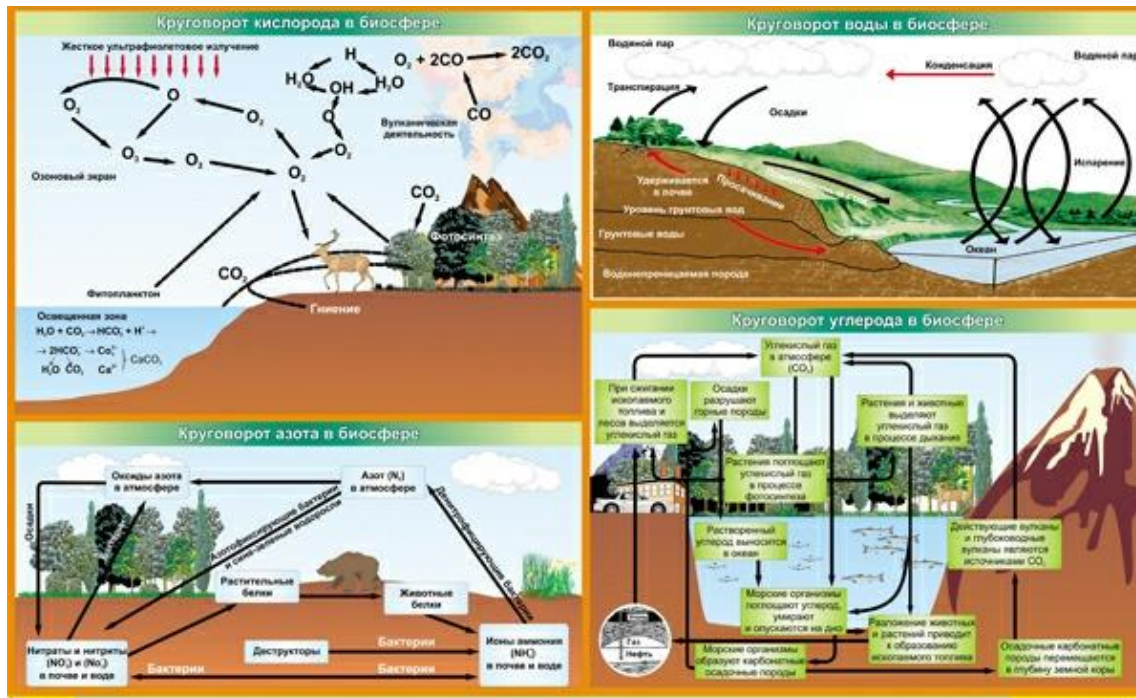
В зонах обитания микроорганизмы образуют **биоценозы** (от греческих слов «биос» — жизнь и «койнос» — общий, сообщество) — сложные ассоциации со специфическими взаимоотношениями. Каждое микробное сообщество в конкретном биоценозе образуют **аутохтонные** (аутохтонные) микроорганизмы (от греч. autos - свой, + chthon - страна, местность), то есть микробы, присущие конкретной области, находящиеся в месте возникновения или образования. В состав этих сообществ могут внедрятся **аллохтонные** микробы (от греч. alios - чужой, + chthon - страна; буквально — чужестранец), например, паразитические, обычно в них не встречающиеся. В природных биоценозах (почва, вода, воздух) выживают и размножаются лишь те микроорганизмы, которым благоприятствует окружающая среда; их рост прекращается, как только меняются условия окружающей среды. Эта концепция предложена С.Н.Виноградским в 1925 году.

В природных условиях микроорганизмы никогда не существуют в виде чистых культур. Разнообразие микробных функций в природе определяется их повсеместным распространением и широтой метаболических возможностей. Основными функциями микроорганизмов в природных местообитаниях являются:

- минерализация органических веществ до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др. в различных физико-химических условиях;
- поставка доступных питательных веществ (в виде экзометаболитов, запасных соединений, живой и мертвой биомассы) для других организмов (микробные клетки содержат все биогенные элементы, в том числе в среднем 50% углерода, 14% азота и 3% фосфора);
- модификация и перевод в растворимую или газообразную форму сложных соединений, становящихся доступными для других организмов, путем преобразования их в реакциях микробного обмена веществ или опосредованно (за счет изменения физико-химических условий среды, например, при выделении микроорганизмами кислот);
- выделение соединений, активирующих или подавляющих функционирование других микроорганизмов, растений и животных (стимуляторов роста, бактериоцинов, антибиотиков, токсинов и т.д.).



- Потоки элементов на Земле осуществляются по замкнутому пути в виде взаимосвязанных и взаимозависимых циклов, протекающих как в масштабе всей планеты, так и в каждой отдельной экосистеме. Микроорганизмы способны осуществлять все реакции глобальных циклов и поэтому являются основными биогеохимическими агентами. Для удобства микробные превращения важнейших элементов рассматривают отдельно друг от друга, хотя в природе превращения отдельных элементов не происходят автономно.





# Круговорот углерода

Углерод – основа жизни. Без него невозможно построить ни одну белковую молекулу.

На планете углерод присутствует в двух вариантах:

- в органике (живой или отмершей);
- в неорганике (CO<sub>2</sub> и карбонаты);

Круговорот углерода в природе представляет собой фиксацию углекислого газа из атмосферы, построение при помощи связанного углерода углеводов. Для жизни человека углеводы играют решающую роль. Часть углеводов используется для получения живыми организмами энергии, часть возвращается в атмосферу в виде продуктов дыхания, того же CO<sub>2</sub>.

Кроме бактерий, фиксацию углерода из атмосферы осуществляют еще и растения, которые благодаря процессу фотосинтеза фиксируют углерод из атмосферного углекислого газа в природе.

Однако только бактериям присуща роль фиксации углерода в процессе хемосинтеза, при котором не задействуется солнечный свет. Только бактерии возвращают в атмосферу углерод, который накапливается в отмерших остатках органики.

# КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА



# Круговорот азота

Весь цикл круговорота выглядит следующим образом:

1. Атмосфера на 78% состоит из азота. Он также является основой органических соединений. В органику его доставляют **клубеньковые** микроорганизмы, а также свободноживущие **азотфиксирующие** микробы. Клубеньковые бактерии - в корневых волосках бобовых растений, в клубеньках, через которые происходит фиксация азота в процессе синтеза бактериями белка леггемоглобина. Поставляя растению связанный азот, клубеньковые бактерии получают от растения углеводы и минералы, необходимые им для жизни. Благодаря такому положительному сотрудничеству растениям и животным стал доступен для ассимиляции ион аммония  $\text{NH}_4^+$ .

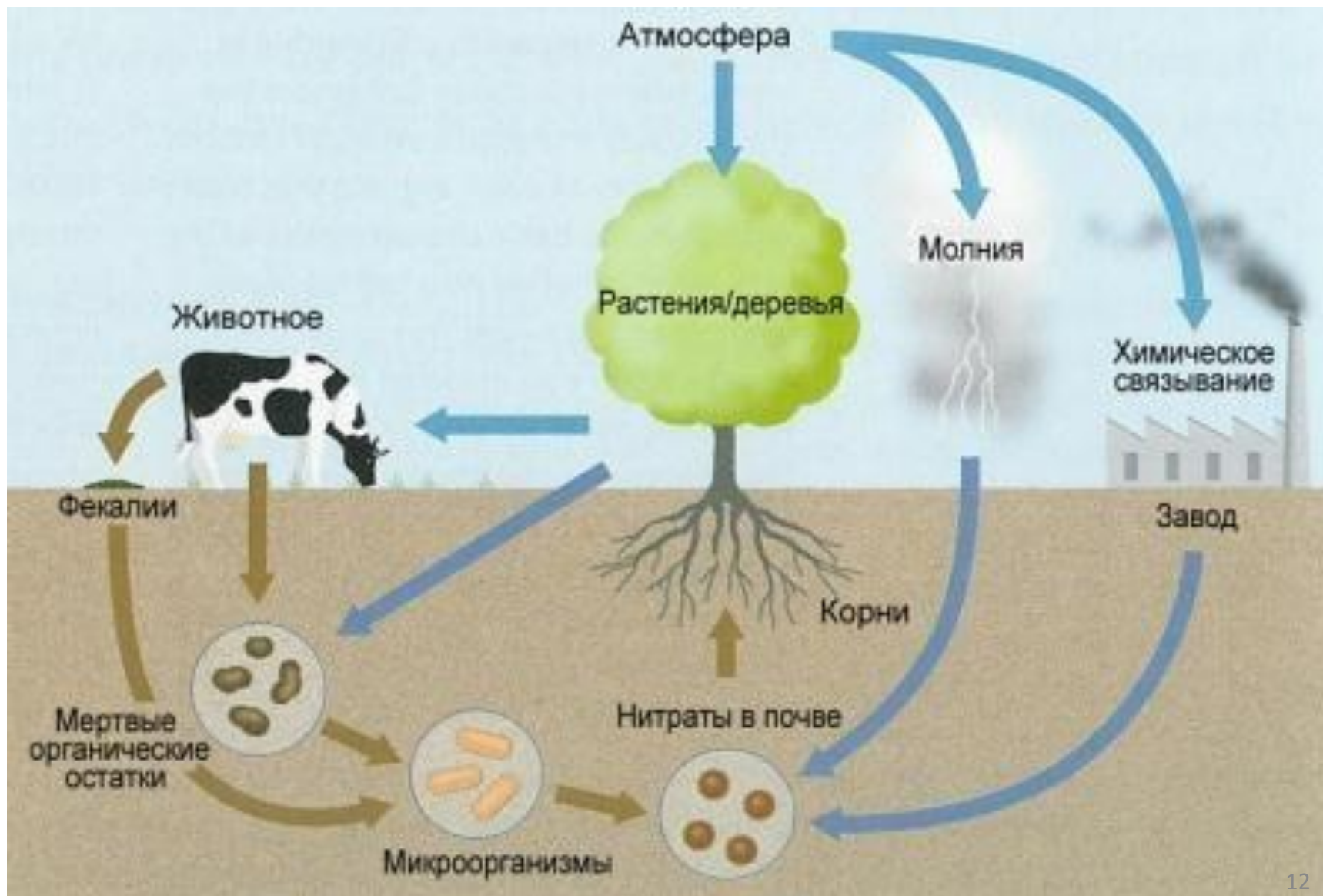
2. Работу, которую выполнили клубеньковые микроорганизмы, на втором этапе круговорота деконструируют другие микроорганизмы – **аммонификаторы**. Они высвобождают аммиак из белковых соединений, аминокислот, алкалоидов, мочевины и другой органики. В разложении органики с выделением аммиака принимает участие огромное количество микроорганизмов разных групп. Это и бактерии (в т.ч. актиномицеты), и микроскопические грибы. Обычно процесс разложения делится на стадии. В зависимости от того, какие органические соединения преобладают в субстрате, на первый план выходят разные микробы. Так, микроскопические грибы являются основными разрушителями растений: они разлагают их на органические молекулы, которые далее бактерии расщепляют до простой неорганики.

3. На третьем этапе бактерии-**нитрификаторы** окисляют аммиак до нитритов и нитратов.

4. Нитраты потребляются растениями. Растения, для которых нитраты служат не только источниками азота, но и предоставляют им свободный электрон, выделяют в атмосферу азот. Он высвобождается благодаря реакции денитрификации. Цикл завершается.

Несмотря на то, что нитраты в повышенных концентрациях представляют опасность для жизни человека при попадании в пищу, их образование и существование в природе играет роль обязательного условия для круговорота азота.

# Круговорот азота





# Фосфор

- Фосфор — один из наиболее важных биогенных элементов. Он входит в состав нуклеиновых кислот, клеточных мембран, ферментов, костной ткани, дентина и т. п. По сравнению с азотом он встречается в относительно немногих химических формах. Особенность биогеохимического цикла фосфора заключается в том, что, в отличие от азота и углерода, его резервным фондом является не атмосфера, а горные породы и отложения, образовавшиеся в прошлые геологические эпохи. При их выветривании образуются фосфаты, которые используются растениями для построения органических веществ. После отмирания растений фосфор минерализуется микроорганизмами-редуцентами - **фосфатредуцирующими бактериями**, которые переводят фосфор из органической формы в растворимые фосфаты:  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  и  $\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$ . Таким образом, редуценты переводят фосфор из органической формы в неорганическую, не окисляя его. Фосфорные удобрения – аналогично нитратам – дают негативные последствия применения, попадая в повышенных концентрациях в водоёмы.

# Сера

- Основным источником серы, доступным организмам, — всевозможные сульфаты. Хорошая растворимость в воде многих сульфатов облегчает доступ неорганической серы в экосистемы. Поглощенные сульфаты растения восстанавливают и вырабатывают серосодержащие аминокислоты (метионин, цистеин, цистин), которые играют важную роль при формировании третичной структуры белков, образуя дисульфидные мостики между различными участками полипептидной цепи.
- Аналогично нитратам и фосфатам сульфаты, основная доступная растениям форма серы, восстанавливаются автотрофами и включаются в белки. Органические остатки животных и растений минерализуются, и входящая в их состав восстановленная сера при аэробном разложении окисляется ферментативным путем различными группами хемотрофных микроорганизмов. Подобные процессы осуществляются и в водоемах.
- Из сульфопротеинов, содержащихся в почве, гетеротрофные бактерии вырабатывают сероводород. С другой стороны, существуют различные группы хемотрофных бактерий, способных опять окислять сероводород до сульфатов, что вновь увеличивает запас серы, доступной продуцентам. Подобные бактерии не нуждаются в свете. Например, хемотрофные бактерии *Thiobacillus* синтезируют органические вещества благодаря энергии, получаемой во время окисления сероводорода до сульфатов в среде без доступа света.

# Микрофлора почвы

- Количество микроорганизмов в почве значительно: от сотен миллионов до миллиардов особей в 1 г почвы. Состав и количество микрофлоры почвы зависят от ее влажности, температуры, от характера и количества питательных веществ в ней, кислотности. Почвенные микроорганизмы осуществляют процесс минерализации органических отходов с образованием гумуса, обеспечивающего плодородие почвы.

Патогенные микроорганизмы могут попасть в почву с выделениями человека и животных. Эти микробы делятся на три группы. **К первой группе** относятся патогенные микробы, для которых почва является постоянным местом обитания. Это возбудители ботулизма, актиномицеты, грибы, вызывающие микозы. **Вторая группа** представлена споровыми бациллами, для которых почва является вторичным резервуаром, где они сохраняются длительное время. Так, споры сибиреязвенных бацилл сохраняются в почве скотомогильников многие десятилетия. **Третья группа** — патогенные микробы и вирусы, которые, попадая в почву с выделениями человека и животных, сохраняются там от нескольких часов до нескольких месяцев. Опасность передачи через почву заболеваний, вызванных этими возбудителями, невелика.

Таблица 4

## Продолжительность сохранения патогенных бактерий в почве

Наименование бактерий	Средний срок, недели	Максимальный срок, недели
Холерный вибрион . . . . .	1—4	26
Бруцеллы . . . . .	3	8—12
Возбудитель чумы . . . . .	0,5	4—5
Возбудитель туляремии . . . . .	1—2	9
Шигеллы (дизентерийные палочки) . . . . .	5	39
Сальмонеллы (брюшно-тифозные палочки) . . . . .	2—3	52

Состав микрофлоры почвы складывается из различных комбинаций бактерий (сотни и тысячи видов), грибов, простейших и вирусов. Фактически она содержит представителей всех царств жизни — вирусов, архебактерий, эубактерий и эукариот во всем их многообразии, которое зависит от действия многих факторов.



- Почвенными считают микроорганизмы, которые хотя бы часть своего жизненного цикла проводят в почве. Это представители всех трех филогенетических доменов Bacteria, Archaea и Eukarya. Почвенные бактерии и грибы – это две наиболее обширные как по биомассе, так и по численности группы. Археи, включая метаногенов, экстремальных галофилов и экстремальных термофилов, также представлены, но их значение в почвах, не характеризующихся экстремальными параметрами и не подвергнутых избыточному обводнению, плохо изучено. На заливных почвах возрастает роль фототрофных бактерий и зеленых водорослей. Многие микроорганизмы в почвах находятся в метаболически инертном состоянии, однако при возникновении благоприятных условий их активность может существенно повышаться. Вирусы, которые являются облигатными внутриклеточными паразитами многих почвенных обитателей, могут персистировать в почве годами. В микробной популяции почвы они могут играть регулирующую роль.
- Почвенные микроорганизмы оказывают положительное влияние на атмосферу, разрушая воздушные «загрязнители» такие, как метан, водород, CO, бензол, трихлорэтилен, формальдегид. Почвенные микроорганизмы влияют на глобальное содержание разных газов. Относительно стабильные газы (CO<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O, метан) называют парниковыми газами, так как они отражают тепловые лучи, не позволяя теплу уходить от поверхности земли, и вызывают глобальное потепление. Метан может потребляться метанотрофами, обитающими в почве и воде. Критическим фактором, влияющим на потребление метана почвой, является концентрация иона аммония. При увеличении содержания аммония в почве из-за сельскохозяйственной деятельности или вследствие загрязнения, потребление метана снижается. Таким образом, почвенные и водные метанотрофы могут рассматриваться как своеобразный бактериальный газовый фильтр.

# Микрофлора воды

- **Вода** — естественная среда обитания для разнообразных микроорганизмов. В воде рек, открытых водоёмов, морей, океанов обнаруживают представителей всех таксономических групп бактерий, а также грибы, водоросли и простейших. Совокупность всех микроорганизмов, заселяющих водоёмы, обозначают термином «микробиальный планктон». Изучением водных сообществ занимается гидробиология. Вода – естественная среда обитания микробов, основная масса которых поступает из почвы, воздуха с оседающей пылью, с отходами, стоками промышленных и животноводческих объектов и др. К постоянно живущим в воде микроорганизмам относятся *Azotobacter*, *Nitrobacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Spirillum* и др. Аутохтонная микрофлора – совокупность микроорганизмов, постоянно живущих и размножающихся в воде. Микробный состав воды во многом напоминает микрофлору почвы, с которой вода соприкасается (придонные и прибрежные почвы). Аллохтонная микрофлора – совокупность микроорганизмов, случайно попавших в воду и сохраняющихся в ней сравнительно короткое время.
- Наиболее интересным открытием оказалось присутствие в морских местообитаниях большого количества вирусов и архей, причем около  $\frac{1}{3}$  пикопланктона (клетки  $< 2$  мкм) составляют археи, традиционно приписываемые к экстремальным местообитаниям. В морях обнаружен сверхвысокий уровень ультрамикробактерий (нанобактерий), в основном рода *Sphingomonas*, которые могут проходить через 0,2 мкм мембранный фильтр.

Вода является фактором передачи возбудителей многих инфекционных заболеваний. В открытых водоемах, особенно находящихся на неблагополучных по инфекционным болезням территориях, обнаруживают возбудителей кишечных и природно-очаговых инфекций (брюшного тифа, паратифов, дизентерии, холеры, лептоспироза, энтеровирусных инфекций).

Солёные воды морей и океанов содержат множество микроорганизмов: в т.ч. архей, светящиеся и галофильные бактерии (ряд их представляет опасность для человека: так, галофильные вибрионы, обитающие в моллюсках и рыбах, могут приводить к токсикоинфекции у человека – при употреблении такой рыбы или моллюсков соответственно).

Регулярному санитарно-микробиологическому надзору подвергают:

- Воду питьевую: централизованного водоснабжения и местного с забором воды из открытых водоёмов (реки, водохранилища) или из подземных источников (скважины, родники, колодцы).
- Воду плавательных бассейнов; лёд медицинский и хозяйственный.
- Сточные воды: хозяйственно-фекальные, промышленные, смешанные (хозяйственно-фекальные и промышленные), талые и ливневые.

# Микрофлора воздуха

Микрофлора воздуха зависит от микрофлоры почвы и воды, откуда микробы вместе с пылью и капельками влаги увлекаются в атмосферу. Воздух – неблагоприятная среда для размножения микроорганизмов.

Отсутствие питательных веществ, солнечные лучи, и высушивание обуславливают быструю гибель микроорганизмов. Вследствие этого в атмосферном воздухе постоянно происходят процессы самоочищения.

Состав микрофлоры воздуха весьма разнообразен – это пигментные сапрофитные бактерии (микрочкокки, сарцины), актиномицеты, плесневые, дрожжевые грибы и др.

Наибольшее количество микроорганизмов содержит воздух крупных промышленных городов. Воздух же полей, лесов, лугов, а также над водными пространствами, в удалении от населенных пунктов отличается сравнительной чистотой. Значительные изменения претерпевает микрофлора воздуха в зависимости от времени года. Максимальное количество микробов обнаруживают в летнее время, а минимальное – в зимнее время.

Микрофлора воздуха закрытых помещений более разнообразна и относительно стабильна. Среди микроорганизмов доминируют обитатели носоглотки человека, в том числе и патогенные виды, попадающие в воздух при кашле, чихании или разговоре (наибольшая концентрация на расстоянии 2-3 м от больного). Основным источником загрязнения воздуха патогенными видами – бактерионосителями. Уровень микробного загрязнения зависит от плотности населения, активности движения людей, санитарного состояния помещения, вентиляции, частоты проветривания, способа уборки, степени освещенности и т. д.

Микроорганизмы в воздухе находятся в состоянии аэрозоля, состоящего из воздуха, капелек жидкости или твердых частиц. Размер аэрозольных частиц варьирует от 10 до 2000 нм.

Выделяют три основные фазы бактериального аэрозоля:

- **Капельная фаза** состоит из бактериальных клеток, окруженных водно-солевой оболочкой. Диаметр частиц около 0,1мм. Длительность пребывания в воздухе составляет несколько секунд.

- **Мелкоядерная фаза** образуется при высыхании частиц первой фазы. В этой фазе частицы имеют наименьшие размеры, легко перемещаются потоками воздуха, длительно находятся во взвешенном состоянии. Именно так распространяются большинство возбудителей воздушно-капельных инфекций.

- **Фаза «бактериальной пыли»** состоит из крупных, быстро оседающих частиц, образующих пыль, способную подниматься в воздух.

Воздух как фактор передачи инфекционных заболеваний человека

Патогенные и условно-патогенные микроорганизмы в воздух попадают с каплями слюны человека или животных, при разговоре, кашле, при слущивании клеток эпителия кожи. Через воздух передаются:

- бактерии – возбудители туберкулеза, дифтерии, коклюша, споровые формы бактерий и др.;
- вирусы – возбудители острых респираторных инфекций (ветряной оспы, гриппа, парагриппа и др.);
- грибы из рода *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* и др.

Пути передачи: воздушно-капельный, воздушно-пылевой.

Грипп. Его вирус в течение короткого времени может поразить значительное количество людей. Он устойчив к замораживанию, но быстро погибает при нагревании, высушивании, под действием дезинфицирующих средств, при ультрафиолетовом облучении.

# Микрофлора бытовых и медицинских объектов

- Фактором передачи инфекции могут быть различные бытовые предметы, например, посуда общего пользования, унитазы, ручки в туалетах и др. В бытовых объектах встречаются микроорганизмы почвы, воды, воздуха, растений, выделений человека и животных.
- Разнообразные предметы в окружении человека можно разделить на три группы: **бытовые, производственные и медицинские**. В медицинских учреждениях, кроме бытовых предметов, имеются специфические медицинские объекты. Это медицинские инструменты, оборудование, перевязочный и шовный материал, лекарственные средства, дезинфицирующие растворы, халаты, предметы ухода за больными. В этих объектах могут быть обнаружены как безвредные для человека, так и условно-патогенные и патогенные бактерии. В формировании микрофлоры объектов медицинских учреждений может принимать участие патогенная и условно-патогенная микрофлора, выделяемая от больных или медицинского персонала.

Некоторые возбудители сапронозных \*и оппортунистических\*\* инфекций (легионеллы, синегнойная палочка, протей, иерсинии, аэромонады, псевдомонады, клебсиеллы) способны размножаться в увлажненных участках: ванных комнатах, душевых, раковинах, кондиционерах. Другие микроорганизмы, не размножаясь в объектах внешней среды, могут сохраняться здесь в течение сроков, достаточных для того, чтобы могло произойти заражение. Возбудители кори, коклюша могут сохраняться в течение нескольких минут, возбудители туберкулеза – месяцами.

Определяют бактериологическую загрязненность рук работающего персонала и предметов окружающей обстановки путем исследования микрофлоры смывов. В смывах определяют: общее микробное число, наличие БГКП\*\*\*, протей, энтерококка, синегнойной палочки, стафилококка и других патогенных бактерий.

\*-**Сапронозные инфекции** — заболевания, основным местом обитания и размножения возбудителей которых являются объекты окружающей среды

\*\*-**Оппортунистические инфекции** — заболевания, вызываемые условно-патогенными микроорганизмами

\*\*\* - **БГКП** - бактерии группы кишечной палочки, входят представители родов: эшерихия, цитробактер, энтеробактер, клебсиелла, серация. БГКП относятся к санитарно-



# Вопросы для самоподготовки:

1. Аутохтонная и аллохтонная флора – дайте определение понятиям.
2. Назовите особенности микрофлоры: почвы, воды, воздуха.
3. Определите основные факторы, влияющие на формирование микрофлоры объектов медицинских учреждений.

- ГЛОССАРИЙ
- Аллохтонная флора
- Аутохтонная флора
- Биоценоз
- Комменсализм
- Симбиоз
- зоонозные заболевания
- антропонозные заболевания

# Ребус:



1.

2.

3.

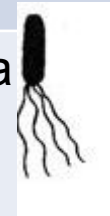
4.

5.

1. Семейство бактерий, включающее 12 родов—*Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia* и др.

2. Внутриклеточные органоиды, осуществляющие синтез белка.

3. Бактерии с монополярным расположением пучка жгутиков



4. Масло с показателем преломления, близким к стеклу. Используется в микроскопии.

5. Компонент клеточной стенки грибов полисахаридной природы, открыт в 1821 году Генри Браконом.